



IKATAN AHLI
KEBENCANAAN
INDONESIA

ISSN: 2443-2733

Vol. 2 No. 2, Oktober 2016

J U R N A L
R I S E T
K E B E N C A N A A N
I N D O N E S I A

Jurnal Riset
Kebencanaan Indonesia

Vol. 2

No. 2

Hal.
95 - 182

Oktober
2016

ISSN:
2443-2733

J U R N A L
R I S E T
KEBENCANAAN
I N D O N E S I A

Jurnal Riset Kebencanaan Indonesia	Vol. 2	No. 2	Hal. 95 - 182	Oktober 2016	ISSN: 2443-2733
---------------------------------------	--------	-------	------------------	-----------------	--------------------

JURNAL RISET KEBENCANAAN INDONESIA

Terbit 2 kali setahun, mulai Mei 2015

ISSN: 2443-2733

Volume 2 Nomor 2, Oktober 2016

Pembina:

Willem Rampangilei

Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana

Prof. Dr. Sudibyakto, M.Si

Ketua Ikatan Ahli Kebencanaan Indonesia

Penanggung Jawab/Pemimpin Redaksi:

Lilik Kurniawan, ST, M.Si

Sekretaris Jenderal Ikatan Ahli Kebencanaan Indonesia

Ketua Dewan Penyunting:

Ir. Heru Sri Naryanto, M.Sc/Geologi Lingkungan dan Bencana Geologi

Anggota Dewan Penyunting:

Prof. Ir. Mashyur Irsyam, MSE, Ph.D/Gempabumi

Dr. Hamzah Latief, M.Si/Tsunami

Prof. Dr. Kirbani Sri Brotopuspito/Gunungapi

Dr. Ing. Ir. Agus Maryono/Banjir dan Kekeringan

Dr. Ir. Adrin Tohari, M.Eng/Gerakan Tanah

Dr. rer. nat Armi Susandi, MT/Cuaca dan Gelombang Ekstrim

Prof. Dr. Ir. Azwar Maas/ Kebakaran Hutan dan Lahan

Dr. I Nyoman Kandun, MPH/Epidemi dan Wabah Penyakit

Ir. Isman Justanto, MSCE/Kegagalan Teknologi

Dr. Hendro Wardhono, M.Si/ Sosio-Kultural dan Kelembagaan

Dr. Raditya Jati/ Manajemen Bencana

Mitra Bestari:

Ir. Sugeng Triutomo, DESS, Dr. Ir. Harkunti Pertiwi Rahayu,

Dr. Ridwan Djamaludin, M.Sc, Dr. Triarko Nurlambang

Pelaksana Redaksi:

Elin Linawati, SKM, MM., Ridwan Yunus, Moh Robi Amri, ST., Arezka Ari Hantyanto,

Firza Ghozalba, ST, M.Eng., Pratomo Cahyo Nugroho, ST., Arie Astuti W, S.Si.,

Novi Kumalasari, SAP., Gita Yulianti S, ST., Elfina Rozita ST., Ageng Nur Icwana,

Asfirmanto W Adi, S.Si., Triutami H, ST., Sesa Wiguna, S.Si., Ade Nugraha, ST.,

Aminudin Hamzah, ST., Lilis Mutmainnah, S.Sos., Fajar Sidiq

Alamat Redaksi:

Ikatan Ahli Kebencanaan Indonesia (IABI)

Sekretariat: Gedung INA-DRTG lt.2,

Indonesia Peace and Security Center (IPSC), Sentul, Bogor

e-mail: sekretariat@iabi-indonesia.org/ Website: www.iabi-indonesia.org

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Allah SWT bahwa Jurnal Riset Kebencanaan Indonesia (JRKI) Volume 2 Nomor 2 Tahun 2016 telah terbit. Jurnal Riset Kebencanaan Indonesia merupakan jurnal ilmiah yang diterbitkan oleh Ikatan Ahli Kebencanaan Indonesia (IABI). Jurnal Riset Kebencanaan Indonesia terbit 2 (dua) kali dalam setahun, untuk edisi yang keempat Volume 2, Nomor 2 Tahun 2016 diterbitkan pada bulan Oktober 2016. Jurnal ini ditulis oleh para ahli kebencanaan Indonesia kepada bangsa Indonesia, agar menjadi bangsa tangguh bencana.

Pada edisi ini disajikan 9 makalah, dengan penulis dari berbagai institusi, yaitu: Universitas Pertahanan Indonesia (Unhan), Institut Pertanian Bogor (IPB), Universitas/STP Pelita Harapan (UPH), Universitas Gadjah Mada (UGM), Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), dan Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).

Berbagai topik dibahas dalam edisi ini, yaitu: dimensi sosial dalam penanganan bencana (studi kasus penanganan gempabumi di Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung); inisiasi sekolah/madrasah aman bencana; kajian kapasitas dan persepsi masyarakat terhadap bencana tanah longsor di Desa Margamukti, Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung; analisis perilaku iklim dan kebakaran hutan di Indonesia tahun 2015; sistem peringatan dini banjir di air terjun Kedung Kayang, Magelang; analisis risiko banjir bandang akibat keruntuhan embung Tambakboyo di Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman; pemodelan pertumbuhan lahan terbangun berbasis spasial-statistik dan *cellular automata* di kawasan rawan rob dan penurunan muka tanah (studi kasus: Kota Semarang bagian bawah); kajian kondisi bawah permukaan kawasan rawan longsor dengan geolistrik untuk penentuan lokasi penempatan instrumentasi sistem peringatan dini longsor di Kecamatan Talegong, Kabupaten Garut; dan analisis bencana tanah longsor dan banjir bandang di Kecamatan Mancak, Kabupaten Serang.

Kami mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penerbitan JRKI edisi ini. Kami sangat terbuka dalam menerima kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan Jurnal Riset Kebencanaan Indonesia ini.

Redaksi

JURNAL RISET KEBENCANAAN INDONESIA

Vol. 2 No. 2, Oktober 2016

ISSN: 2443-2733

DAFTAR ISI

	Halaman
Pengantar Redaksi	ii
Daftar Isi	iii
 1. DIMENSI SOSIAL DALAM PENANGANAN BENCANA (STUDI KASUS PENANGANAN GEMPABUMI DI KECAMATAN PANGALENGAN, KABUPATEN BANDUNG) SOCIAL DIMENSION IN DISASTER MANAGEMENT (CASE STUDY: EARTHQUAKE DISASTER AT PANGALENGAN SUB DISTRICT, BANDUNG) Syamsul Maarif, Rilus A. Kinseng dan Rudy Pramono	 95-105
 2. INISIASI SEKOLAH/MADRASAH AMAN BENCANA THE INITIATION OF SAFE SCHOOL FROM DISASTER Lilik Kurniawan, Lilis St. Muttmainnah, Aminudin Hamzah dan Elfina Rozita	 106-116
 3. KAJIAN KAPASITAS DAN PERSEPSI MASYARAKAT TERHADAP BENCANA TANAH LONGSOR DI DESA MARGAMUKTI, KECAMATAN PANGALENGAN, KABUPATEN BANDUNG STUDY OF CAPACITY AND COMMUNITY PERCEPTION TOWARDS LANDSLIDE DISASTER IN MARGAMUKTI VILLAGE, PANGALENGAN SUB DISTRICT, BANDUNG DISTRICT Novian Andri Akhrianto dan Heru Sri Naryanto	 117-126
 4. ANALISIS PERILAKU IKLIM DAN KEBAKARAN HUTAN DI INDONESIA TAHUN 2015 CLIMATE BEHAVIOR AND FOREST FIRE ANALYSIS IN INDONESIA YEAR 2015 H.A. Sudibyakto, Utia Suarma, Habibah Nurrohmah dan Ratna Prabaningrum	 127-132
 5. SISTEM PERINGATAN DINI BANJIR DI AIR TERJUN KEDUNG KAYANG, MAGELANG FLOOD EARLY WARNING SYSTEM AT KEDUNG KAYANG WATERFALL, MAGELANG Nugroho Widi Susanto, Sudibyakto dan Pramono Hadi	 133-139
 6. ANALISIS RISIKO BANJIR BANDANG AKIBAT KERUNTUHAN EMBUNG TAMBAKBOYO DI KECAMATAN DEPOK, KABUPATEN SLEMAN FLASH FLOOD RISK ANALYSIS DUE TO BREACH OF TAMBAKBOYO SMALL DAM ON DEPOK SUB DISTRICT, SLEMAN DISTRICT Muslimin, Sudibyakto dan Adam Pamudji Rahardjo	 140-150

7. PEMODELAN PERTUMBUHAN LAHAN TERBANGUN BERBASIS SPASIAL-STATISTIK DAN *CELLULAR AUTOMATA* DI KAWASAN RAWAN ROB DAN PENURUNAN MUKA TANAH (STUDI KASUS: KOTA SEMARANG BAGIAN BAWAH)

MODELLING OF BUILT-UP AREA DEVELOPMENT USING SPATIAL-STATISTIC AND CELLULAR AUTOMATA IN TIDAL FLOOD AND LAND SUBSIDENCE PRONE AREA (CASE STUDY: SEMARANG LOW AREA)

Dhoni Wicaksono, Muh Aris Marfai dan Taufik Hery Purwanto 151-160

8. KAJIAN KONDISI BAWAH PERMUKAAN KAWASAN RAWAN LONGSOR DENGAN GEOLISTRIK UNTUK PENENTUAN LOKASI PENEMPATAN INSTRUMENTASI SISTEM PERINGATAN DINI LONGSOR DI KECAMATAN TALEGONG, KABUPATEN GARUT

KAJIAN KONDISI BAWAH PERMUKAAN KAWASAN RAWAN LONGSOR DENGAN GEOLISTRIK UNTUK PENENTUAN LOKASI PENEMPATAN INSTRUMENTASI SISTEM PERINGATAN DINI LONGSOR DI KECAMATAN TALEGONG, KABUPATEN GARUT

Heru Sri Naryanto, Wisyanto, Lena Sumargana, Rahmat Ramadhan dan Suryana Prawiradisastra 161-172

9. ANALISIS BENCANA TANAH LONGSOR DAN BANJIR BANDANG DI KECAMATAN MANCAK, KABUPATEN SERANG

ANALYSIS OF LANDSLIDES AND FLASH FLOOD DISASTER IN MANCAK DISTRICT, SERANG REGION

Wisyanto 173-182

DIMENSI SOSIAL DALAM PENANGANAN BENCANA (STUDI KASUS PENANGANAN GEMPABUMI DI KECAMATAN PANGALENGAN, KABUPATEN BANDUNG)

SOCIAL DIMENSION IN DISASTER MANAGEMENT (CASE STUDY: EARTHQUAKE DISASTER AT PANGALENGAN SUB DISTRICT, BANDUNG)

Syamsul Maarif¹, Rilus A. Kinseng² dan Rudy Pramono³

¹Universitas Pertahanan Indonesia

²Institut Pertanian Bogor

³Universitas/STP Pelita Harapan

e-mail: maarif.syamsul73@gmail.com, rilus_kinseng@hotmail.com, rudy.pramono@uph.edu

Abstrak

Salah satu aspek atau dimensi yang perlu difahami dalam upaya penanggulangan bencana ini adalah aspek sosial. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengkaji beberapa masalah atau isu sosial yang cukup menonjol dalam penanganan bencana gempabumi Tasikmalaya, dengan mengambil Kecamatan Pangalengan sebagai kasus. Penelitian ini menggunakan deskriptif kualitatif dengan disain studi kasus di Pangalengan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa solidaritas sosial hanya berkembang dalam unit sosial yang amat kecil yakni satu tenda pengungsi. Sementara itu, jangka waktunya juga sangat singkat, yakni hanya pada masa-masa mengungsi tersebut. Selebihnya masyarakat korban gempa di Pangalengan kembali “mengurusi hidupnya masing-masing”. Berkaitan dengan stratifikasi sosial, yang paling menderita akibat bencana gempa di Kecamatan Pangalengan ini adalah strata bawah atau kelompok masyarakat miskin dan marginal seperti buruh tani, sopir angkot, dan tukang ojek. Koordinasi dalam penanganan bencana berjalan baik, perlu dibangun sistem koordinasi yang tidak terlalu birokratis namun efektif dan dapat dipercaya.

Kata Kunci: dimensi sosial bencana, konflik, solidaritas, stratifikasi, koordinasi.

Abstract

One of the aspects or dimensions that need to be understood in the response to disaster is the social aspect. The main objective of this study was to describe some social issues that are quite prominent in the handling of the earthquake in Tasikmalaya, by taking Pangalengan as a case. This study used a qualitative descriptive by case study design. The study results showed that social solidarity is only grown in very small social units namely the refugee camps. Meanwhile, the time period is also very short, which is only in the period of the displaced. The rest the affected communities in Pangalengan back “take care of their life”. In connection with social stratification, most affected by the earthquake in Pangalengan are lower strata or community groups such as the poor and marginal farmers, public transportation drivers and motorcycle taxi drivers. Coordination in disaster management goes well, need to build a system that is not too bureaucratic coordination but effectively and trustworthy.

Keywords: disaster social dimension, conflict, solidarity, stratification, coordination.

1. PENDAHULUAN

Secara geografis, Indonesia berada pada posisi yang rawan bencana, khususnya gempabumi. Gempabumi telah terjadi susul-menyusul di berbagai tempat di Indonesia, mulai dari Aceh, Nias, Sumatera Barat, Bengkulu, DIY, Yogyakarta, NTT (seperti di Alor), hingga Papua (misalnya di Nabire). Pada tanggal 2 September 2009, terjadi gempabumi besar yang berkekuatan 7,3 skala Richter yang berpusat di kedalaman 30 km di bawah dasar Samudera Indonesia, terletak sekitar 142 km sebelah barat daya Kabupaten Tasikmalaya, Propinsi Jawa Barat (BNPB, 2009).

Mengingat lokasi Indonesia berada pada lokasi rawan bencana gempa, maka Indonesia memerlukan kemampuan penanganan bencana yang handal. Selain upaya-upaya pencegahan, penanganan kejadian (*incident*) bencana itu sendiri sangat diperlukan. Untuk itu, pemahaman yang mendalam dan komprehensif terhadap berbagai aspek dari bencana itu sendiri juga sangat dibutuhkan. Salah satu aspek atau dimensi yang perlu difahami dalam upaya penanggulangan bencana ini adalah aspek sosial. Oleh sebab itu, kajian ilmiah terhadap dimensi-dimensi sosial dalam penanggulangan bencana ini sangatlah diperlukan. Urgensi kajian dimensi sosial ini semakin besar, mengingat kajian terhadap dimensi sosial dari masalah bencana ini di Indonesia masih kurang.

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengkaji beberapa masalah atau isu sosial yang cukup menonjol dalam penanganan bencana gempabumi Tasikmalaya, dengan mengambil Kecamatan Pangalengan sebagai lokasi studi. Kajian ini terutama difokuskan pada beberapa fenomena sosial yang berkaitan dengan pertanyaan-pertanyaan antara lain seperti:

1. Bagaimana penanganan bencana itu dilakukan dan siapa saja "aktor" yang berperan dalam penanganan bencana tersebut?
2. Apakah kebersamaan dan solidaritas sosial masyarakat yang mengalami bencana cenderung menguat? Atau apakah sebaliknya muncul kerenggangan (saling curiga, iri) hingga konflik sosial?
3. Bagaimana kaitan antara bencana dan penanggulangannya dengan stratifikasi sosial? Apakah ada perbedaan dalam kemampuan dalam mengatasi dampak bencana antar strata sosial yang berbeda?

Seperti disebutkan di atas, penelitian aspek sosial dari bencana alam di Indonesia masih sangat kurang, padahal negara Indonesia sangat sering mengalami berbagai bencana alam (rawan bencana). Oleh sebab itu, penelitian ini sangat penting untuk mengisi "kekurangan" informasi

ilmiah mengenai aspek sosial dari bencana alam di negeri ini.

Selanjutnya, penelitian ini diharapkan akan menjadi bahan pembelajaran atau "*lesson learned*" yang bermanfaat bagi penanggulangan bencana di Indonesia bahkan di negara-negara yang lain. Penelitian ini bukan hanya berguna bagi Pemerintah, melainkan juga bagi berbagai kalangan yang mungkin terlibat dalam penanganan bencana, seperti LSM, swasta, Perguruan Tinggi, lembaga penelitian, dan lain-lain.

2. METODOLOGI

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif. Merujuk pada tiga tujuan pokok suatu penelitian yang dikemukakan oleh Babbie (1989), maka penelitian ini termasuk jenis penelitian deskriptif kualitatif (Darmanto, 2006), bahkan juga eksploratif karena topik yang dikaji masih cukup baru untuk konteks Indonesia.

Data dikumpulkan melalui dua cara pokok, yaitu dengan wawancara mendalam dan pengamatan. Untuk melakukan pengumpulan data di lapangan, kami menempatkan dua orang tenaga peneliti yang tinggal di rumah penduduk di Kecamatan Pangalengan.

Seperti disebutkan di atas, penelitian ini dilakukan di Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung, Propinsi Jawa Barat.

Penelitian ini dilakukan mulai Jumat tanggal 11 September 2009, atau sekitar seminggu setelah peristiwa gempa Tasikmalaya yang terjadi pada hari Rabu tanggal 2 September 2009. Pengumpulan data lapang berlangsung dalam rentang waktu yang cukup panjang, yakni hingga bulan Februari 2010.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kecemburuan, Saling Curiga Hingga Konflik Sosial

Pada fase pasca-tanggap darurat dan fase rehabilitasi - rekonstruksi (rehab-rekon) (Darmanto, 2006), berkembang sumber kecurigaan, rumor hingga konflik sosial (Lawang, 1994) berkaitan seputar bantuan. Keterlambatan realisasi bantuan pemerintah bagi masyarakat yang terkena bencana merupakan salah satu sumber utama isu-isu negatif bahkan konflik sosial pada fase rehab-rekon ini. Seperti dikemukakan sebelumnya, menurut rencana semula ("janji"), dana tersebut akan diberikan kepada masyarakat korban bencana mulai bulan Oktober 2009. Janji

ini sangat diharapkan oleh masyarakat, terutama kaum miskin atau strata bawah, sebab mereka betul-betul hanya bisa bergantung dari dana bantuan pemerintah ini untuk membangun rumah mereka kembali. Ini wajar, karena penghasilan mereka sangat rendah sehingga untuk hidup keseharian saja penghasilan mereka tersebut hanya pas-pasan.

Namun ternyata janji tersebut belum direalisasi hingga bulan Januari 2010. Penundaan ini menimbulkan kegelisahan para korban bencana. Apalagi, menurut informasi dari birokrat desa yang tersebar pula di masyarakat, dana tersebut telah turun ke Kabupaten hingga Kecamatan. Masyarakat tidak memahami apa yang menjadi kendala sebenarnya dari keterlambatan realisasi tersebut. Isu yang beredar di masyarakat bermacam-macam, salah satunya, bahwa dana yang sudah tersimpan di Bank Jabar masih dideposito lebih dahulu, agar memiliki bunga untuk kepentingan kelompok, lembaga atau pribadi tertentu. Namun menurut pimpinan di Kecamatan, dana tersebut belum turun karena ada prosedur yang belum dipenuhi untuk mencairkan dana bantuan tersebut, yaitu belum terbentuknya Tim Fasilitator. Memang, sejauh ini sudah disebarluaskan informasi mengenai kesempatan untuk menjadi fasilitator, namun hingga awal Januari 2010 tersebut belum ada yang mendaftar. Tanggal 25 Januari 2010 lalu adalah penutupan pendaftaran fasilitator untuk yang kesekian kalinya. Dana bantuan rehab-rekons tersebut baru akan cair setelah proses penetapan Tim Fasilitator melalui SK Gubernur.

Akibat dari tertunda-tundanya dana bantuan ini, maka muncul ketidakpercayaan dan sikap negatif masyarakat kepada pihak Pemerintah, khususnya Pemerintah Daerah. Lebih jauh lagi, keterlambatan ini telah memicu konflik vertikal antara masyarakat dengan Pemerintah Daerah. Hal ini ditunjukkan melalui beberapa kali demonstrasi yang dilakukan oleh masyarakat Pangalengan ke kantor Kabupaten Bandung, menuntut realisasi dana bantuan tersebut dengan segera. Hingga bulan Januari 2010, misalnya, telah dilakukan lima kali demonstrasi ke Pemda Kabupaten Bandung. Aksi-aksi demonstrasi masyarakat tersebut mempunyai agenda utama menuntut segera pencairan dana bantuan rehab-rekon yang dijanjikan. Umumnya aksi ini didukung pula oleh aparat desa, bahkan ada seorang Kepala Desa yang ikut berdemonstrasi.

Sumber potensi konflik yang lain adalah penetapan kategori tingkat kerusakan rumah para korban bencana. Inti persoalannya adalah, banyak warga yang merasa tidak setuju dengan penetapan kategori tingkat kerusakan yang dilakukan oleh pemerintah pada tahap awal

maupun tim verifikasi/kelompok masyarakat (pokmas) pada tahap verifikasi. Dalam hal ini banyak yang merasa seharusnya rumahnya masuk kategori rusak berat, tetapi oleh tim verifikasi dimasukkan dalam kategori rusak sedang, atau yang merasa rumahnya rusak sedang, dimasukkan menjadi rusak ringan. Ini menjadi persoalan, karena sangat menentukan besarnya bantuan yang akan diterima. Seperti telah dikemukakan sebelumnya, pada kasus bencana gempa Tasikmalaya ini, Pemerintah memberikan bantuan sebesar Rp 15 juta untuk rusak berat, Rp 10 juta untuk rusak sedang, dan hanya Rp 1 juta untuk rusak ringan.

Menurut para informan, ada tiga masalah yang menjadikan verifikasi tingkat kerusakan ini dipersoalkan atau diprotes oleh para korban bencana, yakni:

1. Cara survei Pokmas yang hanya melihat kerusakan rumah korban gempa secara sepintas dan luar saja, tidak teliti ke dalam rumah warga.
2. Klasifikasi atau pemberian kategori tingkat kerusakan lebih banyak dilakukan berdasarkan kepentingan-kepentingan pribadi dan asas kekeluargaan dan kekerabatan daripada data yang sebenarnya.
3. Orang-orang yang dimasukkan menjadi calon yang mendapat bantuan lebih banyak dari keluarga, sanak famili, kerabat dan teman dekat daripada warga korban yang sebenarnya.

Perlu dikemukakan bahwa akurasi data memang sudah menjadi persoalan sejak awal dalam penanganan bencana gempa Tasikmalaya ini, bukan hanya di Pangalengan. Dari segi jumlah korban, misalnya, seringkali ditemui perbedaan jumlah korban bencana antara data yang ada di tingkat desa, kecamatan, dan kabupaten. Menurut informasi dari pihak Kecamatan Pangalengan, kesalahan sistem pendataan bukan hanya dari masyarakat, tetapi juga "kesalahan" dari Pusat. Alasannya adalah, pada saat warga melakukan pendataan awal, mereka tidak didampingi oleh orang teknis dari pemerintah, misalnya Kementerian Perumahan. Padahal, masyarakat tidak mempunyai pengetahuan yang memadai mengenai tingkat kerusakan rumah. Mereka hanya memakai perkiraan saja, mana yang rusak berat dan seterusnya. Sementara itu, proses verifikasi oleh pemerintah Pusat dilakukan dengan menggunakan sistem "sampel" per desa yang jumlahnya hanya sekitar 50 buah rumah. Jika data pada "sampel" tersebut sudah benar, maka data lainnya dianggap sudah benar semuanya.

Faktor lainnya yang juga sangat penting adalah terjadinya perubahan kriteria kerusakan

rumah yang terjadi dalam waktu yang dekat, pada masa awal kejadian bencana ini. Dalam hal ini, kriteria kerusakan rumah yang pertama yang digunakan waktu itu berasal dari Kementerian Sosial (Kemsos). Pada kriteria ini, kerusakan rumah dibagi menjadi lima tingkatan yaitu (1) rubuh (2) terancam-rubuh, (3) rusak berat, (4) rusak sedang, dan (5) rusak ringan. Hanya dalam waktu kurang dari seminggu, muncul lagi kriteria dari Kementerian Pekerjaan Umum (PU) yang membagi tingkat kerusakan menjadi tiga tingkatan saja, yakni (1) rusak berat, (2) rusak sedang, dan (3) rusak ringan. Perubahan kriteria tersebut membuat pemerintahan setempat dan jajarannya menjadi kerja dua kali, dan banyak kebingungan dalam menentukan tingkat kerusakan sebuah rumah; berbeda orang ("kepala"), berbeda pula penafsiran terhadap kriteria yang telah dijelaskan. Selain itu, diakui pula oleh pihak kecamatan bahwa ketidakakuratan data dipengaruhi juga oleh hubungan kekerabatan yang dekat antara pihak yang membuat atau memverifikasi data dengan korban seperti yang menjadi rumor di tengah masyarakat di Pangalengan.

Sebenarnya, banyak pihak yang semula sangat mengkhawatirkan terjadinya konflik sosial pada saat pembagian bantuan rehab-rekon, mengingat ketidakpuasan dan "kemarahan" para korban bencana sebelum turunnya bantuan tersebut seperti yang telah dijelaskan di atas. Namun ternyata hingga pembagian dana bantuan tahap pertama ini diberikan, tidak muncul konflik sosial. Pembagian berjalan cukup lancar dan aman, sekalipun belum semua korban bencana menerima bantuan. Ada beberapa faktor penting yang meredam timbulnya konflik sosial pada masa pembagian dana bantuan tahap pertama ini. Pertama, sudah dilakukan musyawarah beberapa kali sebelum dana diberikan, yang melibatkan pihak RT, RW, dan Pokmas. Dari musyawarah tersebut disepakati untuk menerima berapapun besarnya bantuan yang diberikan oleh pemerintah pada tahap pertama ini. Mereka sepakat bahwa yang penting dana "cair" dulu, persoalan lain akan diselesaikan belakangan. Kedua, sistem pembagian bantuan tersebut dilakukan secara sistematis, bergilir, dan tepat waktu. Dalam hal ini masing-masing desa diberikan giliran selama dua hari penuh untuk mengambil bantuan tersebut dari Bank Jabar Pangalengan. Menurut rencana, desa yang terakhir mendapatkan giliran pada tanggal 3 Maret 2010. Selanjutnya, bukan hanya desa yang diatur gilirannya, Pokmas pun juga diatur secara bergiliran untuk mengambil bantuan. Sebelum pengambilan uang dari Bank Jabar, masing-masing Ketua Pokmas telah diberi nomor urut antrian dan telah diinformasikan mengenai waktu atau giliran pengambilan dana tersebut.

Selain kedua faktor di atas, di beberapa Pokmas juga diterapkan sistem yang dikenal dengan sistem "bagi rata". Sebagai contoh, di RW 03, terdapat satu Pokmas dengan jumlah anggota 20 rumah (hitungan bukan KK). Dalam Pokmas ini jumlah anggota yang masuk kategori rusak berat ada 4 rumah, rusak sedang 5 rumah, dan rusak ringan 11 rumah. Pada saat bantuan tahap pertama diberikan, Pokmas ini hanya mendapat 1 kuota untuk kategori rusak berat, 3 untuk rusak sedang, sedangkan rusak ringan semua mendapat bantuan. Atas kesepakatan warga dengan Pokmas, maka untuk kategori rusak berat dan rusak sedang dana yang didapat dibagi rata diantara sesama anggota Pokas dalam kategori yang sama. Jadi, untuk kategori rusak berat, dana sebesar Rp 9 juta (60% dari 15 juta) dibagi 4, sehingga masing-masing keluarga dari kelompok rusak berat menerima Rp 2,250 juta rupiah. Begitu pula dengan mereka yang masuk kategori rusak sedang, dana sebesar Rp 18 juta (60% x Rp 10 juta x 3) dibagi 5, sehingga masing-masing mendapat Rp 3,6 juta rupiah. Masyarakat merasa bahwa sistem ini cukup adil, karena mereka sama-sama merasakan uang dalam waktu yang bersamaan, atau "sama rasa".

Lebih jauh lagi, untuk Pokmas ini, Ketua Pokmasnya membuat kebijakan bahwa uang 'lauk-pauk' dan uang '*family kid*' tidak langsung diberikan kepada korban. Sebaliknya, uang tersebut dikumpulkan dahulu baru kemudian dibagikan kepada masyarakat. Uang ini diberikan terutama kepada warga yang tidak terdata, yang besarnya berkisar antara Rp 100.000 hingga Rp 300.000, tergantung tingkat sosial ekonomi masyarakat. Dengan cara ini maka bantuan dari pemerintah "dirasakan oleh semua warga". Sistem bagi rata ini juga diterapkan oleh warga di Kampung Kacang. Selain itu, di Kampung Kacang bantuan yang diperoleh juga dipotong Rp. 100.000 dari masing-masing orang, untuk diberikan kepada warga yang menjadi korban gempa, namun belum tercatat di Pokmas.

Sistem "bagi rata" ini memang tidak muncul dari suatu kultur kebersamaan dan solidaritas sosial yang kuat dalam kehidupan masyarakat Pangalengan sehari-hari. Sistem ini lebih didorong oleh perasaan "tidak enak" bahkan "takut" yang dirasakan oleh mereka yang telah menerima bantuan terhadap korban bencana yang belum menerima bantuan, yang dikaitkan pula dengan kekhawatiran akan kepastian realisasi bantuan tahap kedua. Sebenarnya, sempat muncul gagasan diantara warga untuk membagi bantuan dengan model 'dikocok' (diundi), atau sesuai dengan yang telah tercatat untuk menerima bantuan saja. Namun pada beberapa kasus Pokmas tersebut, kedua model tersebut ditolak

warga, sehingga pada akhirnya diterapkan sistem “bagi rata”. Dalam konteks pengelolaan konflik, “kebersamaan” atau “solidaritas sosial” seperti ini mempunyai peranan yang sangat penting dalam meredam konflik. Ini dapat dikatakan sebagai “kebijakan” lokal (*local wisdom*) masyarakat Pangalengan dalam pengelolaan konflik, baik konflik horizontal maupun vertikal.

Sebenarnya sistem bagi rata ini tidak sesuai dengan kebijakan pemerintah. Pemerintah mengharapakan uang bantuan itu tidak dibagi-bagi, melainkan digunakan sepenuhnya untuk memperbaiki atau membangun tempat tinggal. Namun demikian, menurut Pak Camat, sistem bagi rata ini masih ditoleransi oleh pihak kecamatan, karena sistem penyerahan uang kepada masyarakat itu merupakan kesepakatan mereka bersama. Hanya saja, apabila terjadi permasalahan nantinya, pemerintah kecamatan “angkat tangan”, karena saran yang diberikan oleh pemerintah tidak dilaksanakan. Jika ada penyelewengan oleh pribadi-pribadi tertentu, seperti pemotongan dana bantuan untuk kepentingan pribadi, Pak Camat akan mengenakan sanksi yang tegas. Pak Camat telah menghubungi pihak kepolisian (Polres) setempat untuk menindak tegas apabila ada oknum yang ‘nakal’.

Perlu dikemukakan bahwa walaupun bantuan sudah merata dibagikan (sistem bagi rata), namun sebagian masyarakat tersebut masih merasa belum adil. Ini menyangkut teknik penentuan tingkat kerusakan rumah yang dirasakan hanya menguntungkan sebagian pihak. Walaupun pada saat pembagian dana tidak terjadi keributan, namun dibalik itu ada suara ‘tidak enak’ mengenai sistem kategori tingkat kerusakan rumah. Ada yang mengatakan bahwa, apabila warga tersebut memiliki kedekatan khusus dengan Ketua Pokmas, maka mereka akan mendapatkan prioritas untuk mendapatkan kategori rumah rusak berat atau rusak sedang, bahkan yang rusak ringan bisa berubah menjadi rusak sedang atau rusak berat.

Sementara itu, di beberapa Pokmas yang lain tidak diterapkan sistem bagi rata, melainkan sistem kocok, seperti yang diberlakukan di RW 09, misalnya. Dalam sistem kocok ini, bantuan diberikan kepada sejumlah orang sesuai dengan kuota yang ada untuk tiap Pokmas. Jika kuota untuk kategori rusak berat hanya tersedia 1 rumah, misalnya, maka yang dapat bantuan untuk kategori itu hanya satu rumah saja. Mekanisme untuk menentukan siapa yang akan mendapatkan bantuan tersebut adalah dengan cara “dikocok” atau diundi. Di RW 09 ini, mekanisme kocok atau undi ini diberlakukan untuk kategori rusak berat dan rusak sedang, sedangkan untuk rusak ringan

tidak diperlukan karena semua warga sudah bisa menerima bantuan.

Namun demikian, di RW 09 ini juga muncul praktek yang menggambarkan solidaritas dan kebersamaan dalam arti terbatas, dimana ada anggota masyarakat secara individual meminjamkan uangnya kepada warga yang belum mendapatkan dana bantuan untuk merehab rumah. Dalam hal ini uang pinjaman tersebut harus diganti ketika yang meminjam uang itu mendapat bantuan pada tahap kedua nantinya.

Memang banyak anggota masyarakat yang menganggap sistem kocok ini tidak tepat. Mereka merasa sistem ini kurang adil sehingga menimbulkan banyak gunjingan terhadap ketua RW 09 yang menerapkan sistem ini. Padahal menurut Pak Camat, sistem inilah yang disarankan oleh pemerintah, agar bantuan tersebut digunakan langsung oleh sang penerima dana, bukan untuk dibagi-bagikan. Alasannya, pembangunan tidak akan optimal jika dananya terpecah-pecah seperti sistem bagi rata.

Secara keseluruhan, sejauh ini, sejak bantuan dikucurkan pada tanggal 14 Februari 2010 lalu, pemerintah mulai ‘percaya diri’ kembali di hadapan warga. Di lain pihak, tidak terdengar lagi demonstrasi dan mobilitas warga yang mengkritik dan menuntut kebijakan pemerintah lokal (Kecamatan), meskipun kasak-kusuk tentang tidak meratanya bantuan (akibat ketidakakuratan data korban gempa) dan masih kuatirnya atas ketidakpastian bantuan tahap kedua masih menjadi buah bibir masyarakat Kecamatan Pangalengan. Namun, secara umum masyarakat sedang bergembira bahwa bagaimanapun bantuan sudah dicairkan dan diterima warga. Dengan demikian, realisasi bantuan tahap pertama ini sudah sangat menolong meredam “kemarahan” masyarakat korban bencana kepada pihak pemerintah, sehingga mengurangi potensi konflik antara masyarakat dengan pemerintah. Namun demikian, persoalan bantuan ini masih menyimpan potensi konflik. Ini terutama berkaitan dengan tiga isu pokok. Pertama, sebagaimana pengalaman sebelumnya, ada keraguan dan kekhawatiran mengenai realisasi bantuan tahap berikutnya. Kedua, belum semua korban yang tercatat telah menerima bantuan pada tahap pertama ini. Ketiga, masih belum selesainya persoalan data, baik masalah kategori kerusakan maupun jumlah korban itu sendiri.

Pasca gempa ini sikap saling curiga dan mudah marah makin meningkat di kalangan warga, khususnya jika terkait dengan obrolan tentang bantuan gempa. Hal ini di dasarkan oleh kenyataan bahwa data-data yang buat oleh Pokmas tentang korban masih banyak yang dinilai warga pilih kasih (hanya pada keluarganya

sendiri) dan manipulatif (yang kategori “ringan” dicatat “sedang”, yang “sedang” dicatat “berat” dan sebaliknya). Selain itu masih cukup banyak juga yang sebenarnya mengalami kerusakan akibat gempa, namun belum tercatat sebagai korban yang harusnya mendapat bantuan.

Ketika dana bantuan tahap pertama ini diberikan, suara-suara “sumbang” tetap terdengar dari warga yang namanya belum termasuk dalam daftar penerima bantuan pada tahap pertama tersebut. Selain itu, ada pula isu pemotongan dana yang dilakukan oleh Ketua Pokmas untuk “biaya administrasi”. Sebagai contoh di wilayah Cisangkuy, ada isu yang berkembang bahwa dana bantuan itu dipotong untuk pengurusan pencairan dana tersebut, seperti untuk administrasi, biaya transportasi bolak-balik, dan upah buat orang desa.

Melihat isu yang berkembang di masyarakat tersebut, Camat Pangalengan menghimbau kepada jajaran di bawahnya agar jangan sampai terlibat dalam kasus hukum, seperti pemotongan uang untuk masuk kantong pribadi, karena terdapat sanksi tegas terhadap tindakan penyelewengan dana tersebut. Untuk mengantisipasi hal ini, Camat telah mengajukan permohonan insentif kepada Pemda untuk BKM dan TPM yang sudah dari awal mengurus penanggulangan bencana. “Karena kejadian bencana ini kan insidental, bukan pekerjaan sehari-hari, masa ngga dapet insentif”, demikian dijelaskan oleh Pak Camat Pangalengan.

Bencana gempa yang menimpa masyarakat Pangalengan juga membuka arena konflik yang lain, yang berkaitan dengan isu agraria. Hingga bulan Januari 2010, sekitar 150 Kepala Keluarga (KK) masih berada di tenda-tenda, yang lokasinya berada di wilayah (lahan) perkebunan milik PTPN VIII Malabar. Para pengungsi ini berasal dari RW 2 Kampung Marga Sawit, Desa Sukamana. Kondisi kehidupan mereka di tenda-tenda pengungsian tersebut sangat memprihatinkan; kondisi tenda-tenda yang dipakai, ketersediaan logistik, dan berbagai kebutuhan dasar lainnya sudah tidak memadai atau tidak layak. Pada masa-masa pasca gempa di bulan ke-6 ini (Februari 2010), hampir sudah tidak ada lagi kalangan LSM/ NGO dan organisasi (sukarelawan) lain yang tinggal bersama masyarakat. Rata-rata LSM hanya bertahan hingga di bulan ke-2 dan ke-3 pasca gempa saja. Sejauh ini bantuan yang masih diterima oleh para pengungsi ini selain dari PMI dan Depsos, untuk kebutuhan logistik lebih banyak di dapatkan dari kelompok Majelis Ta’lim Bandung dan sekitarnya, dan dari perseorangan (artis atau selebritis, saudara dan orang-orang yang peduli). Itupun sudah tidak rutin lagi. Dalam kondisi musim penghujan dan kadang disertai

angin kencang seperti pada bulan Februari 2010 yang lalu, tenda-tenda mereka semakin tidak layak huni. Keadaan itu mengancam kesehatan para penghuninya. Namun mereka terpaksa tetap bertahan karena mereka tidak punya pilihan lain yang lebih baik. Dengan demikian, satu-satunya harapan warga adalah bantuan dari pemerintah.

3.2. Kebersamaan atau Solidaritas Sosial

Di lain pihak, bencana gempabumi ini juga menunjukkan adanya rasa kebersamaan atau solidaritas sosial dalam masyarakat (Lawang, 1994:181). Ini nampak dari beberapa hal seperti kegiatan gotong royong dan tolong menolong diantara mereka, dan adanya perasaan senasib sepenanggungan sebagai sesama pengungsi korban bencana gempa. Ibu Mn (45 tahun), misalnya, tidak mau meninggalkan Pangalengan walaupun memiliki saudara di tempat lain yang keadaannya lebih baik, tetapi beliau lebih memilih tetap tinggal di dalam tenda. Alasannya: “Pangalengan merupakan tempat kelahirannya. Masa tetangga saya susah di sini panas kepanasan, dingin kedinginan, saya tinggalin begitu saja. Tetangga di sini sudah saya anggap saudara saya, jadi ngga tega ninggalinnya”, kata beliau. Pada awal kejadian bencana, kebersamaan juga muncul dalam bentuk kegiatan gotong-royong untuk mengangkut puing-puing bangunan yang ambruk.

Namun, solidaritas sosial ini nampaknya berlaku terutama dalam kelompok-kelompok sosial yang kecil, seperti tenda pengungsian. Menurut para informan, sempat terbangun solidaritas dan persaudaraan antar warga, yaitu ketika sama-sama berada di dalam tenda pengungsian. Warga yang biasanya jarang ketemu bahkan sebagian dari mereka ada kerenggangan, menjadi lebih dekat dan merasa satu keluarga dan senasib sepenanggungan. Dalam satu tenda, ketika ada bantuan yang berasal dari Pemerintah/Donatur, langsung mereka saling berbagi, apalagi jika dalam tenda tersebut ada yang tidak mendapat bantuan. Bahkan bantuan yang berasal dari sanak saudarapun juga dibagikan dengan sesama penghuni di satu tenda. Sebagai contoh, seorang ibu menjelaskan, “Waktu kemarin pas dapet bantuan dari sodara, saya masak buat buka puasa bersama warga di tenda, saya ga bisa makan kenyang jika disamping saya kelaparan. Dan kalo ada yang meninggal karena kelaparan, kan yang lainnya jadi dosa. Ga enak teh kalo kita makan sendiri yang lain ga. Pada saat sekarang mah, semuanya membutuhkan”.

Sementara itu, dengan kelompok yang berada di tenda yang berjauhan apalagi berbeda RW, solidaritas sosial kurang atau bahkan tidak

terbangun, malah sebaliknya kadangkala muncul kecemburuan sosial antar sesama warga, dan keluar pula gunjingan-gunjingan yang negatif diantara mereka. Ada pula pandangan yang negatif dari warga yang miskin terhadap warga yang relatif kaya. Dikatakan oleh seorang informan bahwa orang kaya juga minta bantuan/ minta jatah nomor untuk mendapatkan bantuan. Orang kaya tersebut tidak membantu tetangganya yang kesusahan sehingga dianggap sombong; "mereka makan buat diri sendiri aja, ga bagi-bagi tuh neng", kata informan tersebut. Pandangan ini ditujukan kepada seorang ibu yang kaya dan mengungsi di tenda sendiri. Ibu ini berjualan makanan ringan di tempat pengungsian, sehingga ada masyarakat yang menganggap beliau itu "ingin mendapatkan keuntungan ditengah-tengah penderitaan masyarakat". Seperti kata seorang informan: "Orang lagi kena musibah masih aja jualan, boro-boro bantuin kita neng, buat dia sendiri aja dia ngerasa kesusahan, padahal dia kan orang kaya."

Sementara bagi si ibu kaya tersebut, dia tetap membuka usaha warung di areal pengungsian untuk keperluan hidup. Beliau menjelaskan bahwa "semua barang pada abis neng, ini aja ibu coba bawa barang yang masih tersisa dan membeli sebagian barang dagangan agar bisa berjualan kembali". Ketika ditanya apakah ibu ikut membantu sesama dalam hal logistik atau jenis barang apapun kepada sesama korban, beliau menjawab: "Ya semuanya juga korban neng. Saya aja susah gimana mau bantu yang lain. Rumah saya juga habis neng, sekarang aja kita semua ditenda, belum ke rumah. Belum lihat-lihat lagi barang-barang di rumah masih ada yang bisa dipake atau ga".

Sementara itu, di tingkat desa, kebersamaan juga tidak terbangun dalam masa-masa tanggap darurat. Masing-masing desa sibuk mengurus warganya sendiri. Seperti kata seorang pejabat di desa, "Ya kalo ada bantuan masuk ke Desa Pangalengan, yah buat Pangalengan saja. Kenapa harus dibagikan ke desa lainnya. Kan desa lainnya juga mendapatkan bantuan, kita aja masih kekurangan, boro-boro dikasih ke orang lain". Dijelaskan pula bahwa masing-masing kepala desa sibuk mencari bantuan dan donatur kemana-mana bagi warga desanya.

Selain terbangun dalam unit sosial yang kecil, solidaritas dan kebersamaan antar warga Pangalengan juga hanya muncul dalam kurun waktu yang relatif sangat singkat. Kebersamaan itu hanya sebentar, khususnya pada waktu berada bersama-sama di tenda. Ketika kembali ke rumah masing-masing, warga kembali "mengurus hidup sendiri-sendiri". Pembangunan atau perbaikan rumah, misalnya, kebanyakan dikerjakan secara

sendiri-sendiri atau menyewa tukang bangunan bagi yang mampu. Pembentukan kelompok masyarakat (Pokmas) juga bukan merupakan inisiatif dari warga, melainkan insisiatif dari Pemerintah, dalam rangka penyaluran bantuan pada tahap rehabilitasi dan rekonstruksi. Seperti kata seorang ibu, "keadaan bencana gempa tidak membuat kita semakin dekat, biasa aja. Pas baru-baru kejadian gempa, kita bareng-bareng di tenda, habis itu udah deh. Udah wae masing-masing neng paling yang rumahnya deket-deketan pada ngobrol". Sementara ibu yang lain berkata: "Ya kita masing-masing aja neng. Kita aja sudah repot kesusahan bagaimana mau menolong orang. Apalagi ibu banyak anak dan cucu. Sekarang aja ibu ga tau ntar mau makan apa? Ntar masak nunggu bantuan aja".

Bentuk kebersamaan lainnya yang juga masih bersifat terbatas dan temporer terlihat pada waktu pembagian dana bantuan rehab-rekon tahap pertama dari pemerinah. Seperti telah diuraikan sebelumnya, di beberapa Pokmas dana bantuan itu "dibagi rata" kepada para anggota Pokmas dalam kategori yang sama. Selain itu, ada juga "kebijakan" untuk menyumbangkan sebagian kecil bantuan yang diterima kepada warga yang tidak tercatat sebagai korban, maupun meminjamkan dana bantuan tersebut kepada yang lebih membutuhkan.

3.3. Bencana dan Stratifikasi Sosial

Kemampuan anggota masyarakat untuk menghadapi dan mengatasi dampak bencana alam tidaklah sama. Dalam kaitannya dengan stratifikasi sosial (Soekanto, 1982: 227), Fothergill dan Peek (2004), misalnya, mengatakan bahwa masyarakat dari strata yang berbeda tidak sama kemampuannya dalam mempersiapkan diri menghadapi bencana maupun mengatasi dampak bencana. Robert J Brym (2009) juga mengemukakan hal senada untuk kasus Katrina yang menimpa New Orleans pada tahun 2005. Dikatakan bahwa kerusakan yang lebih parah terjadi di distrik yang miskin yang dihuni orang-orang Amerika kulit hitam. Proses *recovery* juga lebih cepat dilakukan oleh kelompok kaya kulit putih yang tinggal di wilayah yang lebih baik. "*In the city's uptown distict, life was infact starting to return to normal just three weeks after the storm. Along its broad, tree-lined streets, work crews and hired help were restoring the Civil War-era mansions, and well-to-do white families were already living in them*" (Brym, 2009:73) Fenomena demikian terjadi juga pada kasus bencana gempa di Pangalengan ini. Pada fase tanggap darurat, misalnya, keluarga yang cukup kaya (strata atas) mampu membangun tenda sendiri bagi

keluarganya. Sebagai contoh, seorang ibu yang cukup kaya beserta keluarganya tinggal di satu tenda terpisah dan tidak bergabung dengan pengungsi lainnya.

Demikian juga pada fase pemulihan, anggota masyarakat dari strata atas lebih cepat melakukan pemulihan dengan dana sendiri. Bagi kelompok “kapital”, bencana gempa yang terjadi tidak membawa pengaruh yang besar pada kondisi ekonomi mereka. Dalam kurun waktu yang singkat yaitu hanya sekitar seminggu, mereka sudah bisa menata dan melakukan normalisasi atas bisnis mereka. Artinya mereka mampu secara mandiri dan dengan cepat bangkit kembali memulihkan kondisi ekonomi dan kehidupan mereka, karena memiliki uang yang cukup. Itu sebabnya, sekitar seminggu hingga dua minggu setelah kejadian bencana, masyarakat yang berasal dari keluarga mampu (strata atas) ini sudah mulai merenovasi rumahnya yang runtuh, dengan biaya sendiri.

Bagi masyarakat strata menengah, gempabumi memang cukup mempengaruhi usaha dan kehidupan mereka. Namun, mereka juga relatif lebih cepat bangkit kembali. Menurut beberapa informan, usaha dagang mereka berhenti hanya dalam sekitar dua minggu saja, dan kemudian mereka bisa buka lagi, meski modal sebagian diperoleh dengan cara meminjam (hutang). Memang penghasilan mereka hingga lima bulan setelah gempa masih belum “normal” seperti sebelum gempa.

Yang paling “terpukul” akibat bencana gempabumi ini adalah masyarakat dari strata bawah. Mereka tidak mampu membangun atau memperbaiki rumah mereka yang rusak secara cepat. Oleh sebab itu, mereka hanya bisa membersihkan puing-puing saja, sedangkan untuk merenovasi rumah, mereka menunggu bantuan dari pemerintah. Seperti dijelaskan oleh seorang Kepala Desa, warga masyarakat yang merenovasi rumahnya hanyalah warga yang berasal dari golongan menengah ke atas, sedangkan yang menengah ke bawah tinggal di tenda lebih lama.

Namun demikian, patut dicatat adanya sikap atau mentalitas yang positif dari kaum miskin dalam menghadapi bencana. Mereka masih bisa bersyukur di tengah-tengah bencana yang menimpa mereka. Sebagai contoh, seorang ibu masih merasa bersyukur karena anggota keluarganya utuh, tidak ada yang meninggal atau terluka, hanya rumah saja yang ambruk. “Alhamdulillah neng, keluarga semuanya selamat paling rumah aja yang ambruk. Sekarang mah, cuma tinggal bersabar aja”, kata beliau. Untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari, ibu ini mendapatkan bantuan dari saudara-saudaranya

yang datang secara langsung dan memberikan bantuan materil kepada beliau. Adapula bantuan logistik yang diberikan oleh pemerintah melalui RW, seperti beras 2 liter dan 3 bungkus mie instan untuk satu keluarga, tapi hari berikutnya beliau tidak dapat. Menanggapi hal itu beliau juga menunjukkan sikap yang positif. Beliau berkata: “Jadi bantuan yang diberikan seadanya saja, namanya juga bantuan ya cuma membantu, ga mungkin kita mengharapkan sepenuhnya dibantu”.

Ada pula yang menunjukkan sikap pasrah dan sangat bergantung pada bantuan pemerintah. Seperti ibu I, misalnya. Atas bencana yang dialami, ibu I mengatakan “yah namanya musibah uda datang mau gimana lagi neng, kita mah cuma bisa menerima. Rumah ibu abis neng, rata pisan sama tanah. Ya udah lah neng, sekarang mah tinggal nungguin bantuan dari pemerintah, harapan mah ada tapi ya belum bisa dilaksanakan”. Suami ibu I bekerja sebagai buruh bangunan, dan saat sekarang suaminya tidak bekerja karena sibuk membersihkan puing-puing rumah dan mencoba mengumpulkan barang-barang yang tersisa di rumah kalau-kalau ada yang masih bisa dipakai. Ia pun tidak bisa bekerja ke tempat lainnya karena pikirannya hanya ke rumahnya yang rubuh akibat gempa. Lagi pula, sekarang juga tidak ada yang menyuruh atau mengupahnya bekerja.

Menarik untuk diuraikan lebih jauh mengenai kelompok masyarakat marginal dan miskin yang hingga bulan Februari 2010 masih berada di tenda-tenda di wilayah perkebunan PTPN VIII (Malabar) seperti yang sudah disinggung sebelumnya, yang berjumlah sekitar 150 KK. Menurut seorang informan (Ud, 37 tahun, buruh pikul) yang masih tinggal di tenda pengungsian, ketika terjadi gempa, hampir keseluruhan warga RT 2 dan RT 19 Kampung Marga Sawit berduyun-duyun secara spontan mencari tempat yang lapang untuk berlindung. Akhirnya mereka menemukan lahan di perkebunan teh Malabar yang saat itu kebetulan sedang kosong (belum ditanami ulang). Inisiatif untuk tinggal disitu muncul secara spontan saja, dan pihak Pekebunan Malabar tidak melarang juga pada saat itu. “Mungkin mereka kasihan melihat kami yang tidak tahu harus kemana lagi. Sebab rata-rata rumah tempat tinggal kami di RT 2 dan RT 19 hancur dan rusak berat. Sementara mau kembali ke rumah kami, sebagian besar berada di lahan yang sangat labil longsor (sebab berada di lereng perbukitan)”, kata pak Ud.

Dengan tinggal di tenda-tenda, mereka sekeluarga berharap dapat diberi ganti rugi tanah untuk tempat tinggal seperti yang telah dijanjikan pemerintah sebelumnya. Namun hingga sekarang belum jelas kapan akan dipindahkan,

padahal pihak perkebunan Malabar sudah mulai memberi tanda-tanda untuk mengusir mereka. Di sekitar tenda-tenda pengungsian lahan-lahan kosongnya sudah mulai ditanami bibit teh baru (program peremajaan), sehingga para pengungsi mulai resah entah mau kemana. Sementara bagi buruh pertanian, mengandalkan jerih payah penghasilan dengan upah Rp 15.000/hari tidak mencukupi lagi untuk hidup sehari-hari, apalagi untuk membangun rumah kembali. Sebabnya, tidak selalu ada yang menggunakan jasa tenaga buruh tiap hari.

Dari keterangan para pengungsi, mereka tidak dapat kembali ke tempat semula, karena dua sebab; pertama, rumah tinggal mereka rata-rata rusak berat dan tak layak huni lagi, sementara, untuk membangun kembali mereka tidak punya biaya. Kedua, tanah carik (milik desa) yang mereka tempati sebelumnya, mayoritas berada di lereng-lereng bukit yang rawan longsor dan rawan jika terjadi gempa lagi. Ketiadaan pilihan ini membuat mereka tetap bertahan apa adanya di tenda-tenda pengungsian, sambil menunggu sumbangan, bantuan dan janji pemerintah untuk memberikan tanah ganti (relokasi) di tempat lain yang lebih aman. Meski demikian ada juga suara miring dari warga tetangga desa yang melihat kelompok warga pengungsi yang masih tinggal di tenda-tenda ini sebagai kelompok warga yang malas dan hanya mau menunggu bantuan saja untuk hidup. Tidak mau bekerja keras sebagaimana masyarakat lainnya.

Pada umumnya para pengungsi ini memang merupakan kelompok miskin dan marginal. Dari segi mata pencaharian, warga yang tinggal di tenda-tenda pengungsian sebagian besar adalah buruh tani (sekitar 60-70%), kemudian tukang ojek, tukang rongsok, pedagang sayur-mayur dan peternak sapi pribadi. Namun, seperti di Pangalengan secara keseluruhan, belakangan ini pekerjaan ojek lebih banyak diminati para laki-laki disini. Alasannya pun sama, yaitu pertama, dapat uang tunai (*cash*) sehingga bisa diberikan langsung kepada anak dan istri mereka. Kedua, tidak terlalu butuh tenaga berat/ekstra dan keterampilan lebih untuk bekerja. Ketiga, meski masih spekulatif, penghasilan per hari bisa lebih banyak dan meningkat (jika dapat rizki) dibandingkan buruh tani yang cenderung tetap/statis. Oleh sebab itu, selain buruh, pekerjaan terbanyak kedua dari para laki-laki disini adalah tukang ojek. Meski tidak pasti, rata-rata penghasilan dari tukang ojek ini adalah sekitar Rp 30.000 per hari (kotor) sedangkan per bulan hanya sekitar Rp 200.000- Rp 300.000.

Pekerjaan lain yang masih terkait dengan pertanian yang menjadi sumber mata pencaharian waraga di Marga Kawit adalah pedagang sayur

mayur. Namun, kelompok ini mesti memiliki modal awal yang cukup untuk membeli sayur mayur dari para petani dan juga mempunyai modal untuk transportasi ke pasar sekitar. Penghasilan dari pedagang sayur ini rata-rata Rp. 30.000-50.000/hari. Namun menurut warga, penghasilan kotor tersebut belum dipotong biaya, yakni transport, makan, minum, rokok dan lain-lain. Menurut mereka, pekerjaan pedagang sayur mayur ini boros di ongkosnya.

Mata pencaharian lain dari para pengungsi dari Marga Kawit ini adalah tukang rongsokan (pencari rongsokan). Pekerjaan ini sudah umum menjadi sumber pendapatan warga di sekitar Marga Kawit, selain buruh dan ojek. Untuk kelompok tukang rongsokan yang sudah berpengalaman, dalam sehari mereka bisa mendapatkan penghasilan Rp 30.000-50.000; sedangkan dalam sebulan rata-rata sekitar Rp 300-400.000, jika lancar. Menurut sebagian warga, penghasilan dari mencari bahan rongsokan ini kadang lebih menguntungkan daripada buruh tani maupun ojek, namun tidak semua mau melakukannya karena kerap harus bekerja di tempat kotor dan kumuh. Ada perasaan rendah dan kurang baik menjadi tukang rongsokan.

Pekerjaan lain yang lebih baik dari ketiga pekerjaan sebelumnya adalah beternak sapi (sapi sendiri). Bagi yang masih memiliki sapi pribadi mereka tetap menjadikan sapi perah sebagai sumber penghasilan utama. Dengan seekor sapi, tiap satu kali peras/sehari bisa menghasilkan sekitar 20 liter susu (jika sapi sehat dan baik), dengan harga susu Rp 4.000-5.000 per liter. Dengan demikian, dalam sebulan penghasilan kotor dari seekor sapi perah mencapai sekitar Rp 2 hingga 2,4 juta. Namun, pengeluaran untuk perawatan dan makanan sapi perah ini juga cukup besar. Untuk seekor sapi total kebutuhan makanan, obat dan perawatan adalah sekitar Rp 1,6 juta/bulan. Dengan demikian, penghasilan dari seekor sapi perah ini adalah sekitar Rp.600.000-900.000 per bulan.

4. KESIMPULAN

Penanganan bencana gempabumi di Kecamatan Pangalengan melibatkan beragam "aktor, yakni pemerintah (Pusat hingga Daerah), swasta, LSM, Partai Politik, tokoh masyarakat/agama, dan perorangan termasuk para artis maupun keluarga. Selanjutnya, beragam aktor tersebut sebagian besar berasal dari dalam negeri, tetapi ada pula yang berasal dari luar negeri.

Berkaitan dengan kesimpulan di atas, salah satu masalah yang dihadapi dalam

penanganan bencana di Pangalengan adalah koordinasi. Menurut pandangan berbagai pihak, koordinasi penanganan bencana di Pangalengan ini masih “lemah”. Sebagai contoh, berbagai pihak memberikan bantuan secara langsung kepada korban tanpa koordinasi. Masing-masing desa juga sibuk mencari bantuan bagi warganya sendiri.

Selain masalah koordinasi, akurasi data merupakan masalah besar dalam penanganan korban bencana di Pangalengan ini. Akurasi data ini menjadi perdebatan yang hangat dan berkepanjangan di kalangan para korban gempa, khususnya menyangkut ketepatan pengkategorian tingkat kerusakan rumah. Banyak warga yang merasa rumahnya seharusnya masuk kategor rusak berat, namun dalam catatan pemerintah masuk kategori rusak sedang, atau yang seharusnya rusak sedang dimasukkan sebagai rusak ringan. Berkembang pula isu-isu bahwa penentuan kategori ini tidak netral dan objektif, tetapi tergantung kedekatan dengan pihak yang memverifikasi data. Selanjutnya, ada pula warga korban bencana yang tidak terdata.

Dana bantuan dari Pemerintah pada tahap rehab rekon diberikan melalui kelompok-kelompok masyarakat (Pokmas) yang sengaja dibentuk; setiap Pokmas terdiri dari 10 hingga 20 rumah. Secara umum dasar pembentukan kelompok ini adalah kedekatan lokasi rumah satu sama lain, meski ada yang berdasarkan hubungan kekeluargaan.

Pemberian dana bantuan Pemerintah di Kecamatan Pangalengan ini dilakukan secara bertahap, baik jumlah uang maupun jumlah penerima. Dari segi jumlah uang yang diberikan, bantuan yang diberikan pada tahap pertama adalah sebesar 60% bagi kategori rusak berat dan rusak sedang, sedangkan untuk rusak ringan 100%. Dari segi jumlah penerima, untuk kategori rusak berat dan rusak sedang hanya sebagian saja yang mendapat bantuan pada tahap pertama, tetapi untuk kategori rusak ringan semuanya telah mendapat bantuan.

Berkaitan dengan pemberian dana secara bertahap bagi korban pada kategori rusak berat dan rusak sedang di atas, maka ada beberapa Pokmas yang menerapkan sistem “bagi rata” dan ada pula yang menerapkan sistem “kocok” atau undian. Untuk sistem bagi rata, uang yang diterima dibagi rata diantara anggota Pokmas yang berada pada kategori yang sama (rusak berat atau rusak sedang). Sementara itu, pada sistem kocok uang diberikan hanya kepada yang mendapat giliran saja, yang ditentukan dengan cara “dikocok” (diundi).

Baik pada masa tanggap darurat maupun pada masa rehab rekon banyak kecurigaan, isu,

dan rumor negatif yang berkembang di kalangan para korban bencana. Pokok persoalannya adalah di seputar bantuan, baik keterlambatan, ketidakadilan (ketidakmerataan), maupun penyimpangan (misalnya dijual, dan sebagainya).

Penundaan pemberian dana bantuan berkali-kali telah menyebabkan rasa kurang percaya masyarakat kepada pemerintah. Lebih dari itu, penundaan tersebut bahkan telah memicu kemarahan dan konflik, yang diwujudkan dalam bentuk demonstrasi massa (demo) beberapa kali yang dilakukan oleh para korban gempa ke kantor Bupati. Mereka menuntut agar dana bantuan itu segera diberikan.

Di Kecamatan Pangalengan, gempabumi mendorong adanya kerjasama dan solidaritas diantara warga, namun sangat terbatas baik cakupan unit sosial maupun jangka waktunya. Dari segi cakupan unit sosialnya, umumnya solidaritas sosial hanya berkembang dalam unit sosial yang amat kecil yakni satu tenda pengungsi. Sementara itu, jangka waktunya juga sangat singkat, yakni hanya pada masa-masa mengungsi tersebut. Selebihnya masyarakat korban gempa di Pangalengan kembali “mengurus hidupny masing-masing”.

Berkaitan dengan stratifikasi sosial, yang paling menderita akibat bencana gempa di Kecamatan Pangalengan ini adalah strata bawah atau kelompok masyarakat miskin dan marginal seperti buruh tani, sopir angkot, dan tukang ojek. Merekalah yang masih berada di tenda-tenda pengungsian hingga enam minggu setelah kejadian gempa. Mereka pulalah yang sangat bergantung dari bantuan pemerintah dan lain-lain baik untuk memenuhi kebutuhan hidup selama di pengungsian maupun untuk memperbaiki atau membangun rumah. Sementara itu, strata menengah ke atas dapat dengan cepat melakukan pemulihan kehidupan, baik dari segi pendapatan maupun perbaikan atau pembangunan rumah.

Beberapa saran yang dapat disampaikan, yakni:

- Agar koordinasi dalam penanganan bencana berjalan baik, perlu dibangun sistem koordinasi yang tidak terlalu birokratis namun efektif dan dapat dipercaya. Selanjutnya, pemerintah daerah khususnya di daerah-daerah yang rawan bencana perlu dipersiapkan. Berbagai organisasi atau kelompok masyarakat di daerah rawan bencana perlu pula diberi pembekalan penanganan bencana. Perlu pula dibentuk organisasi yang berkiprah di bidang kebencanaan.
- Akurasi data korban bencana perlu ditingkatkan. Dalam kaitan ini, kriteria tingkat kerusakan rumah perlu ditetapkan dengan baik, tepat, cepat, dan tidak berubah-ubah,

baru kemudian segera disosialisasikan kepada berbagai pihak yang mengalami bencana. Untuk tahap awal, pendataan oleh pemerintah ataupun masyarakat setempat perlu didampingi oleh pihak yang menguasai kategori kerusakan tersebut secara teknis.

- Pemberian dana bantuan hendaknya tidak ditunda-tunda, karena itu dapat memicu konflik sosial. Selanjutnya, sebaiknya dana bantuan tidak diberikan secara bertahap kepada sebagian korban saja, karena hal itu juga dapat memicu kecemburuan dan konflik sosial.
- Sebaiknya kelompok miskin dan marginal mendapat perhatian khusus, baik pada fase tanggap darurat maupun fase selanjutnya. Dalam kaitan ini, penanganan korban bencana sebaiknya sekaligus dijadikan sebagai program pengentasan kemiskinan bagi korban dari kelompok miskin dan marginal. Ini bisa mencakup pemberian tanah atau modal usaha yang disertai dengan pendampingan atau bimbingan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Babbie, Earl, 1989, *The Practice of Social Research* (Fifth Ed), Wadsworth Publishing Company, Belmont, California.
2. Brym, Robert J., 2009, *Sociology as a Life or Death Issue*. Nelson Education, Toronto, Canada.
3. Darmanto, 2006, *Pengalaman dari Penanganan Bencana Alam di Yogyakarta*. Makalah RAPI V. Surakarta: Fakultas Teknik UMS.
4. Fothergill, Alice and L.A. Peek, 2004, *Poverty and Disaster in the United States: A Review of Recent Sociological Findings*.
5. Lawang, Robert MZ (terj dari Johnson, Paul D) 1994, *Teori Sosiologi: Klasik dan Modern*, Jilid I dan II Gramedia : Jakarta
6. Rahardjo, M., 2010, *Jenis dan Metode Penelitian Kualitatif*. <http://mudjiarahardjo.com/artikel/215.html?task=view>.
7. Soekanto, Soerjono, 2005, *Pokok-Pokok Sosiologi Hukum*. Rajawali Grapindo: Jakarta.

Diterima: 1 April 2016

Disetujui setelah revisi: 3 Oktober 2016

INISIASI SEKOLAH/MADRASAH AMAN BENCANA

THE INITIATION OF SAFE SCHOOL FROM DISASTER

Lilik Kurniawan, Lilis St. Muttmainnah, Aminudin Hamzah dan Elfina Rozita

Badan Nasional Penanggulangan Bencana,
Kawasan Pusat Misi Pemeliharaan dan Perdamaian Gedung INA-DRTG
Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat
e-mail: pencegahan.prb@gmail.com

Abstrak

Intensitas ancaman bencana salah satunya ancaman gempabumi terus meningkat seiring waktu. Daerah yang berada di wilayah rawan bencana gempabumi ini harus siap menghadapi bencana tersebut terutama yang berdampak pada dunia pendidikan. Oleh karena itu, diperlukan inisiasi Sekolah/Madrasah Aman Bencana (SMAB) sebagai bagian dari kebijakan perlindungan anak dan hak anak yang menjelaskan bahwa anak berhak mendapatkan pendidikan dan pemerintah menjadi penanggungjawabnya. Penerapan Sekolah/Madrasah Aman Bencana tidak bisa berpijak pada satu ruang lingkup, tetapi diperlukan koordinasi lintas sektor, sehingga dapat menghasilkan kebijakan dan petunjuk teknis tentang SMAB yang menyeluruh. Petunjuk teknis ini menjadi acuan operasional komprehensif penerapan Sekolah/Madrasah Aman Bencana di daerah baik secara struktural maupun non struktural. Selain itu, koordinasi lintas sektor ini membentuk sekretariat nasional SMAB yang memiliki tugas untuk memetakan program sekolah aman diantara lintas sektor serta mengkoordinasikan pelaksanaan rencana aksi program SMAB tahun 2015 - 2019. Jumlah sekolah yang memerlukan penerapan SMAB tidak sebanding dengan kapasitas pemerintah. Oleh karena itu, untuk mengisi kekosongan tersebut, pemerintah membentuk fasilitator SMAB. Fasilitator tersebut terdiri dari individu-individu yang telah berkecimpung di pendidikan kebencanaan dan mempunyai kemampuan komunikasi yang baik terutama kepada anak-anak. Tugas fasilitator selain memberikan pertukaran pengetahuan dan mengimplementasikan SMAB di sekolah kepada warga sekolah, tetapi juga mengevaluasi dan memberikan rekomendasi hasil penerapan SMAB kepada sekretariat nasional. Oleh karena itu, dalam rangka pengurangan risiko bencana di sekolah, perlu adanya kerjasama antar semua pemangku kepentingan termasuk komunitas sekolah untuk mendukung keberlanjutan program SMAB. Selain itu, diharapkan sekolah yang sudah melaksanakan SMAB dapat memberi contoh kepada sekolah lain sebagai upaya pengurangan risiko bencana dan peningkatan kapasitas di sekolah.

Kata Kunci: sekolah/madrasah aman bencana, sekretariat nasional, fasilitator, bencana, risiko.

Abstract

The intensity of the disaster, especially earthquake is increasing dramatically. The area that lies on the earthquake prone area have to get ready to face the disaster that affected the education sector particularly. So, the initiation of safe schools from disaster is required as part of the Children's Rights and Protection policy that explain the children have the rights to get education, and the responsibilities are taken by the government. The Implementation of safe school from disasters can not depend on one aspect, but it needs multi-sectoral coordination. Otherwise, it can produce comprehensive policies and technical guidelines explaining about safe school from disaster implementation clearly. It can be used as operational procedures at local area both structural and non-structural implementation. Beside that, multi sectoral coordination formed national secretariat which have the duty to mapping safe school programs and coordinating the implementation of safe school workplan in 2015 - 2019. The number of schools target that require safe school implementation is not equal with the capacity of government, so to fulfill the gap, the government have an idea to create safe school facilitators. The facilitators are potential person who have been attracted

with disaster education and have well-communication skill especially with the children. The facilitator tasks are not only gives sharing knowledge and how the safe school program could be applied for school communities but also make some evaluation about the programs and recommendation to the national secretariat. Finally, in order to mainstream disaster risk reduction at school, need to cooperate among stakeholder include school communities to support safe school program continuity. Beside that, the school that have implemented safe school expected could give example about implementation of safe school as disaster risk reduction counter measure and enhance capacity at school.

Keywords: safe school from disaster, national secretariat, facilitator, disaster, risk.

1. PENDAHULUAN

Secara geografis, Indonesia terletak di antara pertemuan Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik yang membuat Indonesia menjadi rentan terhadap ancaman bencana geologis, salah satunya yaitu bencana gempa bumi. Hal ini menyebabkan Indonesia memiliki risiko bencana gempa bumi yang tinggi seperti terlihat pada Gambar 1. Gempa bumi yang terjadi di Indonesia selama ini sudah banyak menimbulkan korban jiwa dan kerugian ekonomi. Selain karena letak geografis, Indonesia juga berada di daerah tropis sehingga menyebabkan Indonesia juga rawan terhadap bencana hidrometeorologi.

Data dari Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan menyebutkan bahwa 75% dari total 355.270 bangunan sekolah/madrasah di Indonesia berada pada wilayah yang berisiko sedang hingga tinggi. Tingkat risiko tersebut dapat meningkat karena banyak bangunan sekolah/madrasah di Indonesia berusia tua, kurang perawatan dan tidak sedikit yang dibangun tanpa memerhatikan standar bangunan gedung.

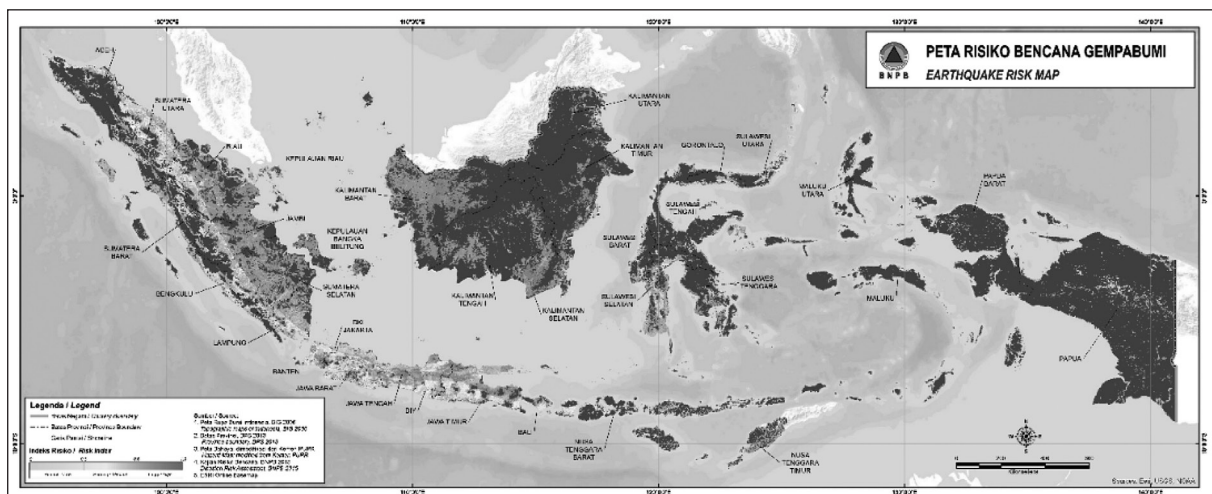
Sistem pendidikan di Indonesia merupakan yang terbesar keempat versi World Bank (2014), terdiri dari 50 juta murid, 4 juta guru, dan 355.000

sekolah di seluruh Indonesia. Contoh gempa bumi yang merusak sekolah seperti yang terjadi di Bener Meriah, Aceh Tengah pada tahun 2013 dengan kekuatan 6,1 SR, mengakibatkan 262 sekolah rusak. Salah satu contoh sekolah yang rusak terlihat pada Gambar 2. Jika diasumsikan dari satu sekolah berjumlah 100 orang murid, maka 26.200 siswa tidak dapat bersekolah.

Selain di Bener Meriah, gempa bumi yang merusak sekolah-sekolah di Indonesia seperti yang terjadi di Aceh pada tahun 2004 telah merusak 2.000 sekolah, gempa bumi di Sumatera Barat (2007 dan 2009) telah merusak 2.800 sekolah, gempa bumi di Tasikmalaya (2009) telah merusak 35 sekolah, gempa bumi di Mentawai (2010) merusak 7 sekolah, dan gempa bumi di Lombok Utara (2013) merusak 30 sekolah.

Bangunan sekolah yang tidak tahan terhadap efek getaran gempa bumi menambah rentan dari segi keamanan bagi warga sekolah terutama pada jam-jam sekolah karena dapat mengancam jiwa siswa siswi di sekolah. Kekhawatiran lainnya akibat dari bencana ini yakni rusaknya aset negara yang terkait dengan biaya untuk merehabilitasi bangunan sekolah yang memerlukan biaya yang cukup besar.

Upaya pemerintah untuk melindungi warga negaranya terhadap bencana melalui disusunnnya



Gambar 1. Peta Risiko Bencana Gempabumi Indonesia Tahun 2016 (BNPB, 2016).



Gambar 2. Akibat Gempabumi di Bener Meriah Tahun 2013 yang Merusak Sekolah

Undang-Undang No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana yang memuat tentang paradigma baru bahwa penanggulangan bencana harus dilakukan secara terencana, terpadu dan terkoordinasi. Salah satu aspek penting dalam penanggulangan bencana saat tidak terjadinya bencana yaitu pengurangan risiko bencana.

Pengurangan risiko bencana merupakan upaya proaktif dalam mengelola penanggulangan bencana, salah satunya melalui sektor pendidikan. Melalui pendidikan diharapkan agar upaya pengurangan risiko bencana dapat mencapai sasaran yang lebih luas dan dapat diperkenalkan secara lebih dini kepada seluruh peserta didik, dengan mengintegrasikan pendidikan pengurangan risiko bencana ke dalam kurikulum sekolah maupun ke dalam kegiatan ekstrakurikuler.

Pada Tahun 2010, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan menerbitkan surat edaran (SE) No. 70a/SE/MPN/2010 tentang Pengarusutamaan Pengurangan Risiko Bencana (PRB) di sekolah. SE tersebut ditujukan sebagai strategi pengarusutamaan PRB di sekolah dilakukan baik secara struktural dan non-struktural. Oleh karena itu, untuk mendukung program pendidikan dalam pengurangan risiko bencana, BNPB menerbitkan Peraturan Kepala (PERKA) BNPB No. 4 tahun 2012 tentang Pedoman Penerapan Sekolah/Madrasah Aman dari bencana (SMAB).

Penulisan makalah ini bertujuan sebagai inisiasi awal terhadap penerapan sekolah/madrasah aman bencana di sekolah-sekolah di kawasan nusantara sebagai perwujudan UU Penanggulangan Bencana dan Peraturan Kepala BNPB yang disebutkan sebelumnya. Hasil penulisan makalah ini diharapkan dapat menjadi tonggak awal untuk keberlanjutan program sekolah/madrasah aman bencana di daerah lainnya demi mewujudkan sekolah yang aman sebagai bagian dari pengurangan risiko bencana sesuai dengan cita-cita UU No. 24 Tahun 2007.

2. METODOLOGI

Penyusunan makalah ini disusun atas tahapan metodologi yang digunakan sebagai dasar penulisan, sebagai berikut:

2.1. Penyusunan Kebijakan

Penyusunan kebijakan terkait hak anak untuk mendapatkan perlindungan dan proses pendidikan yang aman, penanggulangan bencana serta pedoman teknis persyaratan fasilitas sekolah yang aman. Proses penyusunan kebijakan Pedoman Penerapan SMAB dalam hal ini Perka BNPB No.4 tahun 2012 dikoordinasikan oleh BNPB dengan melibatkan Kementerian/Lembaga lain dan lembaga-lembaga non pemerintah ditingkat nasional yang berkepentingan dengan SMAB melalui proses konsultasi dan koordinasi.

2.2. Penyusunan Modul atau Panduan

Modul atau panduan merupakan acuan operasional dalam implementasi Sekolah/Madrasah Aman Bencana. Salah satu modul yang menjadi acuan yakni Petunjuk Teknis Implementasi Sekolah/Madrasah Aman Bencana dalam Penguatan Kelembagaan Bidang PRB-BNPB tahun 2016. Penyusunan modul ini dilakukan beberapa tahapan dimulai dari diskusi internal Direktorat PRB - BNPB menyusun draf awal modul. Selang beberapa waktu, dilakukan koordinasi dan konsultasi yang melibatkan para pemangku kepentingan dari Kementerian/Lembaga, lembaga non pemerintah dan para praktisi yang terlibat dalam SMAB selama ini agar modul ini lebih komprehensif dan implementatif.

2.3. Pembentukan Sekretariat Sekolah/Madrasah Aman Bencana

Berkaca dari lembaga-lembaga yang sudah memiliki program pendidikan kebencanaan

namun belum ada sinergi untuk berkoordinasi, timbul inisiatif untuk membentuk suatu wadah koordinasi. Dimulai dari koordinasi beberapa kali hingga terbentuk pada 25 Agustus tahun 2011. Seiring berjalannya waktu, sekretariat SMAB telah terbentuk menjadi wadah perkumpulan teroganisir hingga saat ini. berada di bawah wewenang Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

2.4. Pelatihan Fasilitator dalam Implementasi Program Sekolah/ Madrasah Aman dari Bencana

Pada tahun 2015 dan 2016, BNPB bekerjasama dengan Lembaga-lembaga Non Pemerintah menyelenggarakan pelatihan untuk orang-orang yang sudah berkecimpung di dunia pendidikan kebencanaan dan perwakilan dari daerah-daerah yang akan melaksanakan SMAB. Meskipun pelatihan ini hanya diselenggarakan selama 5 hari, namun para fasilitator ini nantinya akan dilibatkan dalam pelaksanaan implementasi SMAB di daerah.

2.5. Melakukan Aksi Dimulai Dengan Penilaian Mandiri (Self Assessment)

Penilaian mandiri dilakukan untuk mengetahui apakah lokasi sekolah berada pada daerah yang memiliki risiko ancaman bencana yang tinggi, menengah dan rendah. Penilaian mandiri ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memberikan gambaran mengenai kondisi struktur dan non-struktur sekolah/madrasah aman dari bencana mengacu kepada kerangka kerja SMAB berdasarkan Perka BNPB No. 4 Tahun 2012.

Penilaian mendasar ini dibagi menjadi dua tahap yaitu pada tahap awal (*baseline*) dan tahap akhir (*endline*). Di antara kedua tahap penilaian mandiri tersebut, dilakukan sosialisasi tentang SMAB penyusunan kajian risiko di sekolah, penyusunan prosedur tetap penanggulangan bencana serta gladi/simulasi darurat kebencanaan di sekolah.

2.6. Melakukan Monitoring dan Evaluasi

Monitoring kegiatan SMAB ini berupa mengamati perkembangan pelaksanaan penerapan SMAB dan mengidentifikasi permasalahan yang timbul agar dapat diambil tindakan sedini mungkin. Monitoring dilakukan secara berkala agar dapat mengetahui realisasi pencapaian target keluaran (*output*) dan kendala yang dihadapi. Pelaksanaan monitoring juga menilai aspek konsistensi, koordinasi, konsultasi, kapasitas dan keberlanjutan dari pelaksanaan kegiatan.

Evaluasi kegiatan dilakukan untuk menilai aspek-aspek penerapan SMAB sesuai dengan indikator baik struktural maupun non struktural. Hasil dari evaluasi ini dapat digunakan untuk mengkategorikan tingkat keamanan setiap sekolah/madrasah terhadap bencana khususnya bencana gempabumi. Proses evaluasi yang dimaksud meliputi penilaian tingkat pemenuhan perencanaan dengan pelaksanaan penerapan SMAB, dan penilaian penerapan aspek dan kerangka kerja sekolah/madrasah aman dalam pelaksanaan rehabilitasi dan rekonstruksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kebijakan

Setiap anak berhak atas kelangsungan hidup, tumbuh dan berkembang, berpartisipasi serta berhak atas perlindungan yang menjadi tanggungjawab orangtua, keluarga dan masyarakat. Dalam rangka penyelenggaraan perlindungan anak, Negara, dan pemerintah turut bertanggung jawab dalam menyediakan fasilitas dan aksesibilitas bagi anak sesuai dengan UU Perlindungan anak No. 23 Tahun 2002 yang diperbaharui dengan UU No. 35 Tahun 2014. Salah satu hak anak turut diatur di Undang-undang Hak Asasi Manusia, UU No. 39 Tahun 1999 yang memuat hak anak untuk memperoleh pendidikan. Undang-undang tersebut menyebutkan bahwa setiap anak berhak untuk memperoleh pendidikan dan pengajaran dalam rangka pengembangan pribadinya sesuai dengan minat, bakat dan tingkat kecerdasannya.

Hak untuk mendapatkan perlindungan dan pendidikan menjadi hal yang tidak bisa dielakkan dengan kondisi wilayah di Indonesia yang rawan bencana. Anak-anak yang menghabiskan sebagian waktunya di sekolah sementara lokasi sekolahnya berada di daerah rawan bencana perlu mendapatkan perhatian serius semua pihak terutama pemerintah terkait bagaimana memberikan perlindungan sekaligus pemenuhan hak anak mendapatkan pendidikan dengan aman dan nyaman dalam proses belajar disekolah. Atas dasar itu, pada tahun 2010, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud) memprakarsai terbitnya Surat Edaran (SE) No. 70a/SE/MPN/2010 tentang Pengarusutamaan Pengurangan Risiko Bencana (PRB) di sekolah. Kebijakan ini juga menegaskan komitmen Indonesia dalam kampanye global 'Satu Juta Sekolah dan Rumah Sakit Aman'.

SE tersebut ditujukan kepada para Gubernur dan Bupati/Walikota di seluruh Indonesia dengan memperhatikan tiga poin penting yakni:

(1) perlunya penyelenggaraan penanggulangan bencana di sekolah; (2) pelaksanaan strategi pengarusutamaan PRB di sekolah dilakukan baik secara struktural dan non-struktural guna mewujudkan budaya kesiapsiagaan dan keselamatan di sekolah; dan (3) surat edaran ini adalah pedoman untuk melaksanakan strategi pengarusutamaan PRB di sekolah.

Guna mendukung gerakan SMAB, BNPB turut menerbitkan PERKA BNPB No.4 tahun 2012 tentang Pedoman Penerapan Sekolah/Madrasah Aman dari Bencana. Didalam Perka ini mengatur 2 pokok pembahasan:

1. Identifikasi lokasi sekolah/madrasah pada prioritas daerah yang rawan gempa dan tsunami.
2. Acuan dalam penerapan sekolah/ madrasah aman dari bencana baik secara struktural maupun non- struktural.

Penyusunan Perka berdasarkan serangkaian konsultasi dan koordinasi dengan para pemangku kepentingan yakni Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, Kementerian Agama, Kementerian Pekerjaan Umum dan BNPB sebagai instansi yang bertanggung jawab atas penerapan SMAB. Penerbitan PERKA ini juga merupakan aksi tindak lanjut dari *Hyogo Framework for Action* (HFA) tahun 2005-2015. HFA merupakan komitmen dari 168 negara di dunia untuk menciptakan ketahanan komunitas dan negara dari bencana melalui pelaksanaan PRB dalam lima area aksi prioritas.

Sebagai kelanjutannya, dalam *World Conference on DRR* di Sendai Jepang pada tahun 2015 dihasilkan pula *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*. Dimana implementasi program SMAB ini merupakan wujud komitmen dalam pelaksanaan *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*.

Acuan kebijakan yang terkandung dalam penerapan SMAB juga memenuhi aturan terkait fasilitas sekolah yang aman, seperti gedung, isinya dan halaman sekitarnya yang memenuhi persyaratan keselamatan, kesehatan, kemudahan termasuk kelayakan bagi anak berkebutuhan khusus, kenyamanan dan keamanan. Aturan tersebut merujuk pada Permen PU No 29/2006 dan Pedoman Teknis Rumah dan Bangunan Tahan Gempa yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum pada tahun 2006, SNI-1726-2002 dan Perka BNPB No. 4/2012 tentang Pedoman Penerapan Sekolah/Madrasah Aman Bencana serta Peraturan Menteri Pendidikan Nasional No. 24 Tahun 2007 tentang Standar Sarana dan Prasarana untuk Sekolah Dasar/ Madrasah Ibtidaiyah (SD/MI), Sekolah Menengah

Pertama/Madrasah Tsanawiyah (SMP/MTs), dan Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah (SMA/ MA).

Dari penjabaran di atas, dapat dilihat bahwa penerapan SMAB sudah berdasarkan kebijakan komprehensif yang saling melengkapi sehingga diharapkan dapat ditransformasikan menjadi program yang dapat dilaksanakan di daerah meskipun masih terbatas pada jenis ancaman gempa dan tsunami. Dan hal ini menjadi 'pekerjaan rumah' berikutnya untuk para pemangku kepentingan agar dapat memperbaharui kebijakan dengan mempertimbangkan jenis ancaman bencana lainnya.

3.2. Modul atau Panduan

Dalam penerapan SMAB, beberapa acuan operasional yang dapat menjadi pedoman pelaksanaan program ini, yakni sebagai berikut:

1. Lampiran SE Mendiknas tentang Strategi Pengarusutamaan Pengurangan Risiko Bencana di Sekolah.
2. Lampiran Perka BNPB No.4 tahun 2012 tentang Pedoman Penerapan Sekolah/ Madrasah Aman dari Bencana.
3. Modul 1 : Pilar 1 - Fasilitas Sekolah Aman.
4. Modul 2 : Pilar 2 - Manajemen Bencana di Sekolah.
5. Modul 3 : Pilar 3 - Pendidikan Pencegahan dan Pengurangan Risiko Bencana.
6. Road Map Sekolah/Madrasah Aman Bencana
7. Petunjuk Teknis Implementasi SMAB dalam Penguatan Kelembagaan Bidang PRB-BNPB.
8. Petunjuk Teknis Penerapan Sekolah/Madrasah Bagi Anak berkebutuhan khusus (di Sekolah Khusus dan regular).

Implementasi Sekolah/Madrasah Aman Bencana yang dilaksanakan oleh BNPB selama 2 tahun ini dimulai dari tahun 2015 di 10 Kabupaten/ Kota dan tahun 2016 di 12 Kabupaten/Kota merujuk pada petunjuk teknis Implementasi Sekolah/Madrasah Aman Bencana dalam Penguatan Kelembagaan Bidang PRB - BNPB dengan mengacu pada acuan operasional diatas. Berikut tahapan petunjuk teknis implementasi SMAB yang dilaksanakan di daerah (Tabel 1).

3.3. Pembentukan Sekretariat

Pada tahun 2010, Konsorsium Pendidikan Bencana (KPB) mendorong BNPB untuk membentuk Sekretariat Nasional Sekolah Aman (Seknas). Atas kesepakatan antar para pemangku kepentingan berbagai pihak, diantaranya Pemerintah (Kemdikbud, BNPB, KemPU), Mitra Pembangunan Internasional, NGO, Akademisi,

Tabel 1. Petunjuk Teknis Implementasi Sekolah/Madrasah Aman Bencana dalam Penguatan Kelembagaan Bidang PRB - BNPB

No	Aktivitas	Sasaran
1	<i>Workshop</i> Persiapan Penerapan SMAB <i>Stakeholders</i> Kebencanaan	<i>Stakeholders</i> Kebencanaan
2	Penilaian Mandiri Awal oleh Sekolah (<i>Baseline</i>)	Kepala sekolah/Wakasek, Tenaga Pendidik, Tenaga Kependidikan, Komite Sekolah, Siswa dan unsur terkait lainnya
3	Pelatihan Tenaga Pendidik, Tenaga Kependidikan, Komite Sekolah dan Pemerintah Desa	Tenaga Pendidik, Tenaga Kependidikan, Komite Sekolah dan Pemerintah Desa
4	Pelatihan Anak/Siswa	Siswa
5	<i>Workshop</i> Kajian Risiko Bencana Partisipatif	Tenaga Pendidik, Tenaga Kependidikan, Komite Sekolah, Siswa dan unsur terkait lainnya
6	<i>Workshop</i> Penyusunan Rencana Aksi dan Pembentukan Tim Siaga Bencana sekolah	Tenaga Pendidik, Tenaga Kependidikan, Komite Sekolah dan unsur terkait lainnya
7	<i>Workshop</i> Pembuatan Prosedur Tetap Tanggap Darurat Bencana Sekolah, Peta Jalur Evakuasi, Rambu Evakuasi, Titik Kumpul Dan Pembuatan Media Publikasi Sekolah	Tenaga Pendidik, Tenaga Kependidikan, Komite Sekolah dan unsur terkait lainnya
8	Simulasi Kesiapsiagaan di lingkungan sekolah	Tenaga Pendidik, Tenaga Kependidikan, Komite Sekolah, pemerintah desa, masyarakat dan unsur terkait lainnya
9	Penilaian Mandiri Akhir (<i>Endline</i>)	Tenaga Pendidik, Tenaga Kependidikan, Komite Sekolah, dan unsur terkait lainnya
10	<i>Workshop</i> Hasil Evaluasi Pelaksanaan dan Rencana Tindak Lanjut	Tenaga Pendidik, Tenaga Kependidikan, Komite Sekolah, BPBD, Dinas Pendidikan/Kandepag, Legislatif dan unsur terkait lainnya

Praktisi Pendidikan, masyarakat dan Media, Seknas SMAB terbentuk pada tanggal 25 Agustus tahun 2011. Pada tahap awal Seknas SMAB dibentuk, disepakati akan dikelola secara independen dengan diketuai oleh Ibu Yanti Sriyulianti dari Perkumpulan Keluarga Peduli Pendidikan. Namun, pada tanggal 20 Juni tahun 2013, berdasarkan koordinasi antar pejabat eselon 2 diantaranya, BNPB, Kementerian Agama, Kementerian Dalam Negeri, KemenPU, dan Kementerian Kesehatan, disepakati pengelolaan Seknas dialihkan ke Direktorat Pengurangan Risiko Bencana - BNPB. Dan pada tahun 2015, BNPB secara resmi menyerahkan aktivasi Seknas Sekolah Aman kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.

Seknas SMAB terdiri dari lintas sektoral (Kementerian/ Lembaga/ Instansi) dengan melibatkan secara langsung maupun tidak langsung dan secara fungsional dari jabatan yang melekat dalam rangka menyukseskan program dan target penerapan SMAB.

Seknas SMAB ini memiliki tugas untuk memetakan program sekolah aman diantara lintas sektor serta mengkoordinasikan pelaksanaan rencana aksi program smab tahun 2015 - 2019. Pemetaan program lintas sektor ini memudahkan

Kementerian/Lembaga untuk menerapkan program SMAB tanpa *overlapping* lokasi penerapannya. Meskipun hingga saat ini, belum maksimal informasi terkait lokasi penerapan antar stakeholders yang sudah menerapkan SMAB dikarenakan masih sulitnya koordinasi lanjutan antar Kementerian/ Lembaga maupun Lembaga Non Pemerintah untuk saat ini.

3.4. Pelatihan Fasilitator

Implementasi program SMAB perlu melibatkan individu-individu yang memiliki komitmen dalam pendidikan kebencanaan. Hal ini dikarenakan keterlibatan mereka diharapkan tidak hanya pada saat pelaksanaan program tapi juga dapat 'menularkan' pengetahuan dan perubahan akan paradigma mengenai bencana ke institusi pendidikan di daerah yang bersangkutan. Dengan kata lain, individu-individu tersebut dapat menjadi *agent of change* dalam pendidikan kebencanaan yang berorientasi pada pengurangan risiko bencana.

Individu-individu ini dibedakan menjadi 2 kategori yakni, individu-individu yang ditunjuk langsung oleh BNPB karena dinilai kompeten dan telah berkecimpung dalam proses inisiasi

awal SMAB atau disebut kategori nasional dan individu-individu yang merupakan representasi dari daerah-daerah yang akan melaksanakan program SMAB atau disebut kategori daerah. Mereka akan mendapatkan sosialisasi atau pelatihan untuk menjadi fasilitator penerapan SMAB oleh BNPB yang bekerjasama dengan Lembaga Non-Pemerintah. Dengan adanya sosialisasi tersebut, mereka mendapatkan peran baru sebagai fasilitator seperti yang dikatakan Merton (1964), mereka telah melalui sosialisasi antisipatoris (*anticipatory socialization*) dimana merupakan bentuk sosialisasi sekunder yang mempersiapkan seseorang untuk peran yang baru.

Fasilitator nasional dan daerah yang sudah terbentuk memiliki kewajiban untuk bekerjasama dengan warga sekolah dalam memfasilitasi perwujudan SMAB sesuai dengan sasaran yang telah ditentukan. Tak hanya itu, mereka pun diharapkan dapat membangun komitmen dan kesepakatan dengan sekolah dan pemerintah

daerah untuk keberlanjutan program penerapan Sekolah/Madrasah Aman Bencana di daerah. Pelatihan fasilitator yang sudah dilaksanakan pada tahun 2015 dan 2016 ini telah membentuk 9 fasilitator nasional dan 30 fasilitator daerah. Berikut merupakan dokumentasi pelatihan fasilitator Sekolah/Madrasah Aman Bencana tahun 2015 dan 2016 (Gambar 3 dan Gambar 4).

3.5. Penilaian Mandiri (*Self Assessment*)

Penilaian mandiri idealnya dilaksanakan pada tahap perencanaan yaitu pada saat penentuan lokasi pembangunan sekolah. Penilaian mandiri dimaksudkan untuk mengetahui apakah lokasi sekolah berada pada daerah yang memiliki risiko bencana tinggi, menengah dan rendah, dimana dapat mengacu kepada peta risiko yang diterbitkan oleh BNPB atau BPBD.

Tidak hanya terkait struktur bangunan sekolah, tetapi perlu diketahui juga terkait pemahaman warga sekolah tentang pengetahuan



Gambar 3. Pelatihan Fasilitator Penerapan Sekolah/Madrasah Aman Bencana Tahun 2015.



Gambar 4. Diskusi Para Fasilitator Saat Pelatihan Fasilitator SMAB Tahun 2015 di Jakarta.

penanggulangan bencana di sekolah, upaya pembuatan kebijakan, kampanye penyadaran masyarakat dalam membangun sikap dan tindakan kesiapsiagaan kepada seluruh warga sekolah/madrasah dalam menghadapi bencana.

Salah satu tahapan awal dalam penerapan SMAB yang dilaksanakan disekolah adalah penilaian mandiri yang dilakukan bersama oleh tim warga sekolah dengan fasilitator nasional dan daerah. Penilaian mandiri ini dilakukan dua tahap yaitu pada tahap awal dan akhir. Sebelum dilakukan penilaian mandiri awal, perlu dilakukan diskusi dengan guru, komite sekolah dan masyarakat di sekitar sekolah. Hasil yang kita dapatkan antara lain (1) Pendataan murid, guru, non guru, komite, masyarakat dan pemangku wilayah dimana sekolah itu berada; (2) Pendataan SKPD yang terlibat (Diknas, Depag, Desa, Kecamatan, Bappeda, Cipta Karya, Bina Marga, Kepolisian, TNI, dll); (3) Pendataan Dunia Usaha; (4) Pendataan Akademisi.

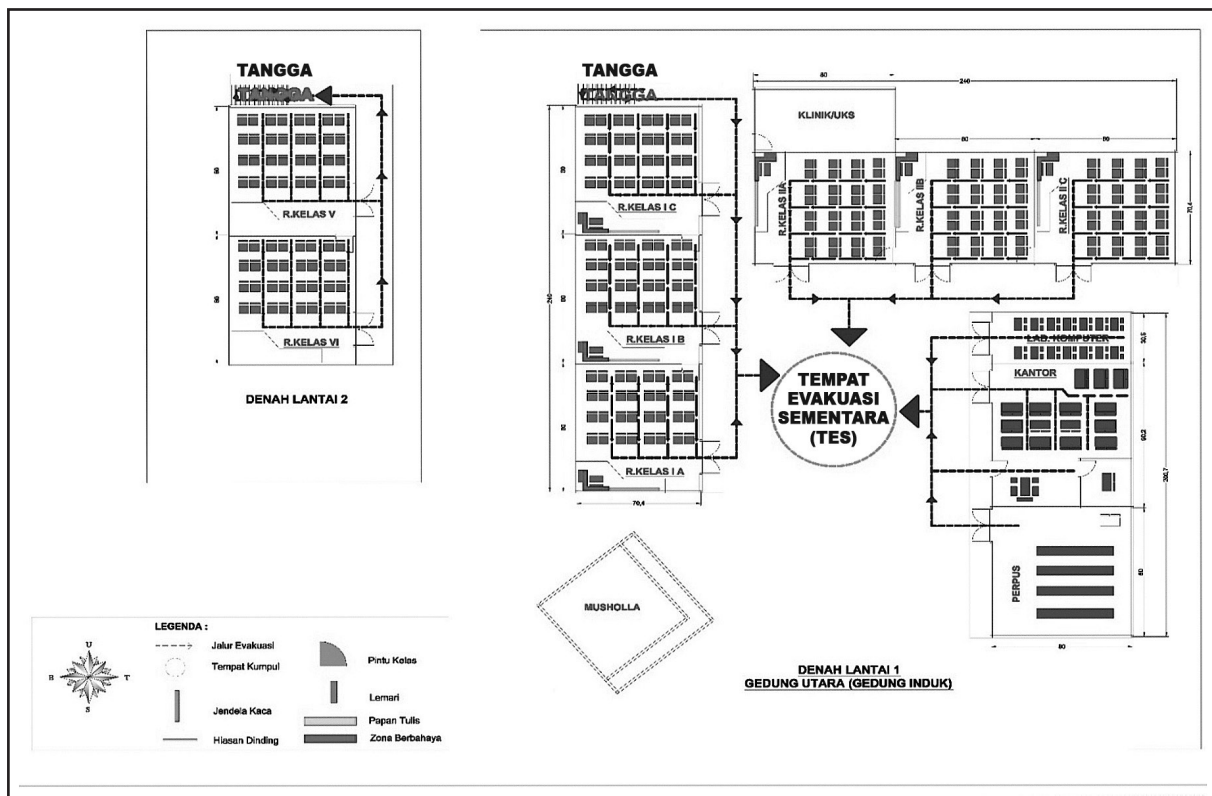
Tahap selanjutnya yaitu mengidentifikasi penilaian mandiri awal tentang aspek kebencanaan di sekolah/madrasah. Dari hasil *baseline* ini dapat diketahui gambaran sekolah/madrasah tersebut sehingga untuk memulai kegiatan SMAB dapat mengacu dari hasil penilaian awal. Selanjutnya, warga sekolah melakukan kajian risiko bersama-sama baik antara murid-murid, guru, komite sekolah, para fasilitator maupun pihak terkait

lainnya. Hasil yang didapat adalah potensi ancaman, kerentanan, kapasitas, dan tingkat risiko bencana di sekolah. Contoh hasil penilaian awal seperti terlihat pada Gambar 6 yang buat oleh siswa-siswi SDN Wanasuka Bandung.

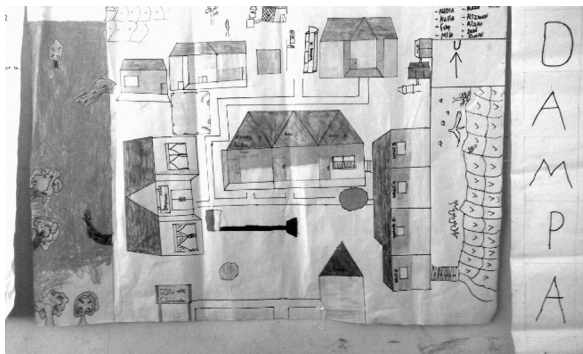
Dari hasil kajian tersebut, dibuatlah peta risiko bencana di sekolah serta rekomendasi kebijakan-kebijakan di sekolah terhadap penanggulangan bencana. Salah satu yang dihasilkan dari kegiatan ini yaitu munculnya denah evakuasi dimana salah satu contohnya dibuat oleh warga MIN Sidoharjo Pacitan pada tahun 2016, seperti Gambar 5.

Tahap keempat, disusunlah prosedur tetap di sekolah/madrasah yang kemudian dilanjutkan dengan gladi lapang dengan melibatkan semua elemen yaitu murid, guru, komite sekolah, masyarakat dan pemangku wilayah. Penyusunan kesepakatan, kebijakan dan aturan bersama yang disesuaikan dengan wewenang dan tanggung jawab masing-masing berdasarkan hasil tahapan sebelumnya. Kemudian disusunlah rencana aksi SMAB yang dibagi dalam jangka pendek dan jangka panjang sesuai dengan prosedur dan kewenangan masing-masing lembaga terkait serta disusun pula rencana kontijensi yang disepakati oleh para pihak sekolah.

Terakhir, dilakukan penilaian mandiri akhir (*endline*) di sekolah. Hasil penilaian mandiri baik awal maupun akhir dapat dilihat pada



Gambar 5. Contoh Denah dan Jalur Evakuasi di MIN Sidoharjo Pacitan.



Gambar 6. Penilaian Mandiri Tahap Awal yang Digambar oleh Para Siswa Kelas 3 - 5 SDN Wanasuka, Kab. Bandung.

Tabel 2. Tabel tersebut memuat hasil penilaian awal sekolah dan setelah sekolah diberikan implementasi smab kepada para warga sekolah sesuai dengan tahapan-tahapan dan kerangka kerja SMAB. Dari Tabel 2 tersebut dapat dilihat bahwa terdapat perubahan dari beberapa aspek terkait kebencanaan di sekolah yang tentu saja dapat mengurangi risiko bencana di sekolah.

3.6. Monitoring dan Evaluasi

Selama pelaksanaan SMAB di sekolah, harus mempertimbangkan nilai-nilai seperti (a) Perubahan budaya; (b) Berorientasi pemberdayaan; (c) Kemandirian; (d) Pendekatan berbasis hak; (e) Keberlanjutan; (f) Kearifan lokal; (g) Kemitraan; (h) Inklusivitas. Selain itu, SMAB juga memiliki beberapa prinsip yaitu: (a) Berbasis hak; (b) Interdisiplin dan menyeluruh; (c) Komunikasi antar budaya. Oleh karena itu, peran pemangku kepentingan SMAB sangat penting dalam mencapai nilai-nilai di atas. Berdasarkan prinsip dan nilai-nilai SMAB tersebut, pelaksanaan kegiatan SMAB sebaiknya disesuaikan pula dengan kondisi dan tradisi masyarakat di daerah.

Hasil akhir implementasi SMAB harus dievaluasi sebagai pembelajaran untuk perbaikan program-program ke depan. Beberapa hal yang harus diperhatikan adalah bagaimana caranya SMAB ini menjadi salah satu prioritas kegiatan di daerah dan peningkatan kapasitas fasilitator-fasilitator SMAB baik nasional maupun daerah. Tak hanya itu, koordinasi antara pemangku kepentingan juga perlu ditingkatkan, salah satunya caranya melalui Sekretariat Nasional SMAB. Modul yang telah dibuat maupun kebijakan saat ini harus dikaji ulang sesuai dengan praktik yang ditemui di daerah baik yang telah dilakukan oleh pemerintah, masyarakat, lembaga usaha maupun NGO.

Salah satu agenda yang dapat dilakukan dalam mengakomodasi evaluasi kegiatan SMAB adalah *workshop* tindak lanjut. Tujuan *workshop*

ini adalah untuk mengevaluasi kegiatan yang telah dilaksanakan maupun menindaklanjuti rencana yang akan dibuat kedepan agar penerapan program SMAB tetap berkelanjutan. Berikut *workshop* tindak lanjut yang dilaksanakan pada tahun 2016 dimana hal menarik dari *workshop* yang telah dilaksanakan di Kota Samarinda (SMP 17 Sungai Kapih) adalah pelibatan murid-murid dalam menyuarakan pendapatnya atas pelaksanaan program SMAB di sekolahnya.

4. KESIMPULAN

Sekolah/Madrasah Aman Bencana terbentuk berdasarkan pada data secara geografis maupun iklim tropis bahwa wilayah Indonesia berada di wilayah rawan bencana yang turut ditunjukkan dengan intensitas meningkatnya kejadian bencana di wilayah ini. Alhasil, kebutuhan akan program Sekolah/ Madrasah ini tidak dapat ditawar lagi keberadaannya. Merujuk pada perlindungan untuk generasi penerus bangsa, dimana telah diatur dalam UU, terbitlah kebijakan-kebijakan terkait pendidikan kebencanaan hingga tercipta Sekolah/Madrasah Aman Bencana (SMAB).

Dalam penerapan SMAB, baik BNPB maupun Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan bersama Kementerian/Lembaga lain menyusun kebijakan dan modul sebagai acuan operasional pelaksanaan SMAB di daerah. Namun, banyaknya instansi yang turut mengimplementasikan SMAB serta agar tercipta koordinasi antar stakeholder, maka dibentuklah Sekretariat Nasional SMAB pada tahun 2011. Diharapkan kedepannya, Seknas SMAB ini dapat memwadahi koordinasi antar pemangku kepentingan dan memetakan lokasi-lokasi penerapan SMAB agar tidak terjadi *overlapping* di daerah.

Target sasaran sekolah-sekolah yang harus menerapkan program ini menjadi persoalan lain dikarenakan jumlah sekolah yang berada di

Tabel 2. Hasil Penilaian Awal (Identifikasi) Kapasitas MIN Sidoharjo Pacitan

Informasi Umum

Nama Sekolah : MI Negeri Kelurahan Sidoharjo

Alamat : Jl. WR. Supratman No.18 Kel. Sidoharjo Kecamatan Pacitan (63514)

Indikator	Sub Indikator	Hasil Penilaian Awal (<i>Baseline</i>)	Hasil Penilaian Akhir (<i>Endline</i>)
LOKASI AMAN DARI BENCANA	Sejarah Bencana Alam	- Sekolah tidak memiliki sepadan bangunan	- Sekolah tidak memiliki sepadan bangunan
	Kondisi Sekolah/ Madrasah Terhadap Paparan Bencana Gempabumi	- Sekolah belum memiliki tanda jalur evakuasi yang standar dan	- Sekolah sudah memiliki tanda jalur evakuasi yang standar
STRUKTUR BANGUNAN	Pondasi dan balok	- Bangunan sekolah sudah dibangun menggunakan struktur pondasi yang kuat dan baik sesuai ketentuan bangunan.	- Bangunan sekolah sudah dibangun menggunakan struktur pondasi yang kuat dan baik sesuai ketentuan bangunan.
	Kolom	- Bangunan sekolah memiliki kolom namun ada kondisi yang sudah rusak	- Kolom yang rusak sudah di perbaiki sebagian (<i>retrofitting</i>)
	Dinding	- Dinding sekolah terbuat dari bahan batu dan pasir dan mungkin terjadi keretakan jika ada getaran kuat	- Dinding sekolah terbuat dari bahan batu dan pasir dan mungkin terjadi keretakan jika ada getaran kuat
	Atap	- Atap terbuat dari genting cetak yang berat tidak ringan - Terdapat penghubung atap yang rusak dan mudah jatuh	- Atap terbuat dari genting cetak yang berat tidak ringan - Penghubung atap yang rusak diperbaiki sebagian
DESAIN DAN PENATAAN KELAS	Sekolah	- Dinding partisi sudah terikat kuat dan baik - Plafon ada yang retak belum dilekatkan dengan kuat - Pintu kelas sudah terbuka lebar keluar ruangan	- Dinding partisi sudah terikat kuat dan baik - Plafon yang retak sudah dilekatkan dengan kuat - Pintu kelas sudah terbuka lebar keluar ruangan
	Sekitar	- Terdapat tempat evakuasi yang luas dan terbuka	- Terdapat tempat evakuasi yang luas dan terbuka
DUKUNGAN SARANA DAN PRASARANA	Perabotan	- Rak buku, <i>filing cabinet</i> belum dikaitkan kuat dengan dinding - Tidak semua almari tertutup dan belum ada penyangga buku - Sudut meja masih lancip, belum ramah anak	- Rak buku, <i>filing cabinet</i> sudah dikaitkan kuat dengan dinding - Hampir semua almari tertutup dan sudah ada penyangga buku - Sudut meja sudah ditumpulkan
	Utilitas lainnya	- Belum memiliki APAR	- Sudah memiliki APAR
PENGETAHUAN, SIKAP DAN TINDAKAN		- Sekolah belum mengintegrasikan pendidikan kebencanaan di seluruh mata pelajaran yang ada	- Sekolah sudah mengintegrasikan pendidikan kebencanaan di beberapa mata pelajaran yang ada
KEBIJAKAN SEKOLAH/ MADRASAH		- Program PRB belum termasuk dalam visi dan misi sekolah	- Program PRB dimasukkan dalam visi dan misi sekolah
PERENCANAAN KESIAPSIAGAAN		- Sekolah belum memiliki dokumen kajian risiko bencana sekolah (profil Risiko) - Belum ada Tim Siaga Bencana di sekolah - Sekolah belum memiliki Protap sekolah untuk menghadapi ancaman bencana - Belum ada peta/denah evakuasi di sekolah	- Sekolah sudah memiliki dokumen kajian risiko bencana sekolah (profil Risiko) - sudah ada Tim Siaga Bencana di sekolah - Sekolah sudah memiliki Protap sekolah untuk menghadapi ancaman bencana - Sudah ada peta/denah evakuasi di sekolah
MOBILISASI SUMBERDAYA		- Sekolah belum memiliki peralatan evakuasi (tandu, tenda, talidll) - Anak-anak belum dilibatkan dalam perencanaan PRB di sekolah	- Sekolah sudah memiliki peralatan evakuasi (tandu, tenda, talidll) - Anak-anak dilibatkan dalam perencanaan PRB di sekolah

lokasi rawan bencana tidak sebanding dengan jumlah personil di BNPB. Oleh karena itu, BNPB mengadakan pelatihan untuk individu-individu yang sudah berkecimpung dalam pendidikan kebencanaan serta perwakilan dari daerah untuk dilatih menjadi fasilitator nasional dan daerah dalam penerapan SMAB. Diharapkan dengan fasilitator-fasilitator yang terbentuk, para fasilitator ini tidak hanya menjadi 'kepanjangan tangan' BNPB di daerah tapi juga dapat menjadi *agent of change* dalam mentransformasikan pengarusutamaan Pengurangan Risiko Bencana ke berbagai daerah-daerah.

Warga sekolah melakukan penilaian mandiri pada tahap awal dan akhir dengan tahapan dimulai dari penilaian struktur bangunan sekolah, denah sekolah, prosedur tetap, rencana aksi, peta sekolah, pelaksanaan SMAB hingga penilaian akhir. Dalam rangka mencapai peningkatan mutu penerapan SMAB agar tercapai sesuai sasaran, perlu dilakukan monitoring dan evaluasi. *Workshop* tindak lanjut dapat menjadi agenda evaluasi untuk mengetahui proses pelaksanaan serta tindak lanjut program SMAB ini di sekolah.

Terlaksananya program SMAB di sekolah sebagai salah satu upaya pengurangan risiko bencana dan peningkatan kapasitas warga sekolah diharapkan dapat menjadi pertimbangan untuk sekolah tersebut dapat mandiri melanjutkan penerapan SMAB ini kedepannya. Sehingga sekolah tersebut dapat memberi contoh untuk direplikasi oleh sekolah lain dalam penerapan SMAB secara mandiri.

2. Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2012, Peraturan Kepala BNPB No. 4 Tahun 2012 Tentang Pedoman Penerapan Sekolah/Madrasah Aman dari Bencana. Jakarta: BNPB
3. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2010, Surat Edaran (SE) No. 70a/SE/MPN/2010 Tentang Pengarusutamaan PRB di Sekolah. Jakarta: Kemendikbud
4. Kementerian Pekerjaan Umum, 2006, Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 29/PRT/M/2006 Pedoman Persyaratan Bangunan Gedung. Jakarta: KemenPU.
5. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan, 2007, Peraturan Menteri Pendidikan Nasional No. 24 Tahun 2007 Tentang Standar Sarana dan Prasarana untuk Sekolah. Jakarta: Kemendikbud
6. Merton, R. K., 1964, *Social Theory and Social Structure*, Revision Edition. New York: The Free Press.
7. Republik Indonesia, 2014, Undang-Undang Nomor 35 Tahun 2014 Tentang Perubahan Atas Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2002 Tentang Perlindungan Anak, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5606. Jakarta: Sekretariat Negara.
8. Republik Indonesia, 1999, Undang-Undang Nomor 39 tahun 1999 Tentang Hak Asasi Manusia, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3886. Jakarta: Sekretariat Negara.
9. World Bank, 2014, Annual Report 2014. World Bank.

DAFTAR PUSTAKA

1. Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2016, Risiko Bencana Indonesia. Jakarta: BNPB.

Diterima: 2 Juni 2016

Disetujui setelah revisi: 5 Oktober 2016

KAJIAN KAPASITAS DAN PERSEPSI MASYARAKAT TERHADAP BENCANA TANAH LONGSOR DI DESA MARGAMUKTI, KECAMATAN PANGALENGAN, KABUPATEN BANDUNG

STUDY OF CAPACITY AND COMMUNITY PERCEPTION TOWARDS LANDSLIDE DISASTER IN MARGAMUKTI VILLAGE, PANGALENGAN SUB DISTRICT, BANDUNG DISTRICT

Novian Andri Akhirianto dan Heru Sri Naryanto

Pusat Teknologi Reduksi Risiko Bencana, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)
Jl. MH. Thamrin 8, Jakarta; Gedung Geostech, PUSPIPTEK, Serpong,
Kota Tangerang Selatan
e-mail: novian.andri@bppt.go.id

Abstrak

Jawa Barat merupakan salah satu wilayah yang memiliki potensi bencana alam yang tinggi, terutama bencana tanah longsor. Pada tanggal 5 Mei 2015 terjadi bencana tanah longsor yang menyebabkan korban jiwa di Pangalengan. Masyarakat yang tingkat kesadaran atau pemahamannya tinggi akan lebih siap dalam menghadapi bencana alam tanah longsor, karena hal tersebut merupakan bagian dari kapasitas mereka. Kapasitas masyarakat dapat ditinjau dari tingkat pengetahuan, kesiapsiagaan dan partisipasi masyarakat. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa masyarakat Pangalengan masih sangat perlu adanya intervensi, terkait kegiatan untuk meningkatkan kapasitas masyarakat dalam rangka menghadapi bencana tanah longsor.

Kata Kunci: tanah longsor, kapasitas masyarakat, pengetahuan, kesiapsiagaan, partisipasi masyarakat, intervensi.

Abstract

West Java is one of the areas which have high potential for natural disaster, especially landslide. On May 5, 2015 landslide occurred that caused fatalities in Pangalengan. Communities with high level of awareness or understanding will be better prepared in the face of landslides, because it is a part of their capacity. Community capacity can be viewed from the level of knowledge, preparedness and community participation. From the results of this study indicate that community of Pangalengan still badly in need of intervention, especially in the form activities that can increase community capacity in order to deal with landslide.

Keywords: landslide, community capacity, knowledge, preparedness, community participation, intervention.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tanah longsor atau gerakan tanah adalah suatu konsekuensi fenomena dinamis alam untuk mencapai kondisi baru akibat gangguan keseimbangan lereng yang terjadi, baik secara alamiah maupun akibat ulah manusia. Tanah longsor akan terjadi pada suatu lereng jika ada keadaan ketidakseimbangan yang menyebabkan terjadinya suatu proses mekanis, mengakibatkan sebagian dari lereng

tersebut bergerak mengikuti gaya gravitasi, dan selanjutnya setelah terjadi tanah longsor, lereng akan seimbang atau stabil kembali. Jadi tanah longsor merupakan pergerakan massa tanah atau batuan menuruni lereng mengikuti gaya gravitasi akibat terganggunya kestabilan lereng. Apabila massa yang bergerak pada lereng didominasi oleh tanah dan gerakannya melalui suatu bidang pada lereng, baik berupa bidang miring maupun lengkung, maka proses pergerakan tersebut disebut sebagai longsor tanah.

Pada prinsipnya tanah longsor dapat

terjadi karena terganggunya kestabilan lereng tanah/batuan. Terjadinya gangguan ini karena adanya faktor-faktor pengontrol dan adanya proses pemicu. Faktor pengontrol adalah faktor-faktor yang memengaruhi kondisi material itu sendiri seperti kondisi geologi, kemiringan lereng, litologi, sesar dan kekar pada batuan. Faktor pemicu gerakan adalah penyebab langsung, yaitu proses-proses yang merubah kondisi lereng dari rentan menjadi kondisi benar-benar bergerak setelah melampaui kondisi kritis, seperti curah hujan, gempabumi, erosi kaki lereng dan aktivitas manusia (Naryanto, 2013).

Jawa Barat memiliki merupakan wilayah yang memiliki topografi tinggi, menjadikan bencana tanah longsor sering terjadi di wilayah Jawa Barat. Namun demikian, kelerengan bukan merupakan satu-satunya penyebab terjadinya tanah longsor. Secara umum faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya longsor dapat disebabkan oleh faktor alam serta faktor manusia.

Wilayah Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung, merupakan daerah bentang alam pegunungan maupun perbukitan yang sebagian besar memiliki sudut kemiringan lereng yang cukup terjal dengan kondisi geologi, lahan, curah hujan, tanah, keairan yang dapat mendukung proses terjadinya bencana alam longsor. Pada tanggal 5 Mei 2015 terjadi bencana tanah longsor, tepatnya di Kampung Cibitung, Desa Margamukti, Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung. Selain menyebabkan korban jiwa, bencana tanah longsor tersebut juga mengakibatkan pipa aliran uap panas bumi milik PT. Star Energy Geothermal (Star Energy Wayang Windu Geothermal LTD) meledak dan terputus. Lokasi tanah longsor dilalui oleh saluran pipa uap air panas bumi untuk menyuplai pembangkit listrik tenaga geothermal Wayang Windu yang dioperasikan oleh PT. Star Energy. Pembangkit listrik ini merupakan pembangkit listrik geothermal terbesar di Indonesia. Pembangkit Listrik Wayang Windu menggunakan 2 unit fasilitas pembangkit geothermal yang berkapasitas 110 MW dan 117 MW dengan total kapasitas 227 MW.

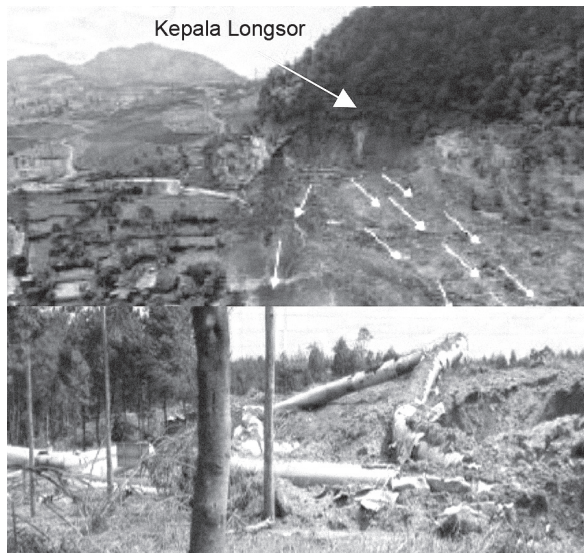
Ditinjau dari letak ketinggian Kampung Cibitung, Desa Margamukti, Kecamatan Pangalengan, berada kawasan dataran tinggi dengan rentang elevasi dari +600 dpl hingga +2700 dpl. Jika ditinjau dari kemiringan lereng lahan, didominasi kemiringan lereng agak curam hingga sangat curam (25° - $>40^{\circ}$). Ditinjau dari potensial rawan bencana, untuk wilayah hulu dengan dengan kemiringan lahan $> 40^{\circ}$ maka merupakan kawasan rawan longsor dan tingkat erosi yang tinggi.

Bencana tanah longsor yang terjadi berupa longsor bahan rombakan pada tebing yang menimbun pemukiman. Longsor terjadi pada lereng barat daya Gunung Wayang. Gunung Wayang tersusun oleh batuan berupa satuan batuan andesit Waringin-Bedil, Malabar Tua yang terdiri dari perselingan lava, breksi dan tuf (komposisi andesit piroksen dan hornblende). Selain satuan batuan tersebut, Gunung Wayang juga kontak dengan satuan endapan Rempah Lepas Gunungapi Tua Tak Terurai berupa Tuf hablur halus-kasar dasitan, breksi tufan mengandung batuapung dan endapan lahar tua bersifat andesit-basalt. Dari pengamatan lapangan terlihat bahwa lereng longsor tersusun oleh breksi, tuf dan lapukannya. Struktur geologi yang berkembang di daerah Margamukti cukup intensif, yang berkembang sesar-sesar geser dan sesar normal. Di selatan Gunung Wayang, terdapat kontak struktur antara satuan batuan Andesit Waringin-Bedil dengan satuan batuan gunungapi muda: eflata dan lava aliran bersusunan andesit basalt produk Gunung Wayang. Karena berupa bidang-bidang diskontinu, maka struktur geologi juga sangat berperan meningkatkan kerawanan longsor pada suatu daerah (Prawiradisastira *et al*, 2015).

Berdasarkan hasil survei lapangan, jenis tanah longsor berupa nendatan, dengan arah N 270° E dan retakan yang mengarah ke pipa (arah N 310° E) dengan ukuran panjang 150 m, dan lebar 253 m dengan lebar retakan 20 - 30 cm, yang disertai nendatan berarah barat. Permukiman penduduk berada pada bagian bawah gerakan tanah yang berjarak sekitar 200 m dari kaki longsor.

Dampak kejadian gerakan tanah hasil pemeriksaan pada tanggal 2 Mei 2015 adalah kerusakan pada penyangga beton pipa retak-retak dan pipa penyaluran panas bumi melengkung di wilayah kerja PT. Star Energy. Jika gerakan tanah ini terus berkembang, diperkirakan pipa tersebut putus dan mengalami kebocoran sehingga dampak uap panas bumi dari pipa yang bocor dapat mengancam permukiman yang dihuni oleh 52 KK atau 200 jiwa (1 kampung)(PVMGB, 2015).

Longsor Pangalengan menyisakan kenampakan beberapa mahkota longsor, bahkan ada 6 lekuk mahkota longsor dan satu kepala longsor yang relatif utuh. Berdasarkan kenampakan tumpang tindihnya material longsor, menunjukkan bahwa peristiwa antar lekuk mahkota terjadi tidak secara bersamaan, mungkin dalam hitungan jeda waktu beberapa saat atau mungkin juga beberapa hari. Berdasarkan pengamatan lapangan, nampak ada perkembangan munculnya rekahan-rekahan baru pada sisi samping dan atas dari mahkota longsor.



Gambar 1. Awal Kejadian Tanah Longsor Dengan Arah Gerakan Longsoran serta Kerusakan Saluran Pipa Uap Air Panas Bumi PT. Star Energy Geothermal

Longsoran tanah telah lama menjadi perhatian banyak ahli karena dampaknya banyak menimbulkan korban jiwa maupun kerugian harta benda. Tidak jarang permukiman yang dibangun di sekitar perbukitan kurang memperhatikan masalah kestabilan lereng, struktur batuan, dan proses geologi yang terjadi di kawasan tersebut sehingga secara tidak sadar risiko longsoran tanah setiap saat mengancam jiwanya. Tingkat kesadaran masyarakat dalam memahami kondisi rawan bencana alam di wilayahnya merupakan salah satu upaya dalam menghindari atau memperkecil resiko bencana alam. Masyarakat yang tingkat kesadaran/pemahamannya tinggi akan lebih siap dalam menghadapi bencana alam tanah longsor, sedangkan sebaliknya masyarakat yang tingkat kesadaran/ pemahamannya rendah akan rentan/kurang siap terhadap terjadinya bencana alam, khususnya tanah longsor (Naryanto, 2013).

1.2. Tujuan

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengkaji kapasitas masyarakat di lokasi penelitian dalam menghadapi bencana tanah longsor, meliputi pengetahuan, kesiapsiagaan dan partisipasi masyarakat, serta untuk mengetahui persepsi masyarakat dengan menggali apa saja yang menjadi harapan (*expectation*) masyarakat yang berada di daerah terdampak bencana tanah longsor Pangalengan.

2. METODOLOGI

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam jangka waktu 6 Juli 2015 sampai dengan 9 Juli 2015. Metode penelitian yang digunakan adalah studi kasus. Menurut Nazir (1983), penelitian studi kasus adalah penelitian tentang status subjek penelitian yang berkenaan dengan suatu fase spesifik atau khas dari keseluruhan personalitas. Subjek penelitian dapat saja individu, kelompok, lembaga, maupun masyarakat. Pemilihan tempat penelitian dilakukan secara *purposive*, dengan alasan Dusun Cibitung, Desa Margamukti, Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat merupakan daerah terparah yang terkena dampak bencana tanah longsor yang terjadi pada tanggal 5 Mei 2015.

Para ahli kebencanaan telah banyak melakukan kajian-kajian pada daerah rawan bencana tanah longsor, namun ternyata bencana tetap terjadi. Salah satu penyebabnya adalah rendahnya tingkat pemahaman dan kesadaran masyarakat terhadap ancaman bahaya bencana alam tanah longsor tersebut di wilayahnya.

2.2. Pengambilan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Metode yang digunakan untuk mendapatkan data primer menggunakan kuesioner yang ditujukan kepada responden yaitu masyarakat Dusun Cibitung, Desa Margamukti, Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat. Pengambilan sampel sumber data dilakukan secara *purposive* dan *snowball*. Metode *purposive sampling* yaitu pengambilan sampel berdasarkan "penilaian" (*judgement*) peneliti mengenai siapa saja yang pantas (memenuhi persyaratan) untuk dijadikan sampel. *Purposive sampling* dapat diartikan juga teknik pengambilan sampel sumber data dengan pertimbangan tertentu (Sugiyono, 2012). Sedangkan *snowball sampling* merupakan metode pengambilan sampel dengan secara berantai (*multilevel*). Jumlah responden yang diperoleh sebanyak 19 responden.

2.3. Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Uji validitas dan reliabilitas kuesioner yang digunakan dalam penelitian. Uji validitas dilakukan untuk memastikan seberapa baik

suatu instrumen digunakan untuk mengukur konsep yang seharusnya diukur (Sugiyono, 2010). Sedangkan reliabilitas menunjuk pada suatu pengertian bahwa sesuatu instrumen cukup dapat dipercaya untuk digunakan sebagai alat pengumpul data karena instrumen tersebut sudah baik (Arikunto, 2006). Uji validitas dan reliabilitas dilakukan menggunakan program *Statistical Product and Service Solutions* (SPSS 18).

- b. Statistik deskriptif menggunakan program SPSS 18, untuk menggambarkan kapasitas masyarakat (responden) terkait bencana tanah longsor. Menurut Sugiyono 2012, statistik deskriptif merupakan statistik yang berfungsi untuk mendiskripsikan atau memberi gambaran terhadap obyek yang diteliti melalui data sampel atau populasi sebagaimana adanya, tanpa melakukan analisis dan membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum.
- c. Menggunakan skala likert untuk menganalisis tingkat persepsi terkait harapan (*expectation*) responden. Skala likert merupakan sebuah skala yang menggunakan ukuran ordinal untuk mengukur sikap masyarakat yang telah dikembangkan sejak tahun 1932 (Nazir, 1983).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Uji Validitas dan Reliabilitas

Menurut Azwar (1986) validitas berasal dari kata *validity* yang mempunyai arti sejauh mana ketepatan dan kecermatan suatu alat ukur dalam melakukan fungsi ukurnya. Suatu skala atau instrumen pengukur dapat dikatakan mempunyai validitas yang tinggi apabila instrumen tersebut menjalankan fungsi ukurnya, atau memberikan hasil ukur yang sesuai dengan maksud dilakukannya pengukuran tersebut. Sedangkan tes yang memiliki validitas rendah akan menghasilkan data yang tidak relevan dengan tujuan pengukuran.

Berdasarkan hasil uji validitas yang sudah dilakukan menggunakan program SPSS, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 1. *Output* SPSS Total Responden

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	19	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	19	100,0

a. *Listwise deletion based on all variables in the procedure.*

Sumber: Hasil Analisis

Dari data hasil pengujian di atas, terlihat bahwa data yang diperoleh dari 19 responden semua dinyatakan valid (terdapat 19 responden yang valid), dan tidak ada satu pun data yang *excluded* atau tidak terisi (*missing*). Namun demikian perlu dilihat validitas setiap butir terlebih dahulu pada tahap berikutnya, yaitu saat melakukan uji reliabilitas.

Reliabilitas terkait dengan keandalan alat ukur, seberapa jauh alat ukur dapat menghasilkan hasil yang kurang lebih sama ketika diterapkan pada sampel yang sama. Menurut Feldt dan Brennan (1989), reliabilitas atau keandalan adalah konsistensi dari serangkaian pengukuran atau serangkaian alat ukur. Hal tersebut bisa berupa pengukuran dari alat ukur yang sama (tes dengan tes ulang) akan memberikan hasil yang sama, atau untuk pengukuran yang lebih subjektif, apakah dua orang penilai memberikan skor yang mirip (reliabilitas antar penilai).

Berdasarkan hasil uji reliabilitas yang sudah dilakukan menggunakan program SPSS, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 2. *Output* SPSS Koefisien Reliabilitas Alat Ukur

Reliability Statistics	
<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>N of Items</i>
,380	15

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 3. *Output* SPSS Korelasi Butir dengan Total Butir

Item-Total Statistics				
Butir	<i>Scale Mean if Item Deleted</i>	<i>Scale Variance if Item Deleted</i>	<i>Corrected Item-Total Correlation</i>	<i>Cronbach's Alpha if Item Deleted</i>
Pertanyaan 1	38.16	11.363	.393	.277
Pertanyaan 2	37.32	10.006	.281	.286
Pertanyaan 3	37.95	13.164	-.004	.409
Pertanyaan 4	38.26	13.094	.178	.355

Pertanyaan 5	38.11	12.766	.271	.336
Pertanyaan 6	36.68	11.339	.421	.272
Pertanyaan 7	36.89	12.766	-.042	.451
Pertanyaan 8	36.32	13.784	-.152	.503
Pertanyaan 9	38.05	15.275	-.391	.457
Pertanyaan 10	38.11	14.877	-.288	.442
Pertanyaan 11	35.84	12.918	.352	.335
Pertanyaan 12	36.05	11.719	.601	.269
Pertanyaan 13	35.89	12.544	.434	.316
Pertanyaan 14	36.00	12.889	.259	.341
Pertanyaan 15	35.95	12.608	.371	.323

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan data pada Tabel 2, nilai reliabilitas dapat dilihat dari koefisien Cronbach's Alpha adalah 0,380, dengan jumlah butir (parameter) 15. Sedangkan koefisien Cronbach's Alpha yang umum digunakan sebagai persyaratan sebuah alat ukur adalah berkisar 0,6 sampai dengan 0,8. Jadi reliabilitas keseluruhan butir pertanyaan hasilnya adalah kurang baik. Hal tersebut dapat disebabkan karena data/informasi yang diperoleh dari responden memiliki tingkat homogenitas atau kesamaan yang tinggi. Sehingga tahap selanjutnya adalah perlu untuk melihat validitas setiap butir.

Validitas ditunjukkan dengan korelasi setiap butir dengan nilai total butirnya. Butir yang dinyatakan valid harus memenuhi syarat nilai korelasi $\geq 0,2$ (*Corrected Item-Total Correlation*/ Korelasi Butir dengan Total Butir). Dari data di atas ada beberapa butir yang kurang valid (angkanya di bawah 0,2) sebanyak 6 butir, maka butir-butir tersebut harus dikeluarkan (dibuang)

dalam pengukuran secara satu per satu (tidak sekaligus) dimulai dari yang memiliki nilai korelasi terendah (-0,391). Hal tersebut dilakukan sampai dengan tidak ada nilai korelasi (*Corrected Item-Total Correlation*) yang nilainya $< 0,2$. Hal tersebut juga akan berdampak pada nilai reliabilitas yang semakin meningkat.

Setelah dilakukan perbaikan menggunakan program SPSS secara bertahap (satu per satu), diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4. *Output* SPSS Koefisien Reliabilitas Alat Ukur Setelah Dilakukan Perbaikan

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
.698	10

Sumber: Hasil Analisis

Nilai reliabilitas setelah dilakukan perbaikan meningkat dilihat dari koefisien Cronbach's Alpha

Tabel 5. *Output* SPSS Korelasi Butir dengan Total Butir Setelah Dilakukan Perbaikan

Item-Total Statistics				
Butir	Scale Mean if Item Deleted	Scale Variance if Item Deleted	Corrected Item-Total Correlation	Cronbach's Alpha if Item Deleted
Pertanyaan 1	27.05	8.942	.468	.653
Pertanyaan 2	26.21	6.731	.486	.680
Pertanyaan 4	27.16	10.696	.226	.694
Pertanyaan 5	27.00	10.667	.235	.693
Pertanyaan 6	25.58	9.813	.286	.690
Pertanyaan 11	24.74	10.316	.518	.666
Pertanyaan 12	24.95	9.830	.523	.655
Pertanyaan 13	24.79	10.287	.461	.668
Pertanyaan 14	24.89	10.433	.337	.680
Pertanyaan 15	24.84	10.251	.430	.670

Sumber: Hasil Analisis

adalah 0,698, dengan jumlah butir (parameter) 10. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa reliabilitas alat ukur masuk kategori sudah baik, karena angkanya sudah berada pada kisaran 0,6 sampai dengan 0,8.

Berdasarkan data *Corrected Item-Total Correlation* pada Tabel 5, dapat dilihat bahwa sudah tidak ada lagi nilai korelasi yang di bawah 0,2, artinya semua butir (10 butir) di atas telah dinyatakan valid.

3.2. Statistik Deskriptif

3.2.1. Gender Responden

Berdasarkan analisis data menggunakan SPSS diperoleh hasil bahwa responden perempuan lebih banyak dibandingkan responden laki-laki, yaitu perempuan 68,4% dibanding laki-laki 31,6%. Hal tersebut dikarenakan pada saat penyebaran kuesioner merupakan jam kerja bagi warga masyarakat, sehingga penduduk yang laki-laki banyak yang sedang tidak di rumah atau sedang bekerja di luar rumah.

Tabel 6. *Output* SPSS Variabel Gender Responden

Gender	Frequency	Percent	Cumulative Percent
Laki-laki	6	31,6	31,6
Perempuan	13	68,4	100,0
Total	19	100,0	

Sumber: Hasil Analisis

3.2.2. Pekerjaan Responden

Berdasarkan analisis data diperoleh hasil bahwa mata pencaharian/pekerjaan responden terbanyak adalah ibu rumah tangga 42,1%, pekerja kebun 21,0%, serta tukang ojek dan pedagang warung 10,5%. Hal tersebut menggambarkan bahwa mayoritas perempuan yang ada menjadi ibu rumah tangga dan pekerja kebun.

Tabel 7. *Output* SPSS Variabel Gender Responden

Gender	Frequency	Percent	Cumulative Percent
Ibu Rumah Tangga	8	42,1	42,1
Pedagang Warung	2	10,5	52,6
Pekerja Kebun	4	21,0	73,6
Pensiunan Pekerja Kebun	1	5,3	78,9

Peternak Sapi	1	5,3	84,2
Sopir Angkutan Sayuran	1	5,3	89,5
Tukang Ojek	2	10,5	100,0
Total	19	100,0	

Sumber: Hasil Analisis

3.2.3. Pendidikan Responden

Berdasarkan analisis data diperoleh hasil bahwa pendidikan responden paling banyak adalah SD 52,6%, kemudian SLTP 42,1%, dan SLTA 5,3%. Hal tersebut menggambarkan bahwa tingkat pendidikan masyarakat yang berada di sekitar daerah terdampak bencana longsor Pangalengan masih relatif rendah.

Tabel 8. *Output* SPSS Variabel Pendidikan Responden

Pendidikan	Frequency	Percent	Cumulative Percent
Tidak Sekolah	0	0	0
SD	10	52,6	52,6
SLTP	8	42,1	94,7
SLTA	1	5,3	100,0
Sarjana	0	0	100,0
Total	19	100,0	

Sumber: Hasil Analisis

3.2.4. Umur Responden

Berdasarkan analisis data diperoleh hasil bahwa terbanyak responden berumur 31-40 tahun 31,6%, kemudian umur 21-30 tahun dan 41-50 tahun sama sebesar 26,3%. Dari data tersebut diperoleh gambaran bahwa umur responden bervariasi dan dapat mewakili hampir semua kalangan.

Tabel 9. *Output* SPSS Variabel Umur Responden

Umur	Frequency	Percent	Cumulative Percent
≤30 tahun	5	26,3	26,3
31-40 tahun	6	31,6	57,9
41-50 tahun	5	26,3	84,2
51-60 tahun	2	10,5	94,7
61-70 tahun	0	0	94,7
≥71 tahun	1	5,3	100,0
Total	19	100,0	

Sumber: Hasil Analisis

3.2.5. Lama Bermukim Responden

Berdasarkan analisis data responden diperoleh hasil bahwa responden terbanyak adalah yang bermukim sejak lahir di lokasi tersebut yaitu 57,9% dan lebih dari 10 tahun sebesar 26,3%. Hal tersebut menggambarkan bahwa masyarakat disekitar lokasi sebagian besar masyarakat asli Pangalengan, dengan tingkat penduduk pendatang yang relatif tidak terlalu banyak.

Tabel 10. *Output* SPSS Variabel Lama Bermukim Responden

Bermukim	Frequency	Percent	Cumulative Percent
Sejak Lahir	11	57,9	57,9
<1 tahun	1	5,3	62,2
1-10 tahun	2	10,5	72,7
>10 tahun	5	26,3	100,0
Total	19	100,0	

Sumber: Hasil Analisis

3.2.6. Pengetahuan Responden Terhadap Longsor

Berdasarkan analisis data diperoleh hasil bahwa sebesar 73,7% responden mengetahui tentang faktor-faktor penyebab longsor, 89,5% responden mengetahui tentang gejala/ tanda-tanda akan terjadinya longsor, 78,9% responden sudah mengetahui bahwa daerah tempat tinggalnya merupakan daerah rawan terjadinya bencana tanah longsor. Hal tersebut menggambarkan bahwa tingkat pengetahuan masyarakat tentang longsor sudah cukup baik karena prosentasenya semua di atas 70%.

Tabel 11. *Output* SPSS Variabel Penyebab Longsor

Penyebab Longsor	Frequency	Percent	Cumulative Percent
Jawaban Benar	9	73,7	73,7
Jawaban Salah	5	5,3	79,0
Tidak Menjawab	5	21,0	100,0
Total	19	100,0	

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 12. *Output* SPSS Variabel Tanda-Tanda Longsor

Gejala Longsor	Frequency	Percent	Cumulative Percent
Jawaban Benar	17	89,5	89,5
Jawaban Salah	0	0	89,5
Tidak Menjawab	2	10,5	100,0
Total	19	100,0	

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 13. *Output* SPSS Variabel Rawan Longsor

Rawan Longsor	Frequency	Percent	Cumulative Percent
Jawaban Benar	15	78,9	78,9
Jawaban Salah	4	21,1	100,0
Tidak Menjawab	0	0	100,0
Total	19	100,0	

Sumber: Hasil Analisis

3.2.7. Ketersediaan Peralatan Tanggap Darurat

Berdasarkan analisis data diperoleh hasil bahwa sebesar 94,7% responden tidak memiliki peralatan tanggap darurat untuk bencana tanah longsor di rumah mereka, hal tersebut dapat menjadi salah satu indikator bahwa kapasitas yang dimiliki masyarakat di sekitar terdampak bencana tanah longsor Pangalengan masih relatif rendah.

Tabel 14. *Output* SPSS Variabel Alat Tanggap Darurat

Alat Tanggap Darurat	Frequency	Percent	Cumulative Percent
Punya	1	5,3	5,3
Tidak Punya	18	94,7	100,0
Tidak Menjawab	0	0	100,0
Total	19	100,0	

Sumber: Hasil Analisis

3.2.8. Keberadaan dan Respon Responden Saat Terjadi Longsor

Berdasarkan analisis data diperoleh hasil bahwa sebesar 73,7% responden sedang berada di rumah saat terjadi longsor dan 47,4% responden tetap di rumah saja setelah bencana longsor terjadi, dengan alasan rumah responden tidak ikut terkena longsor tanah sehingga mereka tetap berada di rumah saja. Hal tersebut tentu saja berbahaya apabila mereka tetap berada di dalam rumah, terutama untuk masyarakat yang rumahnya dekat dengan daerah terdampak.

Tabel 15. *Output* SPSS Variabel Keberadaan Responden

Keberadaan	Frequency	Percent	Cumulative Percent
Mengantar Sayuran ke Pasar	1	5,3	5,3
Pangkalan Ojek	1	5,3	10,6
Rumah	14	73,7	84,3
Kebun	1	5,3	89,6
Warung	2	10,4	100,0
Total	19	100,0	

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 16. *Output* SPSS Variabel Respons Responden

Respons	Frequency	Percent	Cumulative Percent
Di Rumah Saja	9	47,4	47,3
Ke Posko Star Energy	1	5,3	52,6
Lari Menjauh	4	21,0	73,6
Membantu Evakuasi	1	5,3	78,9
Mencari Informasi	3	15,8	94,7
Mengungsi	1	5,3	100,0
Total	19	100,0	

Sumber: Hasil Analisis

3.2.9. Bantuan Tim Evakuasi

Berdasarkan analisis data diperoleh hasil bahwa menurut responden pada saat terjadi

bencana tanah longsor di wilayah mereka, bantuan tim evakuasi dari relawan kecamatan adalah yang terbanyak yaitu 47,3%.

Tabel 17. *Output* SPSS Variabel Bantuan Tim Evakuasi

Tim Bantuan	Frequency	Percent	Cumulative Percent
Dari Masyarakat	3	15,8	15,8
Dari Desa	1	5,3	21,1
Dari Kecamatan	9	47,3	68,4
Dari Relawan	1	5,3	73,7
Tidak Ada	4	21,0	94,7
Tidak Tahu	1	5,3	100,0
Total	19	100,0	

Sumber: Hasil Analisis

3.2.10. Keputusan Mengungsi

Berdasarkan analisis data diperoleh hasil bahwa sebanyak 63,2% responden memutuskan untuk tidak mengungsi, dengan alasan karena mereka merasa rumahnya jauh dari longsor tanah yang terjadi, sehingga tidak perlu untuk mengungsi ke tempat lain.

Tabel 18. *Output* SPSS Variabel Keputusan Mengungsi

Keputusan Mengungsi	Frequency	Percent	Cumulative Percent
Ya	7	36,8	36,8
Tidak	12	63,2	100,0
Tidak Menjawab	0	0	100,0
Total	19	100,0	

Sumber: Hasil Analisis

3.2.11. Kegiatan Sosialisasi

Berdasarkan analisis data diperoleh hasil bahwa sebanyak 57,9% responden belum pernah mendapatkan sosialisasi tentang bencana longsor, dan sisanya 42,1% sudah pernah mendapatkan sosialisasi, antara lain dari pemerintah daerah, Star Energy dan Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM).

Tabel 19. *Output* SPSS Variabel Kegiatan Sosialisasi

Sosialisasi	Frequency	Percent	Cumulative Percent
Pernah	8	42,1	42,1
Belum	11	57,9	100,0
Tidak Menjawab	0	0	100,0
Total	19	100,0	

Sumber: Hasil Analisis

3.3. Analisis Tingkat Persepsi Terkait Harapan (*Expectation*) Responden Menggunakan Skala Likert

3.3.1. Menginput Data Setiap Responden

Total skor dihitung dengan menambahkan skor semua responden untuk setiap pertanyaan.

Tabel 20. Hasil *Input* Data Setiap Responden

Nomor Responden	Pertanyaan				
	A	B	C	D	E
1	3	3	3	3	3
2	4	3	4	4	4
3	4	4	3	4	3
4	4	4	4	3	4
5	4	3	3	3	3
6	4	4	4	4	4
7	4	4	4	4	4
8	4	4	4	4	4
9	4	3	4	4	4
10	3	4	4	3	4
11	3	3	3	3	3
12	4	3	4	3	4
13	4	3	4	4	4
14	4	4	4	4	3
15	4	4	4	4	4
16	4	4	4	4	4
17	4	4	4	4	4
18	4	4	4	4	4
19	4	4	4	4	4

Sumber: Hasil Analisis Data

Keterangan:

- A = Adanya tim tanggap darurat
 B = Adanya simulasi bencana longsor
 C = Adanya peta jalur evakuasi
 D = Adanya sistem peringatan dini longsor
 E = Adanya sosialisasi bencana longsor
 Skor 1 = Tidak Perlu
 Skor 2 = Kurang Perlu
 Skor 3 = Perlu
 Skor 4 = Sangat Perlu

3.3.2. Menghitung Total Skor dan Nilai *Mean*

Nilai *mean* dihitung dari total skor setiap pertanyaan dibagi dengan jumlah responden.

Tabel 21. Total Skor dan Nilai *Mean*

No	Pertanyaan	Total Skor	Mean
1	Adanya tim tanggap darurat	73	3,84
2	Adanya simulasi bencana longsor	69	3,63
3	Adanya peta jalur evakuasi	72	3,79
4	Adanya sistem peringatan dini longsor	70	3,68
5	Adanya sosialisasi bencana longsor	71	3,74

Sumber: Hasil Analisis

3.3.3. Menetapkan Simpangan Baku (*Standar Deviasi*) dan Kriteria Data Penelitian

Simpangan baku atau Standar Deviasi (SD) dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 SD &= \frac{1}{4} \times (\text{skor maksimum} - \text{skor minimum}) \\
 &= \frac{1}{4} \times (4 - 1) \\
 &= \frac{1}{4} \times 3 \\
 &= 0,75
 \end{aligned}$$

Kriteria data penelitian dapat dilihat pada Tabel 22 berikut ini.

Tabel 22. Kriteria Data Penelitian

Dasar Perhitungan	Total Skor	Kriteria Data
\leq skor minimum + SD	$\leq 1,75$	Tidak Perlu
skor minimum + SD + 0,01 s/d skor minimum + 2SD	1,76 - 2,50	Kurang Perlu
skor minimum + 2SD + 0,01 s/d skor minimum + 3SD	2,51 - 3,25	Perlu
\geq skor minimum + 3SD + 0,01	$\geq 3,26$	Sangat Perlu
Adanya sosialisasi bencana longsor	71	3,74

Sumber: Hasil Analisis Data

3.3.4. Menetapkan Tingkat Harapan (*Expectation*) Masyarakat

Tingkat harapan masyarakat dapat diketahui dengan mencocokkan nilai *mean* setiap pertanyaan dengan kriteria skor dan kriteria data yang sudah ditetapkan. Hasil analisis tingkat persepsi terkait harapan masyarakat secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 23 berikut ini:

Tabel 23. Hasil Analisis Tingkat Persepsi Masyarakat

Pertanyaan	Mean	Kriteria Skor	Kriteria Data
Adanya tim tanggap darurat	3,84	$\geq 3,26$	Sangat Perlu
Adanya simulasi bencana longsor	3,63	$\geq 3,26$	Sangat Perlu
Adanya peta jalur evakuasi	3,79	$\geq 3,26$	Sangat Perlu
Adanya sistem peringatan dini longsor	3,68	$\geq 3,26$	Sangat Perlu
Adanya sosialisasi bencana longsor	3,74	$\geq 3,26$	Sangat Perlu

Sumber: Hasil Analisis

Berdasarkan analisis data diperoleh hasil bahwa dari 5 pertanyaan yang diajukan ke responden, semuanya masuk dalam kategori “sangat perlu” untuk dilakukan di lokasi penelitian. Atau dengan kata lain responden sangat mengharapkan adanya tim tanggap darurat, simulasi bencana tanah longsor, peta jalur evakuasi, sistem peringatan dini longsor dan sosialisasi bencana tanah longsor.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian di atas, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Alat ukur (kuesioner) yang digunakan untuk penelitian ini telah memenuhi kriteria uji validitas dan reliabilitas, yang ditunjukkan dengan nilai *Corrected Item-Total Correlation* lebih dari 0,2, serta nilai koefisien Cronbach's Alpha sebesar 0,698.
- Kapasitas masyarakat Pangalengan ditinjau dari aspek:
 - Pengetahuan terhadap bencana tanah longsor, 73,7% responden mengetahui faktor-faktor penyebab longsor, 89,5% responden mengetahui gejala/tanda-tanda akan terjadinya longsor, serta 78,9% responden sudah mengetahui daerah tempat tinggalnya merupakan daerah rawan terjadinya bencana tanah longsor.
 - Ketersediaan peralatan tanggap darurat, 94,7% responden tidak memiliki peralatan tanggap darurat untuk bencana tanah longsor di rumah mereka.
 - Kegiatan sosialisasi mengenai bencana tanah longsor, 57,9% responden belum

pernah mendapatkan sosialisasi tentang bencana longsor.

- Tingkat persepsi terkait harapan (*expectation*) masyarakat masuk dalam kategori “sangat perlu”, atau sangat membutuhkan adanya 1) tim tanggap darurat; 2) simulasi bencana tanah longsor; 3) peta jalur evakuasi; 4) sistem peringatan dini longsor; dan 5) kegiatan sosialisasi bencana tanah longsor.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, S. 2006, *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta. Yogyakarta.
- Azwar, S. 1986, *Reliabilitas dan Validitas: Interpretasi dan Komputasi*. Liberty. Yogyakarta.
- Feldt, L & R.L. Brennan, 1989, *Reliability*. Dalam Robert L. Linn (Eds), *Education Measurement* (3rd, pp 105-143). New York: American Council on Education.
- Naryanto, H.S., 2013, *Analisis dan Evauasi Kejadian Bencana Tanah Longsor di Cililin, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat 25 Maret 2013*, JSTMB Vol. 8 No. 1 tahun 2013, BPPT, Jakarta
- Nazir, M., 1983, *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia. Bogor.
- Prawiradisastra, P., A. Kristijono, Wisyanto dan Prihartanto, 2015, *Laporan Tanah Longsor Tanggal 5 Mei 2015 di Desa Margamukti, Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung*, Laporan PTLWB-BPPT, tidak diterbitkan
- PVMBG, 2015, *Tanggapan Kejadian Gerakan Tanah di Desa Margamukti, Kecamatan Pangalengan, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat, Tanggal 5 Mei 2015*, Laporan Singkat, Badan Geologi, Kementerian ESDM, Bandung
- Sugiyono, 2010, *Metode Penelitian Pendidikan*. Alfabeta. Bandung.
- Sukmadinata, 2009, *Metode Penelitian Pendidikan*. Remaja Rosdakarya. Bandung.
- _____, 2012, *Statistika untuk Penelitian*. Alfabeta. Bandung.

Diterima: 1 April 2016

Disetujui setelah revisi: 3 Oktober 2016

ANALISIS PERILAKU IKLIM DAN KEBAKARAN HUTAN DI INDONESIA TAHUN 2015

CLIMATE BEHAVIOR AND FOREST FIRE ANALYSIS IN INDONESIA YEAR 2015

H.A. Sudibyakto, Utia Suarma, Habibah Nurrohmah dan Ratna Prabaningrum

Geografi Lingkungan, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada,

Sekip Utara, Bulaksumur, Yogyakarta

e-mail: sudibyakto@gmail.com; tiasuarma@gmail.com; habibahnurrohmah@gmail.com; ratna.prabaningrum@gmail.com

Abstrak

Kejadian kebakaran hutan dan lahan di Indonesia telah terjadi sebanyak 354 kali dalam kurun waktu tahun 2002 hingga 2015. Periode kejadian bencana kebakaran hutan dan lahan selama tahun 2015 telah mengakibatkan hilangnya lahan produktif seluas 414 ha. Kurangnya upaya penanganan terutama pemerintah setempat di mana kejadian tersebut berlangsung diperparah dengan adanya fenomena iklim El Nino yang berakibat langsung kepada variasi curah hujan dan temperatur pada beberapa wilayah di Indonesia. El Nino yang cenderung bersifat kering serta menyebabkan berkurangnya potensi sumberdaya air secara tidak langsung menjadi faktor penentu upaya penanganan pemadaman kebakaran hutan/lahan. Penelitian ini bertujuan mengkaji perilaku spasial dan temporal iklim di Indonesia tahun 2015 dan menganalisis keterkaitan pola perilaku iklim terhadap kejadian kebakaran hutan tahun 2015. Kondisi curah hujan menurun saat musim kemarau (Juli-Agustus-September) yang diikuti dengan rata-rata suhu udara lebih tinggi dan curah hujan akan meningkat saat musim penghujan (Desember-Januari-Februari) diikuti dengan rata-rata suhu udara yang lebih rendah. Kebakaran hutan di Provinsi Riau memiliki hubungan cukup kuat dengan pola perilaku iklim di wilayah tersebut, sedangkan di Kalimantan Tengah, hubungan kejadian kebakaran hutan tidak terlalu signifikan dengan pola perilaku iklim, artinya faktor lain lebih dominan.

Kata Kunci: iklim, Indonesia, kebakaran hutan, suhu.

Abstract

During recent years (2002-2015) there are 354 forest fire occurrences in Indonesia. In 2015, estimated more than 414 ha productive land destroyed in forest fire season. The lack of local government effort to mitigate the forest fire believes to be one of the main reasons. In addition, strong influence of tropical climate disturbance event so called El Nino directly affects rainfall variability and temperature regime in some region in Indonesia. El Nino which known to bring dry effect, in time could as well affect water resources decrease and indirectly influence forest fire suppression attempt. This research aim is to analyze the relationship between climate variability and forest fire occurrence in 2015 (case study in Riau Province and Central Kalimantan Province). The amount of rainfall during dry season (July-August-September) will be less than rainy season (December-January-February). However the temperature regime would be in reverse, it would be higher in dry season compare to rainy season. Forest fire occurrence especially in Riau Province have a strong relationship with climate variability in local area meanwhile in Central Kalimantan Province, the relationship isn't significant thus there are additional factors other than climate variability that need to be taking into account.

Keywords: climate, climate variability, forest fire, temperature.

1. PENDAHULUAN

Kebakaran hutan sangat dipengaruhi oleh iklim dan aktivitas manusia. Penyebab kebakaran di Indonesia hampir seluruhnya berasal dari kegiatan manusia (99%), baik disengaja atau tidak (unsur kelalaian). Kegiatan konversi lahan menyumbang 34%, peladangan liar 25%, pertanian 17%, kecemburuan sosial 14%, dan proyek transmigrasi 8%. Faktor lain yang menjadi penyebab semakin hebatnya kebakaran hutan dan lahan adalah sumber energi berupa kayu, sisa tebangan, deposit batubara, dan gambut (Darwiati dan Tuheteru, 2010). Terdapat beberapa daerah yang sangat sering mengalami kebakaran hutan menurut data dari (Sipongi.menlhk.go.id) di tahun 2015, seperti Provinsi Kalimantan Tengah dan Provinsi Riau.

Kebakaran hutan menyebabkan timbul kerugian yang besar. Pada tahun 1982-1983, kebakaran telah merusak hutan di Kalimantan Timur sampai 3,4 juta hektar. Hal itu terulang kembali pada tahun 1997 dengan luas lahan terbakar mencapai ribuan hektar (Ngatiman dkk, 2006).

Kebakaran hutan yang terus terjadi terutama di Sumatera dan Kalimantan dapat mengancam kelestarian flora dan fauna. Menurut Glover dan Jessup (2002), Sumatera dan Kalimantan memiliki flora dan fauna yang paling lengkap di dunia. Oleh karena itu, kebakaran hutan yang terus terjadi dapat menjadi faktor pemicu punahnya beberapa flora dan fauna di dunia.

Dampak yang ditimbulkan oleh kebakaran hutan sangat kompleks dan luas. Oleh karena itu, kajian mengenai kebakaran hutan, khususnya di Kalimantan Tengah dan Riau menjadi penting untuk dilakukan. Hal itu bertujuan untuk mengetahui kondisi kebakaran, kaitannya dengan suhu dan hujan, serta dapat digunakan sebagai dasar perencanaan wilayah lebih lanjut. Penelitian ini memiliki tujuan yaitu untuk mengkaji perilaku spasial dan temporal iklim di Indonesia serta menganalisis keterkaitan pola perilaku iklim terhadap kejadian kebakaran hutan tahun 2015. Penelitian ini bertujuan mengkaji perilaku spasial dan temporal iklim di Indonesia tahun 2015 dan menganalisis keterkaitan pola perilaku iklim terhadap kejadian kebakaran hutan tahun 2015.

2. METODOLOGI

Penelitian ini menitikberatkan pada analisis data sekunder yang tersedia dari

berbagai sumber. Adapun penelitian terbagi dalam dua tahapan. Tahapan penelitian yang dimaksud meliputi pengumpulan data dan analisis data.

1. Tahap Pengumpulan data

Pada tahapan ini berbagai data terkait iklim terutama curah hujan dan temperatur serta data sebaran titik panas baik secara spasial maupun temporal (*time series*) diidentifikasi dari berbagai sumber penyedia seperti melalui *website* KLHK (Sipongi.menlhk.go.id) dan data suhu udara dan curah hujan dari BMKG (dataonline.bmkg.go.id).

2. Tahap Analisis data

Data yang sudah terkumpul kemudian dijadikan dasar guna analisis lebih lanjut mengenai pola curah hujan, temperatur harian maksimum dan minimum, sebaran titik panas berdasarkan waktu dan wilayah, yang kemudian mendasari analisis perilaku. Berdasarkan analisis tersebut, kemudian dapat diketahui bagaimanakah relasi antara beberapa faktor iklim tersebut dengan berbagai kejadian kebakaran hutan/lahan di Indonesia selama tahun 2015.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Dampak Perubahan Iklim

Perubahan iklim memberikan dampak terhadap berbagai sektor kehidupan manusia diantaranya perikanan, kelautan, lingkungan, kehutanan, sumber daya air, dan sebagainya (Anggraini dan Trisakti, 2011). Dampak paling ekstrim dari perubahan iklim adalah kenaikan temperatur dan pergeseran curah hujan (<http://iklim.dirgantara-lapan.or.id>). Salah satu dampak nyata dari perubahan iklim terhadap sektor kehutanan adalah kebakaran hutan yang diakibatkan oleh panasnya cuaca dan berkurangnya curah hujan, ditambah dengan lahan hutan yang memiliki tanah gambut.

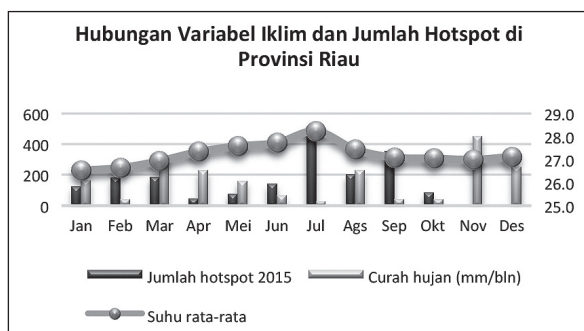
Indonesia memiliki lahan gambut seluas 14.905.574 Ha yang terletak di tiga pulau utama yaitu Sumatera, Kalimantan, dan Papua. Lahan gambut terluas berada di Pulau Sumatera dengan luas 6.436.649 Ha, sebaran lahan gambut terluas berada di Provinsi Riau. Pulau Kalimantan menempati nomor dua dengan luas lahan gambut terluas setelah Sumatera dengan luas 4.778.004 Ha. Provinsi dengan luas lahan gambut terluas di Kalimantan adalah Kalimantan Tengah. Kedua provinsi ini memiliki luasan lahan gambut lebih dari 50% dari luas wilayahnya (Baliitbangtan, 2011).

3.2. Perilaku Iklim Bulanan di Provinsi Riau Tahun 2015

Sebaran *hotspot* di Provinsi Riau dapat dilihat pada Gambar 1 yang menunjukkan jumlah *hotspot* di Riau pada tanggal 10 Juli 2015 (Sipongi.menlhk.go.id) merupakan *hotspot* tertinggi di bulan Juli mencapai 53 titik. Distribusi curah hujan, suhu udara, dan kejadian *hotspot* pada tahun 2015 di Provinsi Riau diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Sebaran *Hotspot* di Provinsi Riau pada 10 Juli 2015 (www.Sipongi.Menlhk.go.id)



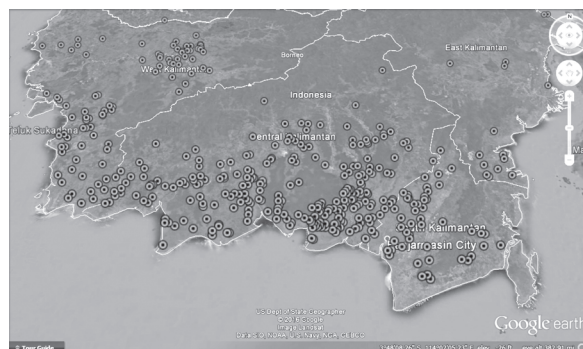
Gambar 2. Grafik Hubungan Variabel Iklim dan Jumlah *Hotspot* di Provinsi Riau (Hasil Pengolahan Data)

Data curah hujan dan data suhu udara merupakan curah hujan rata-rata Stasiun Meteorologi Syarif Kasim II dan Stasiun Meteorologi Japura. Curah hujan di Provinsi Riau cukup tinggi dengan curah hujan rata-rata mencapai 45,4 mm/bulan dan curah hujan rata-rata terendah mencapai 28,5 mm/bulan. Rata-rata suhu udara tertinggi di Provinsi Riau tahun 2015 mencapai 28,2° C dan suhu udara terendah mencapai 26,5° C. Jumlah *hotspot* merupakan data *hotspot* akumulasi bulanan dari Kementerian Lingkungan Hidup. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa hubungan antara kejadian *hotspot* dan curah hujan berbanding terbalik, sebaliknya hubungan antara suhu udara dan jumlah *hotspot* berbanding lurus. Jumlah kejadian *hotspot* tertinggi ada pada bulan Juli mencapai

516 kejadian, hal ini diimbangi dengan rata-rata suhu tertinggi mencapai 28,2° C, namun disisi lain, jumlah curah hujan mencapai titik minimum pada bulan tersebut yaitu 28,2 mm/bulan. Hubungan antara ketiga variabel cukup signifikan dan membuktikan bahwa kejadian kebakaran hutan di Provinsi Riau memiliki pengaruh besar dari faktor iklim seperti curah hujan dan suhu udara.

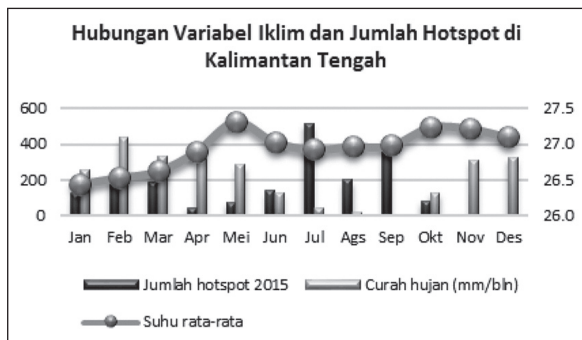
3.3. Perilaku Iklim Bulanan di Provinsi Kalimantan Tengah Tahun 2015

Provinsi Kalimantan Tengah memiliki jumlah *hotspot* tertinggi tahun 2015 mencapai 1741 yang tersebar merata (Sipongi.menlhk.go.id). Data iklim tahun 2015 pada provinsi tersebut diperoleh dari dua stasiun meteorologi milik BMKG yang beroperasi yaitu Stasiun Meteorologi Iskandar dan Stasiun Meteorologi Tjilik Riwt. Gambar 3 menunjukkan sebaran kejadian kebakaran hutan tanggal 13 September 2015 yang merupakan jumlah kejadian kebakaran tertinggi di Bulan September mencapai 260 *hotspot*.



Gambar 3. Sebaran *Hotspot* di Kalimantan Tengah Tanggal 13 September 2015 (www.Sipongi.Menlhk.go.id)

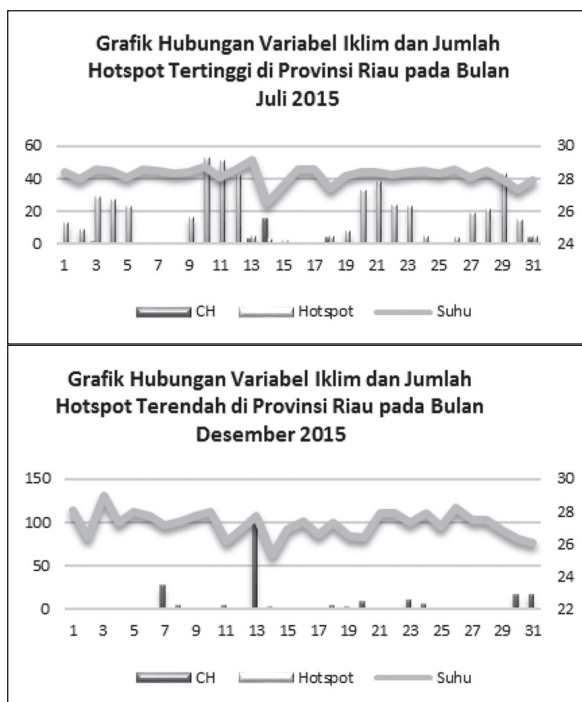
Salah satu data iklim tersebut berupa data curah hujan dan data suhu udara. Grafik hubungan antara curah hujan, suhu udara, dan jumlah *hotspot* dapat dilihat pada Gambar 4. Distribusi curah hujan di Kalimantan Tengah cukup tinggi dengan curah hujan rata-rata tertinggi di Bulan Februari mencapai 436,2 mm/bulan, sedangkan curah hujan terendah pada Bulan September mencapai 8,5 mm/bulan. Data rata-rata suhu udara tertinggi dari 2 stasiun meteorologi tersebut mencapai 27,3° C pada bulan Mei, dan suhu rata-rata terendah mencapai 26,5° C pada Bulan Januari. Tidak seperti di Provinsi Riau, di Kalimantan Tengah hubungan antara suhu udara, curah hujan, dan jumlah *hotspot* tidak terlalu signifikan. Hal ini membuktikan bahwa terdapat faktor lain yang mempengaruhi banyaknya jumlah *hotspot* di Kalimantan Tengah selain faktor suhu udara dan curah hujan.



Gambar 4. Grafik Hubungan Curah Hujan, Suhu Udara, dan Jumlah *Hotspot* di Provinsi Kalimantan Tengah (Hasil Pengolahan Data)

3.4. Hubungan Perilaku Iklim dan Kebakaran Hutan di Provinsi Riau dan Kalimantan Tengah Tahun 2015

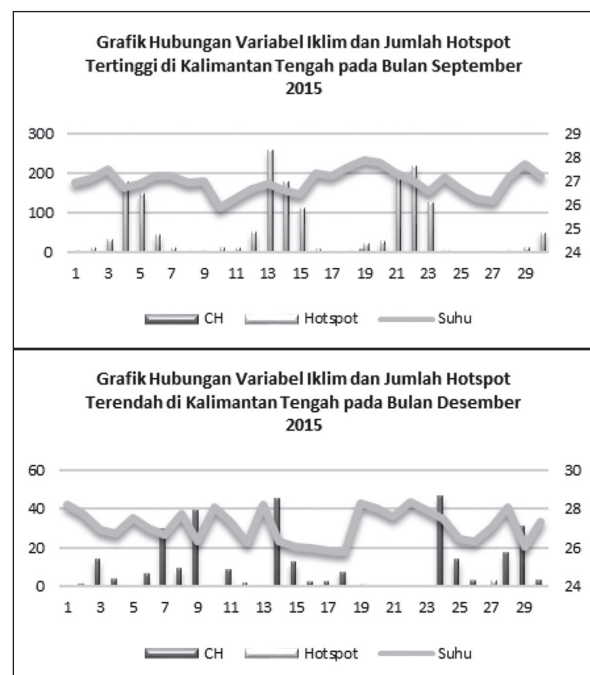
Pola hubungan antar variabel iklim dan jumlah *hotspot* akan lebih detail apabila disajikan dalam grafik harian dalam satu bulan. Studi kasus diambil pada bulan-bulan yang memiliki jumlah *hotspot* tertinggi dan terendah sebagai pembandingan pada tahun 2015. Jumlah *hotspot* tertinggi di Provinsi Riau adalah Bulan Juli dan terendah Bulan Desember. Jumlah *hotspot* tertinggi di Kalimantan Tengah pada Bulan September dan terendah pada Bulan Desember.



Gambar 5. Perbandingan Variabel Iklim dengan Jumlah *Hotspot* Tertinggi dan Terendah di Provinsi Riau pada Bulan Juli dan Desember 2015

Gambar 5 menunjukkan hubungan variabel iklim berupa curah hujan, suhu udara, dan jumlah *hotspot* pada Bulan Juli dan Desember 2015 di Provinsi Riau. Berdasarkan grafik tersebut terlihat secara jelas bahwa jumlah *hotspot* dipengaruhi kondisi iklim mikro saat itu. Musim kemarau pada bulan Juli menyebabkan curah hujan yang sedikit dan menyebabkan banyaknya jumlah *hotspot* yang terjadi dan berdampak pada peningkatan suhu udara. Sedangkan pada Bulan Desember yang merupakan musim hujan, curah hujan cukup banyak, sehingga jumlah *hotspot* sangat sedikit, dan suhu udara lebih rendah daripada saat musim hujan.

Variabel iklim mempengaruhi jumlah *hotspot* di Provinsi Kalimantan Tengah. Keadaan ini menyerupai keadaan di Provinsi Riau. Jumlah *hotspot* tertinggi pada bulan September dan jumlah *hotspot* terendah pada Bulan Desember. Gambar 6 (atas) merupakan kondisi jumlah *hotspot* tertinggi mencapai 516 pada musim kemarau, di mana curah hujan hampir tidak terjadi sepanjang hari dalam 1 bulan. Sedangkan pada Gambar 6 (bawah) merupakan kondisi jumlah *hotspot* terendah yaitu 5 titik. Kondisi ini terjadi karena pada musim penghujan curah hujan cukup tinggi dan merata hampir sepanjang hari. Hubungan antara jumlah *hotspot* dan curah hujan berbanding terbalik dan cukup signifikan.



Gambar 6. Perbandingan Variabel Iklim dengan Jumlah *Hotspot* Tertinggi dan Terendah di Provinsi Kalimantan Tengah pada Bulan September dan Desember Tahun 2015

Secara garis besar berdasarkan kondisi di lapangan tinggi rendahnya intensitas hujan berpengaruh terhadap jumlah kejadian kebakaran hutan yang diidentifikasi dengan adanya *hotspot*. Kejadian *hotspot* pada umumnya terjadi pada puncak musim kemarau (Juli-Agustus-September). Hal ini diperkirakan karena terjadinya pembakaran yang dilakukan untuk pembukaan lahan hutan menjadi lahan sawah atau perkebunan, selain itu juga karena kebakaran alami akibat suhu udara yang tinggi terjadi pada tanah organik (gambut).

Analisis lebih lanjut memperlihatkan bahwa kejadian kebakaran hutan juga berhubungan dengan fenomena anomali iklim yaitu El Nino. Peristiwa El Nino merupakan gejala penyimpangan kondisi laut yang ditandai dengan meningkatnya suhu permukaan laut (*sea surface temperature-SST*) di Samudra Pasifik sekitar equator (*equatorial pacific*) khususnya di bagian tengah dan timur (sekitar pantai Peru). Hal ini menyebabkan terjadinya penyimpangan pada kondisi atmosfer yang pada akhirnya berakibat pada terjadinya penyimpangan iklim. Dalam kondisi iklim normal, suhu permukaan laut di sekitar Indonesia (pasifik equator bagian barat) umumnya hangat dan karenanya proses penguapan mudah terjadi dan awan-awan hujan mudah terbentuk. Namun ketika fenomena El-Nino terjadi, saat suhu permukaan laut di pasifik equator bagian tengah dan timur menghangat, justru perairan sekitar Indonesia umumnya mengalami penurunan suhu (menyimpang dari biasanya). Akibatnya, terjadi perubahan pada peredaran masa udara yang berdampak pada berkurangnya pembentukan awan-awan hujan di Indonesia (BMKG, 2016).

Kejadian El Nino tahun 2015-2016 merupakan kejadian El Nino kuat yang menyerupai

kejadian El Nino tahun 1997-1998. Gambar 7 merupakan perbandingan kejadian El Nino tahun 1997-1998 dan 2015-2016. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa kondisi El Nino tahun 2015-2016 lebih panjang daripada tahun 1997-1998.

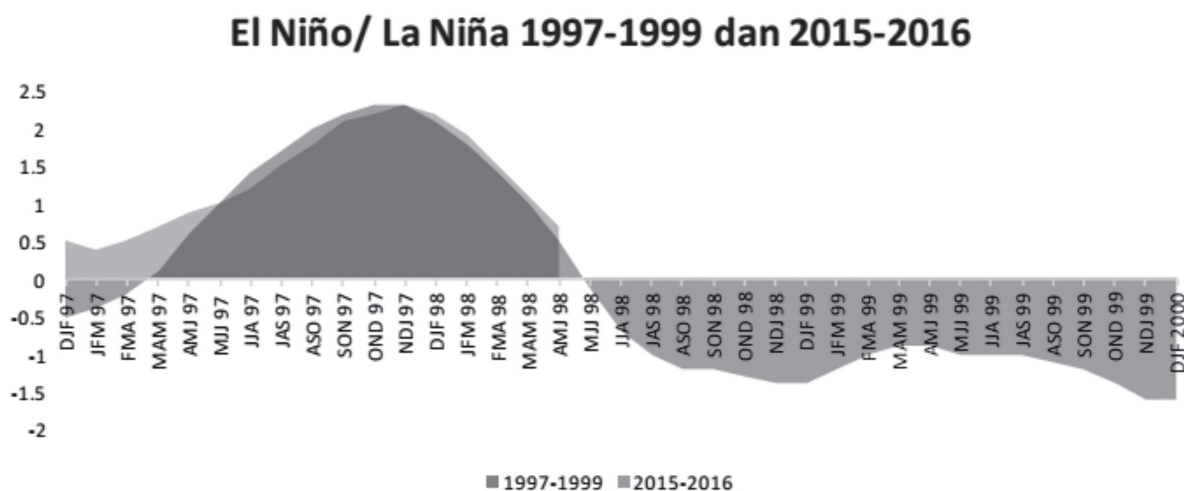
4. KESIMPULAN

Kondisi curah hujan menurun saat musim kemarau (Juli-Agustus-September) yang diikuti dengan rata-rata suhu udara lebih tinggi dan curah hujan akan meningkat saat musim penghujan (Desember-Januari-Februari) diikuti dengan rata-rata suhu udara yang lebih rendah.

Kebakaran hutan di Provinsi Riau memiliki hubungan yang kuat dengan pola perilaku iklim berupa curah hujan dan suhu udara. Sesuai dengan kondisi di lapangan bahwa semakin tinggi curah hujan, maka jumlah *hotspot* semakin sedikit dan suhu udara lebih rendah, sebaliknya semakin rendah curah hujan, maka jumlah *hotspot* semakin banyak dan suhu udara lebih tinggi. Berbeda dengan di Kalimantan Tengah, hubungan antara pola perilaku iklim berupa curah hujan dan temperatur terhadap kebakaran hutan kurang kuat, artinya faktor lain lebih dominan terhadap peningkatan jumlah *hotspot* di Kalimantan Tengah.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anggraini, N dan B. Trisakti, 2011, Kajian Dampak Perubahan Iklim Terhadap Kebakaran Hutan dan Deforestasi di Provinsi Kalimantan Barat. Jurnal Penginderaan Jauh vol. 8, 2011: 11-20, LAPAN.



Gambar 7. Perbandingan Kejadian El Nino Kuat di Indonesia Tahun 1997-1998 dan 2015-2016
(Sumber: http://Dataweb.Bmkg.Go.Id/Cews/Pikam/Pdf/FSMB_Id.Pdf).

2. Balitbangtan, 2011, Peta Lahan Gambut Indonesia Skala 1: 250.000. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Lahan Pertanian.
3. Darwiati, W. & F.D. Tuheteru, 2010, Dampak Kebakaran Hutan Terhadap Pertumbuhan Vegetasi. Jurnal Mitra Hutan Tanaman. 3(1): 27-32.
4. Glover, D. and T. Jessup, 2002, Mahalnya Harga Sebuah Bencana. Bandung: ITB.
5. Ngatiman, Boer, C., M. Iriansyah, R. N. Fatmi, 2006, Kebakaran Penyebab Degradasi Hutan di Indonesia. Samarinda: Balai Peneliti dan Pengembangan Kehutanan
6. <http://sipongi.menlhk.go.id/> diakses 21 Maret 2016. http://dataweb.bmkg.go.id/cews/pikam/pdf/FSMB_Id.pdf diakses 18 Oktober 2016.

Diterima: 2 Juni 2016

Disetujui setelah revisi: 5 Oktober 2016

SISTEM PERINGATAN DINI BANJIR DI AIR TERJUN KEDUNG KAYANG, MAGELANG

FLOOD EARLY WARNING SYSTEM AT KEDUNG KAYANG WATERFALL, MAGELANG

Nugroho Widi Susanto¹, Sudibyakto² dan Pramono Hadi²

¹Mahasiswa S2 Prodi Geoinformasi untuk Manajemen Bencana, UGM, Yogyakarta

²Dosen Fakultas Geografi, UGM, Yogyakarta

email: nukiws@yahoo.com

Abstrak

Banjir sering terjadi di air terjun sehingga diperlukan sistem peringatan dini yang dapat mengurangi terjadinya korban jiwa. Pengukuran banjir secara tidak langsung menggunakan hasil rekaman kamera pada banjir terjadi tahun 2014. Simulasi evakuasi dilakukan di lokasi air terjun dengan menentukan terlebih dahulu lokasi aman berdasarkan kriteria shelter banjir. Kemudian dilakukan pengukuran penampang melintang sungai baik pada lokasi pengukuran maupun pada lokasi rekomendasi pemasangan alat telemetri. Berdasarkan hasil pengukuran terdapat 3 hidrograf yang memiliki ketinggian muka air di atas 50 cm. Pengamatan di lapangan dan wawancara dengan warga serta pengelola air terjun menunjukkan ketinggian muka air 50 cm dapat dijadikan ambang batas bahaya banjir. Waktu puncak tercepat yang terukur dalam penelitian ini adalah 35 menit. Waktu tersebut lebih lama dari waktu simulasi evakuasi yaitu 10,37 menit. Hal ini menunjukkan waktu yang sangat terbatas untuk melakukan evakuasi pada saat tanda bahaya dibunyikan. Sedangkan untuk kecepatan banjir dengan metode tidak langsung menggunakan kamera dokumentasi didapatkan angka 4 m/detik. Dari pengukuran dan pengamatan tersebut didapatkan jarak minimal pemasangan alat telemetri dari lokasi air terjun yaitu 2,48 km. Hal ini untuk memberikan waktu jeda bagi para pengunjung untuk dapat melakukan evakuasi apabila terdapat tanda bahaya di sekitar lokasi wisata air terjun.

Kata Kunci: sistem peringatan dini, banjir, Air Terjun Kedung Kayang.

Abstract

Flood early warning system in waterfall needed because the flood occurrence to minimize the casualties. Velocity measurements performed by indirect measurements using a camera recording at the time the flood occurred in 2014. The evacuation simulations conducted at the waterfall site by firstly determine the shelter location based on flood shelter criteria. Then measuring the river cross section in the water level measurement location and the recommendation location for telemetry tool installation. Based on the measurement results, there are 3 hydrographs which has the water level that exceed 50 cm. Observations in the field and interviews with residents and the waterfall management shows 50 cm high of water level can be used as danger threshold that could trigger flood. The fastest time of the hydrograph time to peak measured in this study is 35 minutes. That means that the simulation results evacuation 10.37 minutes much faster than time to peak measured. This shows a very limited time to evacuate when the alarm on. The speed of the flood with the indirect method using documentation images obtain the figure of 4 m/sec. From these measurements and observations obtained a minimum distance from the location of installation of equipment telemetry waterfall is 2.48 km. This is to provide spare time for visitors to be able to evacuate to shelter location if there are danger signs around the tourist sites waterfall.

Keywords: early warning system, flood, Kedung Kayang Waterfall.

1. PENDAHULUAN

Air terjun Kedung Kayang rawan mengalami banjir bandang di musim hujan. Perbedaan topografi antara puncak dan lembah serta cuaca pegunungan yang dapat berubah dengan cepat antara hulu sumber aliran air terjun dengan lokasi air terjun tersebut membuat pengunjung Air terjun Kedung Kayang harus waspada setiap saat. Karena meskipun cuaca di sekitar air terjun cerah, hujan lebat yang berlangsung cepat di daerah hulu dapat memicu banjir bandang dalam waktu yang singkat.

Banjir bandang di Kabupaten Magelang pernah menyebabkan jatuhnya beberapa korban, seperti kejadian di Air Terjun Kedung Kayang, terdapat 3 (tiga) korban jiwa yang hanyut oleh banjir bandang (www.semarang.basarnas.go.id, 2012). Menurut Tim SAR Kabupaten Magelang (www.semarang.basarnas.go.id, 2012) air terjun tersebut rawan mengalami banjir bandang dan aliran debris pada musim hujan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui lokasi sistem telemetri sebagai sistem peringatan dini dalam menghadapi ancaman banjir bandang bagi pengunjung kawasan wisata air terjun kedung kayang yang didasarkan pada waktu evakuasi pengunjung.

2. METODOLOGI

Air terjun Kedung Kayang merupakan salah satu air terjun yang ramai dikunjungi oleh wisatawan domestik. Banyaknya jumlah pengunjung tidak sebanding dengan jumlah pengelola yang mengawasi kegiatan wisatawan yang berada di lokasi tersebut. Selama ini proses peringatan dini banjir bandang masih dilakukan secara manual. Petugas yang berjaga di pos tiket mengandalkan komunikasi radio HT dengan relawan yang berada di daerah hulu seperti dari daerah Kecamatan Selo, Kabupaten Boyolali.

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini meliputi pengumpulan data primer dengan melakukan pengukuran dan pengamatan langsung ke lapangan serta pengumpulan data sekunder untuk pembuatan peta.

Pengumpulan data primer dilakukan dengan pemasangan alat pengukur otomatis tinggi muka air sungai (*water level data logger*) dan curah hujan tipe *tipping bucket* dari laboratorium hidrologi Fakultas Geografi UGM yang masing-masing diatur setiap 5 menit untuk perekaman data. Penentuan lokasi aman dilakukan dengan pengamatan lapangan dan P-GIS bersama warga dan pengelola air terjun. Kemudian dilakukan simulasi evakuasi di lokasi wisata tersebut dengan dicatat waktu evakuasinya

serta dilakukan oleh beberapa pelaku evakuasi dengan usia yang berlainan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Kemudian selama proses penelitian dilakukan penulis mendapatkan data kecepatan banjir yang terjadi pada tahun 2014 yang dilakukan secara tidak langsung menggunakan kamera. Proses selanjutnya dilakukan pengukuran penampang melintang sungai untuk mengetahui debit dengan pendekatan Persamaan Manning untuk mengetahui kondisi debit lokasi pengukuran dan lokasi rekomendasi.

Lokasi rekomendasi pemasangan alat didapatkan dengan menghitung kecepatan banjir melalui obyek terapung (*debris*) yang terekam kamera penulis dengan waktu evakuasi yang dibandingkan dengan waktu puncak hidrograf banjir.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengukuran Curah Hujan Dan Tinggi Muka Air

Dari ketiga hidrograf yang memiliki tinggi muka air lebih dari 50 cm, dapat disimpulkan pada Tabel 1. Kejadian banjir bandang hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa waktu dari puncak hujan sampai kenaikan tertinggi muka air sungai mempunyai rentang waktu 35 - 45 menit. Sehingga apabila asumsi waktu dari awal kenaikan tinggi muka air sungai sampai mencapai terjadi kenaikan tertinggi muka air sungai sebagai waktu puncak banjir bandang.

Tabel 1. Tabel Hubungan Antara Curah Hujan Dan Ketinggian Muka Air

No	Tanggal	Waktu Kenaikan Hidrograf	Waktu Puncak Banjir	Waktu Menuju Puncak
1	03/03/ 2015	19.50	20.30	40 menit
2	12/03/ 2015	13.30	14.15	45 menit
3	28/03/ 2015	13.25	14.00	35 menit

Sumber: Penulis, 2015

Maka waktu puncak banjir bandang yang digunakan untuk pembandingan waktu evakuasi adalah waktu tempuh tercepat dalam hal ini adalah 35 menit.

3.2. Pengukuran Kecepatan Banjir

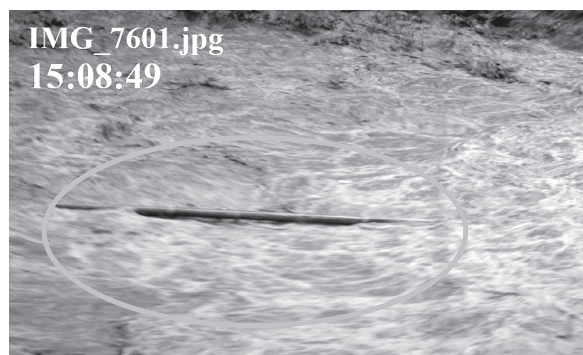
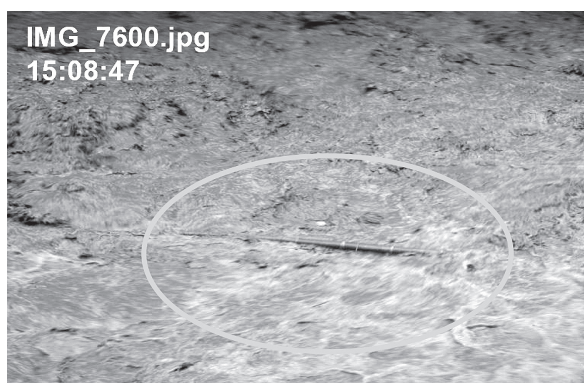
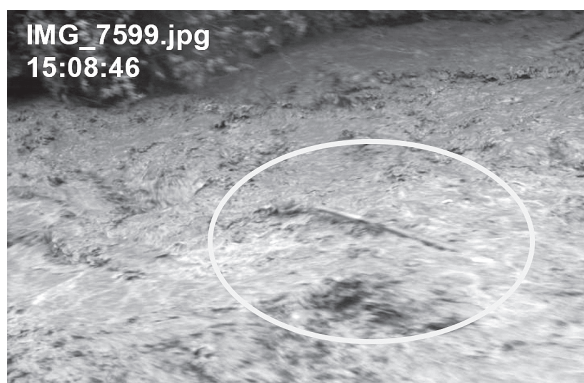
Pengukuran kecepatan banjir bandang dapat dilakukan dengan berbagai cara salah satunya seperti gambar yang terekam oleh kamera (Lumbroso dan Gaume, 2012). Pengukuran kecepatan banjir bandang menggunakan foto yang didapat pada waktu terjadi banjir bandang pada tanggal 5 Maret 2014.

Waktu yang terekam pada kamera pada Gambar 1. di atas dimulai pada pukul 15:08:46 dan berakhir pada pukul 15:08:51. Sehingga rentang waktu bambu yang hanyut terbawa banjir tersebut adalah selama 5 detik. Sedangkan Panjang lintasan bambu sebagai *debris flow* yang terekam kamera foto digital pada waktu terjadi banjir bandang tanggal 5 Maret 2014 sepanjang 20 meter seperti Gambar 2.

Sedangkan ilustrasi lintasan bambu yang hanyut terbawa banjir bandang di air terjun kedung kayang pada tanggal 5 Maret 2014 tersebut setelah dilakukan pengukuran di lapangan adalah sekitar 20 meter. Sehingga kecepatan banjir bandang dengan asumsi sama dengan waktu bambu hanyut terbawa arus adalah:

$$\text{Kecepatan banjir} = \frac{\text{jarak}}{\text{waktu}} \quad (1)$$

Sehingga didapat dari perhitungan diatas kecepatan banjir bandang dengan asumsi mempunyai kecepatan sama dengan bilah bambu yang hanyut adalah 4 m/detik.



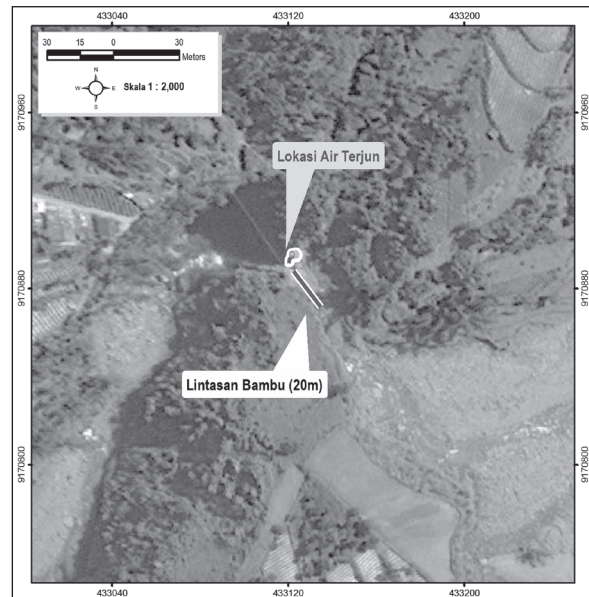
Gambar 2. Foto Sekuensial Bambu (Dilingkari) yang Hanyut Terbawa Banjir Bandang Air Terjun Kedung Kayang
(Foto Diambil Penulis Tanggal 05 Maret 2014)

3.3. Penentuan Lokasi Titik Aman di Air Terjun Kedung Kayang

Dari pengamatan lapangan dan hasil masukan warga sekaligus pengelola air terjun kedung kayang melalui Participatory GIS (P-GIS) maka dapat ditentukan terdapat 3 titik lokasi potensial yang dapat digunakan sebagai titik aman untuk evakuasi pengunjung air terjun. Dari ketiga lokasi potensial tersebut dapat ditentukan lokasi aman untuk simulasi evakuasi pengunjung air terjun dengan membandingkan dengan kriteria khusus yang disarankan oleh Alam (1992) sebagai *shelter* evakuasi banjir. Kriteria yang digunakan adalah:

- Elevasi tanah (kriteria keamanan)
- Kedalaman banjir (kriteria keamanan)
- Kemudahan aksesibilitas (kriteria komunikasi)
- Infrastruktur yang tersedia (mengoptimalkan kriteria-perencanaan)
- Kondisi tanah (kriteria keamanan)
- Penggunaan lahan yang berdekatan (kriteria perencanaan)
- Pilihan masyarakat (kriteria rakyat)

Sehingga lokasi titik aman yang dipilih untuk simulasi evakuasi untuk pengunjung adalah lokasi titik aman seperti Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi Jarak Lintasan Bambu Sebagai Indikator Kecepatan Banjir Bandang di Air Terjun Kedung Kayang pada Tanggal 05 Maret 2014

Tabel 2. Pemilihan Lokasi Aman Berdasarkan Kriteria Shelter Banjir

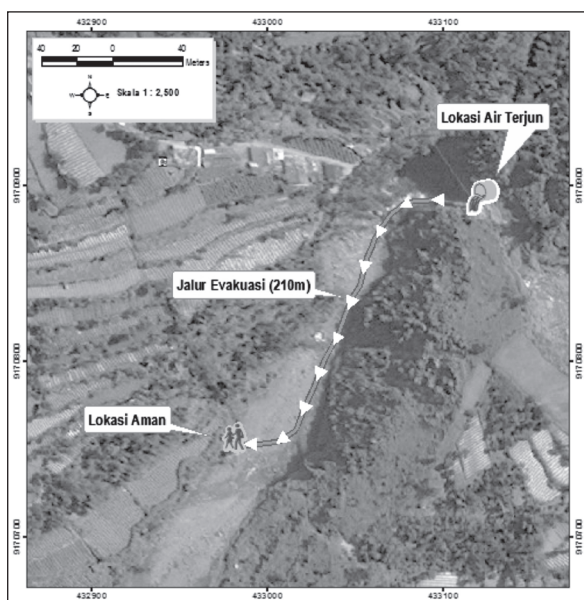
No	Lokasi Potensial	Kriteria Terpenuhi	Kriteria Tidak Terpenuhi
1	A	<ul style="list-style-type: none"> Elevasi Tanah (a) Kemudahan Aksesibilitas (c) Kondisi Tanah (e) 	<ul style="list-style-type: none"> Kedalaman Banjir (b) Infrastruktur Tersedia (d) Penggunaan Lahan yang berdekatan (f) Pilihan Masyarakat (g)
2	B	<ul style="list-style-type: none"> Elevasi Tanah (a) Kedalaman Banjir (b) 	<ul style="list-style-type: none"> Kemudahan aksesibilitas (c) Kondisi Tanah (e) Infrastruktur Tersedia (d) Penggunaan Lahan yang berdekatan (f) Pilihan Masyarakat (g)
3	C	<ul style="list-style-type: none"> Elevasi Tanah (a) Kedalaman Banjir (b) Kemudahan Aksesibilitas (c) Infrastruktur Tersedia (d) Kondisi Tanah (e) Penggunaan Lahan yang Berdekatan (f) Pilihan Masyarakat (g) 	

3.4. Pengukuran Waktu Simulasi Evakuasi

Pengukuran waktu evakuasi dilakukan dengan melakukan simulasi di lapangan. Proses simulasi dilakukan dari area bawah air terjun sebagai fokus utama pengunjung yang biasanya mengambil foto dari lokasi tersebut dan merupakan atraksi utama dari obyek wisata air terjun kedung kayang tersebut.

Hasil pengamatan lapangan menunjukkan jalur evakuasi yang ditempuh pengunjung dari lokasi bawah air terjun menuju lokasi titik aman yang telah ditentukan seperti terlihat pada Gambar 4.

Penghitungan waktu evakuasi dilakukan dengan melakukan proses pendekatan simulasi untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan pengunjung apabila terjadi peringatan banjir bandang dari area air terjun menuju lokasi titik aman yang telah ditentukan. Hasil simulasi yang dilakukan dapat terlihat dari Tabel 3.



Gambar 4. Jalur Evakuasi Pengunjung Air Terjun Kedung Kayang

Tabel 3. menunjukkan hasil evakuasi yang diperlukan dari area bawah air terjun yang merupakan lokasi favorit pengunjung tempat wisata menuju lokasi titik aman yang telah ditentukan.

Menurut Sugimoto *et al.*, (2003), kecepatan evakuasi tergantung pada kondisi fisik dan usia penduduk serta kondisi fisik rute evakuasi dan lain sebagainya. Berdasarkan Sugimoto *et al.* (2003) nilai kecepatan rata-rata berjalan orang yang sudah tua adalah 0,948 m/detik. Sedangkan waktu hasil simulasi dari Tabel 3. kecepatan waktu berjalan orang yang sudah tua dalam hal ini diwakili oleh data pengunjung4 yaitu 0,418 m/detik. Hal ini dimungkinkan karena kondisi fisik medan yang dilalui adalah kawasan air terjun dan merupakan sungai dengan banyak batuan licin yang harus dilewati. Sehingga waktu respon evakuasi dalam hal ini dapat menggunakan waktu tempuh berjalan orang yang sudah tua seperti dalam Tabel 3 yang bernilai 8,37 menit.

Menurut Urbanik *et al.*, (1980), waktu evakuasi adalah penjumlahan dari waktu notifikasi, waktu persiapan dan waktu respon evakuasi. Sehingga dalam hal ini dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Waktu Evakuasi} = \text{Notifikasi} + \text{Persiapan} + \text{Waktu Respon Evakuasi} \quad (2)$$

Waktu 1 menit untuk notifikasi diperlukan dengan alasan pemberian tanda bahaya berupa sirine selama 1 menit sudah dianggap cukup jelas bagi pengunjung air terjun untuk mengetahui tanda bahaya dan segera meninggalkan posisi mereka menuju lokasi aman. Karena lokasi wisata terletak di lokasi yang terpencil sehingga hanya suara air terjun yang terdengar dari penjuru area wisata, sehingga apabila bunyi sirine dibunyikan maka akan langsung terdengar bagi pengunjung

Tabel 3. Tabel Simulasi Waktu Evakuasi dari Lokasi Air Terjun Menuju Lokasi Aman yang Telah Ditentukan

No	Identitas	Jenis Kelamin	Usia (tahun)	Menit	Detik	Jarak Tempuh (m)	Kecepatan (m/detik)	Keterangan
1	Pengunjung 1	Laki-laki	32	3,1	186	210	1.129 m/d	berlari
2	Pengunjung 2	Laki-laki	33	3,4	204	210	1,029 m/d	berlari
5	Pengunjung 3	Laki-laki	34	6,55	393	210	0,534 m/d	berjalan
6	Pengunjung 4	Laki-laki	70	8,37	502	210	0,418 m/d	berjalan

di area wisata air terjun kedung kayang. Serta alokasi waktu 1 menit untuk persiapan sebelum evakuasi juga diperlukan karena setelah mendengar bunyi sirine mereka memerlukan pemahaman untuk melakukan evakuasi ke lokasi aman. Sehingga menggunakan rumus waktu evakuasi di atas diperoleh waktu evakuasi 10,37 menit untuk pengunjung meninggalkan lokasi wisata air terjun kedung kayang menuju titik lokasi aman.

3.5. Penentuan Lokasi Pemasangan Alat Telemetry

Lokasi pemasangan alat telemetry dapat ditentukan dengan mencari jarak lokasi air terjun ke arah hulu dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Jarak minimal pemasangan alat} = \frac{\text{kecepatan banjir} \times \text{waktu evakuasi}}{\quad} \quad (3)$$

Maka lokasi minimal pemasangan alat dari lokasi air terjun adalah 2,48 km seperti terlihat pada Gambar 4.

Jarak yang didapat tersebut (2,48 km) masih memungkinkan pengiriman sinyal tanda bahaya dari alat telemetry ke alarm peringatan dini banjir bandang maupun ke HT pengelola air terjun seperti yang sudah dilakukan dengan cara manual. Hal ini karena di lokasi penelitian sering kali sinyal telepon genggam sering tidak terdapat.

3.6. Perhitungan Debit Sungai Berdasarkan Pengukuran Penampang Melintang Sungai

Berdasarkan pengukuran penampang melintang sungai serta ketinggian muka air pada tanggal 3 Maret 2015 maka didapatkan hasil penampang melintang sungai pada lokasi pemasangan alat di lokasi penelitian. Luas penampang basah (A) pada lokasi tersebut adalah 32,7 m². Kemudian dari penampang sungai tersebut dapat diketahui panjang parameter basah (P) adalah 35,4 m. Sehingga menggunakan rumus:

$$R = \frac{A}{P} \quad (4)$$

Maka dapat diketahui Radius Hidraulik (R) adalah 0,924 m.

Berdasarkan hasil penentuan lokasi pemasangan telemetry maka lokasi tersebut dapat digunakan sebagai segmen ruas untuk menghitung kemiringan garis energi (S) dalam

hal ini menggunakan elevasi titik A (lokasi pemasangan alat) yaitu 1012,5 m dan elevasi titik B (lokasi rekomendasi pemasangan telemetry) yaitu 1125 m sehingga dengan menggunakan rumus di bawah ini nilai S dapat diketahui:

$$S = \frac{\text{elevasi titik B} - \text{elevasi titik A}}{\text{jarak antara titik A dan titik B}} \quad (5)$$

Maka kemiringan garis energi (S) nilainya dapat diketahui sebesar 0,0452.

Berdasarkan pengamatan lapangan dan indeks koefisien kekerasan manning menunjukkan bahwa material permukaan sungai adalah saluran alam dengan material gravel maka nilai koefisien kekerasan manning untuk pendekatan perhitungan kecepatan menggunakan nilai koefisien manning 0,0025. Sehingga untuk mendapatkan nilai debit pada saat terjadi banjir pada tanggal 3 Maret 2015 di lokasi pemasangan alat maka dapat menggunakan rumus yang diturunkan dari persamaan *manning* di bawah ini:

$$Q = V \cdot A \text{ karena } V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

$$\text{maka } Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Sehingga hasil pendekatan kecepatan pada saat terjadi banjir di lokasi pemasangan alat dengan persamaan manning dapat ditentukan sebesar 8,06 m/det serta nilai debit sebesar 263,562 m³/det.

Sedangkan pada penampang melintang (*cross section*) sungai di lokasi rekomendasi pemasangan alat telemetry untuk sistem peringatan dini banjir bandang. Luas penampang melintang pada lokasi tersebut adalah sebesar 30,8 m². Sehingga dengan asumsi kecepatan yang sama pada perhitungan banjir di lokasi pemasangan alat sebesar 8,06 m/det dapat diketahui nilai debit menggunakan rumus:

$$Q = V \cdot A \quad (7)$$

Maka nilai debit dengan pendekatan tersebut mendapatkan nilai sebesar 248,248 m³/detik. Nilai debit yang didapatkan pada lokasi pengukuran tinggi muka air sungai tidak terlalu jauh dengan nilai debit yang didapatkan pada titik lokasi rekomendasi pemasangan alat telemetry sistem peringatan dini banjir bandang. Sehingga nilai yang didapatkan pada lokasi rekomendasi akan mempunyai nilai yang mendekati pada lokasi pengukuran apabila

nantinya digunakan untuk sistem peringatan dini banjir bandang.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

- a. Hasil pengukuran tinggi muka air dan curah hujan terdapat tiga kali kenaikan tinggi muka air di atas 50 cm yang diasumsikan sebagai ambang batas bahaya banjir bandang. Ketinggian muka air tertinggi yaitu 1,08 m didapatkan pada tanggal 3 Maret 2015 pada pukul 20.30. Waktu puncak banjir bandang tercepat dari 3 hidrograf tersebut didapat pada tanggal 28 Maret 2015 dengan waktu puncak 35 menit. Serta kecepatan banjir bandang yang terjadi pada tanggal 5 Maret 2014 terekam kamera oleh penulis mempunyai kecepatan yaitu 4 m/detik.
- b. Lokasi aman pengunjung untuk evakuasi banjir bandang ditentukan dari 3 lokasi potensial yang ada berdasarkan kriteria dan pengamatan lapangan. Hasil penentuan lokasi berdasarkan kriteria tersebut dipilih di koordinat 432979.857, 9170755.544.
- c. Waktu evakuasi yang dibutuhkan oleh pengunjung air terjun Kedung Kayang untuk mencapai lokasi aman adalah selama 10,37 menit. Hal ini dihitung berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan orang yang sudah berusia tua (70 tahun) serta membutuhkan waktu evakuasi 8,37 menit. Waktu tersebut ditambahkan dengan waktu notifikasi dan waktu persiapan evakuasi yang berdasarkan pengamatan lapangan membutuhkan waktu masing-masing 1 menit.
- d. Lokasi sesuai untuk pemasangan alat telemetri di daerah aliran sungai yaitu terletak 2,48 km dari air terjun pada koordinat 434807.29, 9171103.89. Hal ini karena nilai waktu puncak hidrograf tercepat yaitu 35 menit. waktu

tersebut lebih lama dari waktu evakuasi yang dibutuhkan yaitu 10,37 menit maka waktu 10,37 menit tersebut sebagai dasar penentuan lokasi rekomendasi pemasangan alat telemetri.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alam, N., 1992, Master Plan of Flood Shelter Functioning as Community Centre for Disaster Management and Rural Development, Thesis, Bangladesh University of Engineering and Technology.
2. Lumbroso, D., dan E. Gaume, 2012, Reducing The Uncertainty in Indirect Estimates of Extreme Flash Flood Discharges, *Journal of Hydrology*, Volumes 414-415, 11 January 2012, Pages 16-30, ISSN 0022-1694, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.08.048>
3. Sugimoto, T., H. Murakami, Y. Kozuki, dan K. Nishikawa, 2003, A Human Damage Prediction Method for Tsunami Disasters Incorporating Evacuation Activities, *Natural Hazards*, 29: 585-600.
4. Urbanik, T., A. Desrosiers, M.K. Lindell, C.R. Schuller, 1980, Analysis of Techniques For Estimating Evacuation Times for Emergency Planning Zones, Emergency Preparedness Program Office of Nuclear Reactor Regulation, U.S. Nuclear Regulatory Commission.
5. www.semarang.basarnas.go.id, 2012, Banjir Bandang Tewaskan 3 Mahasiswa, <http://www.semarang.basarnas.go.id/berita/banjir-bandang-tewaskan-3-mahasiswa>

Diterima: 10 Agustus 2016

Disetujui setelah revisi: 5 Oktober 2016

ANALISIS RISIKO BANJIR BANDANG AKIBAT KERUNTUHAN EMBUNG TAMBAKBOYO DI KECAMATAN DEPOK, KABUPATEN SLEMAN

FLASH FLOOD RISK ANALYSIS DUE TO BREACH OF TAMBAKBOYO SMALL DAM ON DEPOK SUB DISTRICT, SLEMAN DISTRICT

Muslimin¹, Sudibyakto² dan Adam Pamudji Rahardjo³

¹Mahasiswa S2 Prodi Geoinformasi untuk Manajemen Bencana, UGM, Yogyakarta

²Dosen Fakultas Geografi, UGM, Yogyakarta

³Dosen Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta

e-mail: muslimin@mail.ugm.ac.id

Abstrak

Embung Tambakboyo merupakan tampungan air yang terbentuk dengan membendung Sungai Tambakbayan di Kecamatan Depok, Kabupaten Sleman. Di samping manfaatnya, Embung Tambakboyo memiliki potensi bahaya berupa banjir bandang akibat keruntuhan tubuh embung. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan analisis dan pemetaan risiko banjir akibat keruntuhan Embung Tambakboyo. Analisa dan pemetaan daerah terdampak banjir bandang akibat kegagalan embung dilakukan dengan simulasi program HEC-GeoRAS. Analisis kerentanan dilakukan dengan melakukan kajian dan survei lapangan. Analisis dan pemetaan risiko dilakukan dari hasil analisis bahaya dan kerentanan. Hasil analisis risiko digunakan untuk mengevaluasi dokumen perencanaan tata ruang terhadap tingkat risiko banjir serta terhadap kondisi eksisting. Hasil simulasi menunjukkan bahwa keruntuhan Embung Tambakboyo menyebabkan volume banjir sebesar 1.361.565 m³ dengan debit puncak mencapai 1.228 m³/detik. Banjir tersebut menggenangi 117,6 ha area yang diukur dari hilir Embung Tambakboyo hingga kawasan Bandara Adisucipto. Hasil analisis risiko menunjukkan bahwa tingkat risiko rendah seluas 27,4 ha, sedang seluas 50,3 ha, dan tinggi 39,8 ha. Evaluasi ruang menunjukkan adanya peningkatan risiko pada kawasan pembangunan apartemen area sempadan sungai. Pembangunan apartemen pada area tersebut tidak tepat karena berada pada kawasan yang rawan terkena banjir.

Kata Kunci: keruntuhan embung, risiko banjir bandang, Embung Tambakboyo, HEC-GeoRAS.

Abstract

Tambakboyo Small Dam is a reservoir formed by dammed Tambakbayan River on Depok Subdistrict, Sleman District. Besides its benefits, Tambakboyo Small Dam has flash flood hazard potential due to breach of its dam. The main objective of this research is to analysis and mapping of flash flood risk due to breach of Tambakboyo Small Dam. Flash flood inundation is analyzed and mapped by HEC-GeoRAS simulation. Vulnerability analysis is done by study of field survey result. Risk analysis is resulted from flash flood hazard compared with vulnerability. Evaluation of land use planning is done related to the result of flash flood risk analysis due to breach of Tambakboyo Small Dam. Simulation result showed that breach of Tambakboyo Small Dam brought 1.361.565 m³ of flash flood with discharge peak reached 1.228 m³/s. The inundation of this flood reached 117,6 ha area measured from Tambakboyo Small Dam until Adisucipto Airport area. Risk analysis showed that low risk area of flood reached 27.4 ha, middle 50.3 ha, and high 39,8 ha. Increasing of high risk flood was occurred on apartment development area located on flood plain area. Apartment development on this area was not appropriated because located on flood hazard area

Keywords: dam break, flash flood risk, Tambakboyo Small Dam, HEC-GeoRAS.

tampang basah (m^2), t menunjukkan waktu dalam detik, dan q_l adalah aliran lateral dari kiri dan kanan sungai ($m^3/s/m$).

Menurut hukum kekekalan momentum jumlah fluks momentum yang masuk dan keluar volume kontrol dan jumlah gaya yang masuk ke volume kontrol sama dengan perubahan momentum di dalam volume kontrol. Persamaan momentum yang umum digunakan yaitu:

$$\frac{\partial y}{\partial x} + \frac{\alpha V}{g} \frac{\partial V}{\partial x} + \frac{1}{g} \frac{\partial V}{\partial t} = S_0 - S_f$$

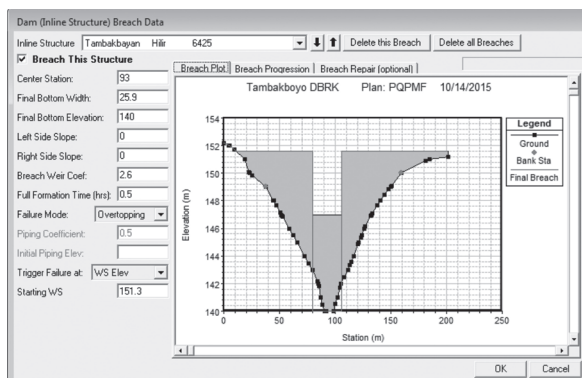
dengan α adalah koefisien koreksi kecepatan rerata tampang basah (koefisien coriolis), g adalah gravitasi bumi (m/s^2), S_0 adalah kemiringan garis energi, S_f adalah gaya gesekan, dan y adalah elevasi muka air (m). S_f (gaya gesekan) dihitung menurut persamaan Manning yaitu:

$$S_f = \frac{V^2 n^2}{k_n^2 R^{4/3}} = \frac{n^2 Q^2}{k_n^2 A^2 R^{4/3}} = \frac{P^{4/3} n^2 Q^2}{k_n^2 A^{10/3}}$$

di mana n = angka manning, R = radius hidraulik, P = keliling basah, dan $k_n = 1,0 \text{ m}^{1/3}/s$.

2.3. HEC-GeoRAS

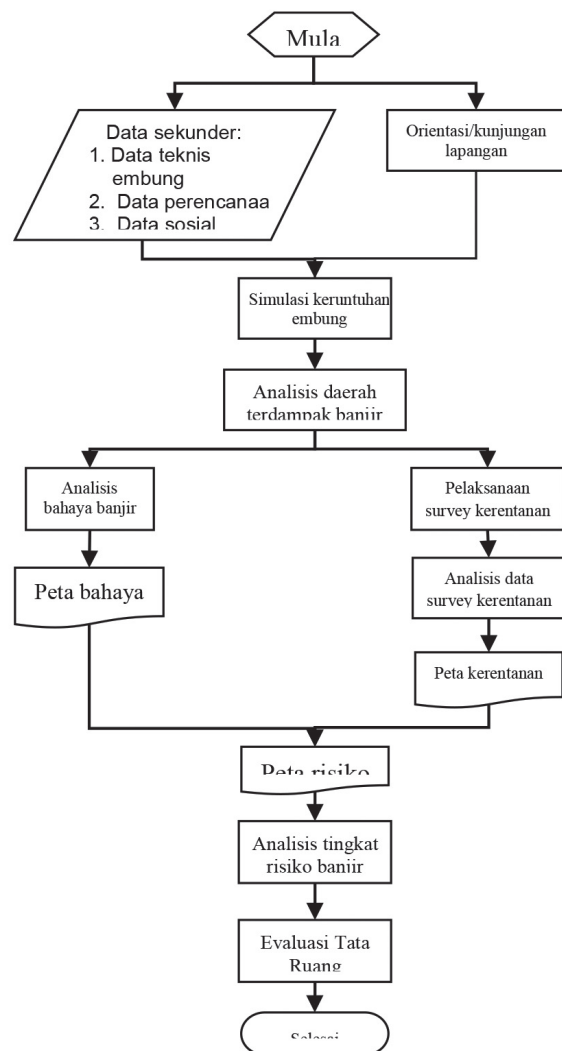
HEC-GeoRAS merupakan aplikasi yang dikembangkan untuk mengintegrasikan antara pemodelan hidraulik pada HEC-RAS dan pemetaan pada Arc-GIS. Dengan aplikasi tersebut data-data hasil dari simulasi HEC-RAS telah tergeoreferensi sehingga dapat diolah dalam aplikasi pemetaan (Arc-GIS). Beberapa data pendukung yang dibutuhkan untuk melakukan simulasi banjir tersebut meliputi: geometri sungai, angka kekasaran manning, debit banjir yang digunakan, dan parameter keruntuhan tubuh embung. Gambar 2 memberikan gambaran proses pemodelan keruntuhan embung dengan aplikasi HEC-Geo RAS.



Gambar 2. Input Keruntuhan Bendungan pada Program HEC-RAS

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini meliputi analisis bahaya keruntuhan embung, analisis kerentanan, risiko dan evaluasi perencanaan tata ruang. Analisis bahaya berupa banjir akibat keruntuhan Embung Tambakboyoy. Analisis tingkat bahaya banjir dihitung berdasarkan tiga parameter yaitu kedalaman, kecepatan, dan *warning time*. Analisis kerentanan dilakukan berdasarkan data sekunder dan data primer pada area terdampak banjir dari tiga parameter yaitu: fisik, sosial, dan ekonomi. Analisis risiko dilakukan berdasarkan hasil analisis bahaya dan kerentanan. Hasil analisis risiko digunakan untuk mengevaluasi dokumen perencanaan tata ruang terhadap tingkat risiko banjir serta terhadap implementasinya di lapangan. Gambar 3 menunjukkan bagan alir penelitian ini.



Gambar 3. Bagan Alir Penelitian

3.1. Lokasi Penelitian

Pada penelitian ini lokasi yang dipilih adalah area terdampak banjir bandang akibat keruntuhan Embung Tambakboyo mulai dari hilir Embung Tambakboyo hingga Area Bandara Adi Sucipto.

3.2. Pemodelan Keruntuhan Embung

Pemodelan keruntuhan embung dilakukan untuk mendapatkan debit dan volume yang terjadi akibat keruntuhan Embung Tambakboyo. Kajian terhadap model keruntuhan Embung Tambakboyo diawali dengan menentukan penyebab keruntuhan tubuh embung. Kajian terhadap penentuan penyebab keruntuhan tubuh embung dilakukan dengan melakukan analisis secara sederhana terhadap data-data sekunder yang ada.

3.3. Analisis Tingkat Bahaya Banjir

Banjir yang di Sungai Tambakbayan diperoleh dari pemodelan keruntuhan Embung Tambakboyo. Analisis tingkat bahaya banjir bandang akibat keruntuhan Embung Tambakboyo dilakukan berdasarkan tiga parameter yaitu: kedalaman (h), kecepatan (v), dan warning time (t). Parameter banjir tersebut merupakan parameter yang disarankan dalam penyusunan Rencana Tindak Darurat (*emergency action plan*) untuk bendungan dengan ukuran kecil. Analisis tingkat bahaya banjir dilakukan secara kuantitatif. Kuantifikasi masing-masing parameter bahaya banjir dilakukan berdasarkan indikator dan kriteria tingkat bahaya banjir seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Kuantifikasi Indikator Bahaya Banjir

No	Parameter	Bobot	Kelas	Indikator	Skor
1	Kedalaman (m)	0,33	Rendah	$< 1,0$	0,25
			Sedang	$1,0 - 1,5$	0,50
			Tinggi	$> 1,5$	0,75
2	Kecepatan (m/s)	0,33	Rendah	$< 0,5$	0,25
			Sedang	$0,5 - 1,0$	0,50
			Tinggi	$> 1,0$	0,75
3	Warning time (jam)	0,33	Rendah	> 5	0,25
			Sedang	$1 - 5$	0,50
			Tinggi	< 1	0,75
	Total	1,00			1 s.d. 3

Sumber: Alkema (2011) dengan modifikasi

3.4. Analisis Kerentanan

Analisis kerentanan dilakukan dengan mengolah data sekunder dan data primer. Data sekunder diperoleh dari instansi-instansi terkait dan analisis citra. Analisis kerentanan dilakukan secara kuantitatif pada masing-masing parameter kerentanan yang meliputi: fisik, sosial dan ekonomi. Parameter kerentanan fisik meliputi: tipe bangunan, letak bangunan dari sungai, dan kepadatan bangunan. Parameter kerentanan sosial meliputi: kepadatan penduduk, rasio kelompok umur rentan, rasio kelompok gender, dan rasio tingkat kesejahteraan. Parameter kerentanan ekonomi yang digunakan adalah estimasi nilai ekonomi lahan yang terdampak banjir. Kuantifikasi kerentanan pada kawasan rawan banjir akibat keruntuhan Embung Tambakboyo ditunjukkan pada Tabel 2.

3.5. Analisis Risiko

Analisis risiko dilakukan berdasarkan hasil analisis bahaya dan kerentanan. Dalam hal ini dilakukan penyusunan matriks risiko digunakan untuk mempermudah proses penilaian risiko banjir di Sungai Tambakbayan akibat keruntuhan Embung Tambakboyo. Matriks risiko disusun seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

		KERENTANAN		
		Rendah	Sedang	Tinggi
B A H A Y A	Rendah	Rendah	Rendah	Sedang
	Sedang	Rendah	Sedang	Tinggi
	Tinggi	Sedang	Tinggi	Tinggi

Gambar 4. Matriks Risiko Banjir

3.6. Evaluasi Tata Ruang

Hasil analisis risiko digunakan untuk mengevaluasi tata ruang pada kondisi eksisting terhadap tingkat risiko banjir. Evaluasi terhadap tata ruang dilakukan dengan membandingkan hasil penilaian risiko banjir akibat keruntuhan Embung Tambakboyo dengan kondisi penggunaan lahan di lapangan. Kajian dilakukan dengan melihat pengaruh tata ruang terhadap hasil analisis risiko banjir akibat keruntuhan Embung Tambakboyo. Evaluasi tersebut juga dalam rangka memberikan pertimbangan dalam melakukan penataan ruang.

Tabel 2. Kuantifikasi Indikator Kerentanan Banjir

No	Parameter	Bobot	Kelas	Kriteria	Skor Akhir
Kerentanan Fisik		0,33			
1	Tipe bangunan ¹ (satuan interpretasi citra)	0,33	Rendah	Permanen	0,25
			Sedang	Semi permanen	0,50
			Tinggi	Non permanen	0,75
2	Letak bangunan terhadap sungai ¹	0,33	Rendah	Di luar bantaran banjir	0,25
			Sedang	Di bantaran banjir	0,50
			Tinggi	Pada alur sungai	0,75
Total kerentanan fisik		1			1 s.d. 3
Kerentanan Sosial ³		0,33			
1	Kepadatan penduduk (orang/km ²)	0,25	Rendah	< 500	0,25
			Sedang	500 - 1000	0,50
			Tinggi	> 1000	0,75
2	Rasio kelompok umur rentan (%)	0,25	Rendah	< 20	0,25
			Sedang	20 - 40	0,50
			Tinggi	> 40	0,75
3	Rasio gender (%)	0,25	Rendah	< 20	0,25
			Sedang	20 - 40	0,50
			Tinggi	> 40	0,75
4	Rasio tingkat kesejahteraan (%)	0,25	Rendah	< 20	0,25
			Sedang	20 - 40	0,50
			Tinggi	> 40	0,75
Total kerentanan fisik		1			1 s.d. 3
Kerentanan Ekonomi ³		0,33			
1	Nilai ekonomi lahan (Juta/hektar)	1	Rendah	< 50	1
			Sedang	50 - 200	2
			Tinggi	> 200	3
Nilai kerentanan total		1,00			1 s.d. 3

Sumber: Alkema (2011) dengan modifikasi

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pemodelan Keruntuhan Embung

Data sekunder yang digunakan untuk melakukan kajian keruntuhan pemodelan keruntuhan berupa data perencanaan Embung Tambakboyo. Data tersebut memberikan gambaran mengenai kondisi hidrologi, geologi, dan desain struktural. Hasil kajian tersebut menghasilkan parameter-parameter keruntuhan Embung Tambakboyo sebagai berikut ini:

- Probabilitas terbesar penyebab keruntuhan Embung Tambakboyo diakibatkan oleh likuifaksi yang dipicu oleh gempa. Likuifaksi menyebabkan daya dukung tanah pada pondasi embung menurun sehingga tidak mampu menopang tubuh embung.
- Lebar keruntuhan tubuh embung (B) adalah sepanjang tubuh embung ($B=L$).

- Kemiringan sisi keruntuhan embung (H:V) yang terjadi adalah vertikal disebabkan keruntuhan dimulai dari dasar atau pondasi embung.
- Waktu yang dibutuhkan untuk keruntuhan tubuh embung (t_f) diestimasikan 0,5 jam.
- Gorong-gorong diasumsi mengalami keruntuhan. Keruntuhan gorong-gorong diasumsikan sebagai bendungan urugan tanah, dengan kemiringan 1H:1V, dan waktu terjadi keruntuhan selama 2,5 jam

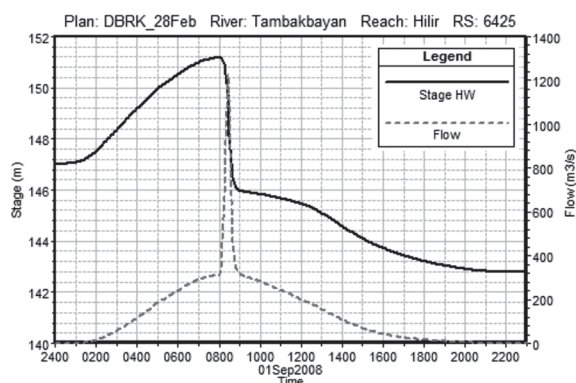
4.2. Pemodelan Banjir

Input pemodelan banjir berupa parameter keruntuhan embung, data geometri sungai, dan debit banjir rencana. Parameter keruntuhan embung telah diperoleh dari hasil pemodelan keruntuhan embung. Data geometri sungai diperoleh dari data sekunder berupa pengukuran

dan dilengkapi kontur peta RBI. Debit banjir rencana adalah debit banjir PMF yang digunakan perencanaan Embung Tambakboyo.

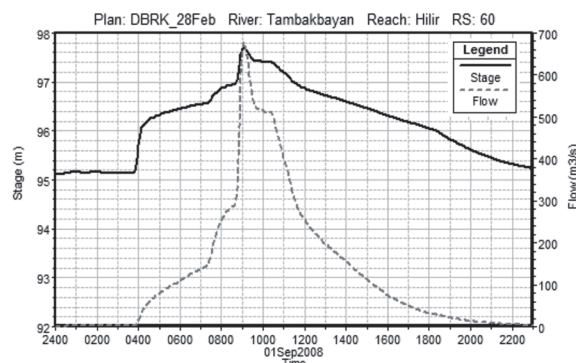
Hasil pemodelan banjir akibat keruntuhan Embung Tambakboyo ditinjau pada dua titik yaitu bagian hulu dan bagian hilir untuk mengetahui pola aliran banjir yang terjadi. Bagian hulu titik tinjauan dilakukan pada *cross section* tubuh Embung Tambakboyo, sedangkan bagian hilir dilakukan pada *cross section* paling hilir yang berjarak sekitar 6 km dari Embung Tambakboyo.

Tinjauan banjir di bagian hulu saat terjadi keruntuhan embung terjadi kenaikan debit secara tiba-tiba dengan puncak debit banjir mencapai $1.228 \text{ m}^3/\text{detik}$, melebihi debit puncak PMF sebesar $327,98 \text{ m}^3/\text{detik}$. Muka air pada tampungan waduk mengalami penurunan drastis dari elevasi 151,2 m hingga elevasinya mencapai 146,12 m. Volume air sebesar $1.361.565 \text{ m}^3$ keluar dari tampungan embung menuju bagian hilir dalam kurun waktu satu jam. Gambar 5 menunjukkan grafik debit dan muka air pada lokasi tinjauan ini.



Gambar 5. Debit dan Muka Air Banjir Akibat Keruntuhan Embung Tambakboyo di Bagian Hulu

Tinjauan banjir di bagian hilir menunjukkan bahwa pengaruh keruntuhan Embung Tambakboyo sampai pada titik ini terjadi 30 menit setelah keruntuhan tubuh embung atau dengan kecepatan rata-rata $3,53 \text{ m}/\text{detik}$. Debit puncak yang terjadi pada titik ini sebesar $677 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hal tersebut menunjukkan adanya peredaman debit puncak dari bagian hulu ke bagian hilir. Peredaman yang terjadi disebabkan oleh pengaruh bangunan-bangunan air yang terdapat di sepanjang Sungai Tambakbayan maupun lebar beberapa ruas sungai yang membentuk area retensi yang menjadi "parkir" sementara banjir. Selain itu, keruntuhan beberapa bangunan air yang ada di Sungai Tambakbayan menyebabkan kenaikan debit banjir walaupun tidak secara signifikan. Gambar 6 menunjukkan pola aliran banjir akibat keruntuhan Embung Tambakboyo di bagian hilir.



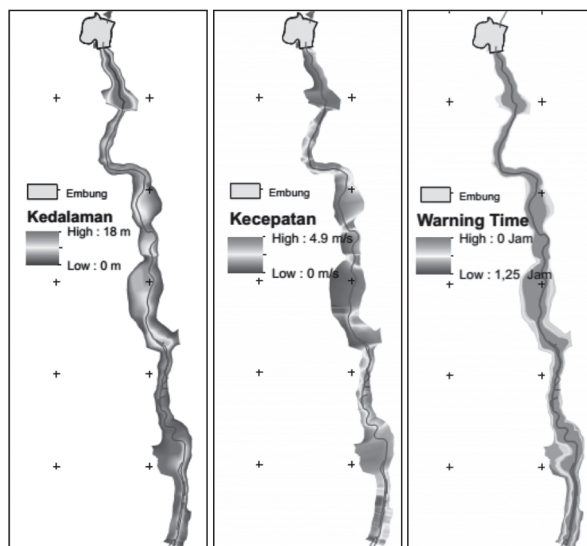
Gambar 6. Debit dan Muka Air Banjir Akibat Keruntuhan Embung Tambakboyo di Bagian Hilir

4.3. Analisis Tingkat Bahaya Banjir

Tingkat bahaya banjir akibat keruntuhan Embung Tambakboyo diukur berdasarkan tiga parameter banjir yaitu: kedalaman, kecepatan, dan *warning time*. Gambar 7 menunjukkan kondisi umum parameter banjir yang berupa kedalaman, kecepatan dan *warning time*.

Kedalaman banjir akibat keruntuhan Embung Tambakboyo rata-rata memiliki kedalaman lebih dari 1,5 m atau tingkat bahaya tinggi. Banjir di hilir masih didominasi oleh tingkat banjir yang tinggi walaupun memiliki dataran banjir yang cukup luas. Hal tersebut disebabkan oleh puncak debit banjir yang masih cukup tinggi. Pada bagian hilir daerah yang memiliki kedalaman banjir sedang dan rendah cukup mendominasi terutama pada daerah-daerah meander yang memiliki bantaran banjir cukup luas.

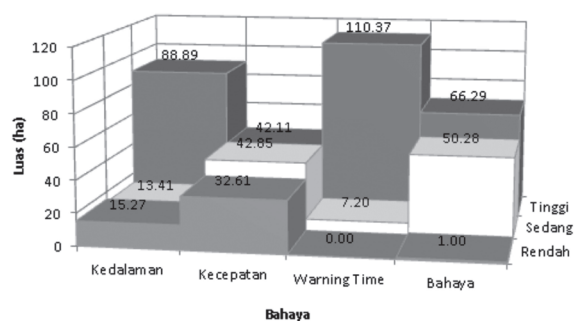
Kecepatan aliran banjir di Sungai Tambakbayan akibat keruntuhan Embung secara umum sangat tinggi dengan kecepatan rata-rata aliran sebesar $2,67 \text{ m}/\text{detik}$. Kecepatan aliran banjir di Sungai Tambakbayan sangat dipengaruhi oleh bentuk/geometri sungai serta keberadaan bangunan-bangunan air yang melintang di Sungai Tambakbayan. Keberadaan bangunan-bangunan air yang melintang sungai, terutama yang berupa bendung dan gorong-gorong menyebabkan aliran air banjir menjadi terhambat sehingga kecepatan aliran berkurang. Hal tersebut dapat dilihat pada kecepatan air sebelum bendung dan gorong-gorong yang dengan cepat menurun dibandingkan dengan kecepatan sebelumnya. Kecepatan setelah bangunan bendung dan gorong-gorong cenderung meningkat secara signifikan diakibatkan oleh adanya keruntuhan bangunan-bangunan tersebut.



Gambar 7. Kedalaman, Kecepatan, dan *Warning Time* Banjir

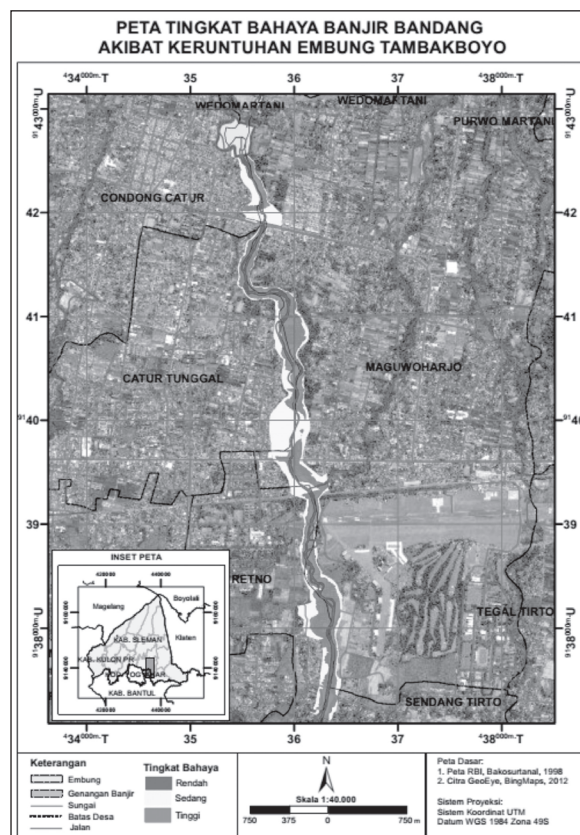
Waktu awal dimulainya *warning time* dalam bencana banjir akibat keruntuhan embung ditinjau yaitu pada saat mulai terjadinya keruntuhan pada tubuh embung. *Warning time* di Sungai Tambakbayan rata-rata relatif singkat, berkisar antara 0 sampai 1,25 jam. Pada saat peringatan banjir diberikan sebagian besar wilayah di Sungai Tambakbayan sudah tergenang banjir. Peringatan banjir di bagian tengah sungai relatif lebih singkat dibandingkan dengan bagian pinggir sungai. Pada bagian hilir sungai peringatan banjir juga memiliki waktu yang lebih lama dibandingkan dengan pada bagian hilir di dekat Embung Tambakboyo

Hubungan antara luas masing-masing tingkat bahaya banjir dengan masing-masing indikator bahaya banjir akibat keruntuhan Embung Tambakboyo ditunjukkan pada Gambar 8. Hubungan tersebut menunjukkan bahwa tingginya tingkat bahaya banjir akibat keruntuhan Embung Tambakboyo disebabkan oleh waktu peringatan banjir yang singkat, kecepatan aliran yang tinggi, dan kedalaman aliran yang tinggi. Hal tersebut ditunjukkan tingkat bahaya tinggi yang mendominasi tiga indikator bahaya banjir tersebut. Uraian tersebut menunjukkan bahwa karakteristik banjir akibat keruntuhan embung maupun bendungan memiliki tingkat bahaya yang tinggi terutama berkaitan dengan kecepatan aliran yang tinggi dan waktu peringatan banjir yang singkat. Dalam banyak kasus banjir akibat keruntuhan bendungan atau embung menyebabkan banyak kerugian karena sifat banjir yang merusak dan tiba-tiba.



Gambar 8. Luas Bahaya Banjir Pada Masing-Masing Indikator Bahaya Banjir

Gambar 9 menunjukkan tingkat bahaya banjir di Sungai Tambakbayan akibat keruntuhan Embung Tambakboyo. Tingkat bahaya banjir di Sungai Tambakbayan didominasi oleh tingkat bahaya sedang hingga tinggi, sedangkan tingkat bahaya rendah sangat sedikit. Tingkat bahaya sedang dengan luas 50,28 ha dan luas mendominasi area-area di sebelah pinggir sungai dan area yang memiliki bantaran sungai yang lebar. Tingkat bahaya banjir tinggi dengan luas 66,29 ha terdapat pada area tengah sungai dan sungai dengan bantaran yang sempit. Tingkat bahaya rendah hanya terdapat pada sebagian kecil pinggir sungai dengan luas sekitar 1,0 ha.

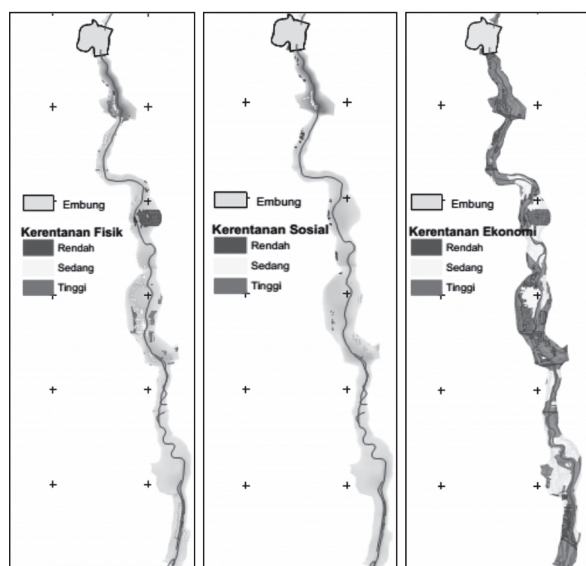


Gambar 9. Tingkat Bahaya Banjir Akibat Keruntuhan Embung Tambakboyo

Tingkat bahaya banjir yang tinggi akibat keruntuhan Embung Tambakboyo dipengaruhi oleh kecepatan dan kedalaman banjir pada alur sungai. Sungai dengan bantaran yang lebar memiliki kapasitas yang besar untuk melewati banjir, sehingga kedalaman dan kecepatan banjir relatif lebih rendah. Sebaliknya sungai dengan bantaran sungai yang sempit memiliki kapasitas yang lebih rendah untuk melewati banjir, sehingga kecepatan dan kedalaman banjir relatif lebih tinggi. Selain itu bangunan-bangunan air yang terdapat di sungai juga mempengaruhi kecepatan dan kedalaman banjir.

4.4. Analisis Kerentanan

Analisis kerentanan dilakukan dengan mengolah data sekunder dan data primer. Data sekunder diperoleh dari instansi-instansi terkait dan analisis citra. Data primer dalam penelitian ini diperoleh dari hasil survai lapangan dengan metode wawancara. Wawancara dilakukan pada 71 responden di sepanjang Sungai Tambakbayan. Tingkat kerentanan total dihitung dari tiga jenis kerentanan yaitu: kerentanan fisik, kerentanan sosial, dan kerentanan ekonomi.



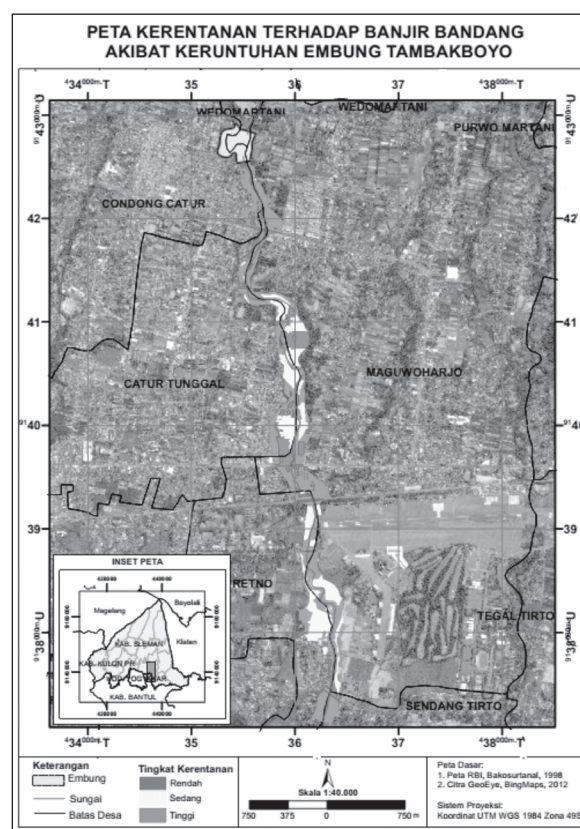
Gambar 10. Kerentanan Fisik, Sosial, dan Ekonomi Pada Area Terdampak Banjir

Penilaian kerentanan fisik dilakukan pada berbagai jenis bangunan yang berada di area terdampak banjir yang meliputi: rumah penduduk, jalan, jembatan, bendung, saluran irigasi, bangunan komersial atau publik, apartemen, dan kolam ikan. Tingkat kerentanan fisik tinggi terdapat pada bangunan yang berada di alur seperti karamba ikan dan bangunan yang melintang di tengah sungai seperti bendung, gorong-gorong, dan jembatan. Tingkat kerentanan

fisik sedang terjadi pada bangunan-bangunan di bantaran sungai seperti apartemen, kolam ikan, permukiman, saluran irigasi, jalan, dan sebagainya. Sedangkan kerentanan fisik rendah terjadi pada bangunan-bangunan di luar bantaran sungai.

Penilaian kerentanan sosial dilakukan dengan tiga jenis indikator yaitu: kepadatan penduduk, rasio kelompok usia rentan, dan rasio gender. Penilaian kerentanan sosial dilakukan pada area permukiman yang tidak memiliki dinamika indikator penilaian kerentanan sosial yang tinggi. Tingkat kerentanan sosial tinggi terjadi pada area permukiman pedesaan, sedangkan kerentanan sedang dan rendah terjadi pada area perumahan. Hal tersebut disebabkan penduduk yang tinggal di area perumahan memiliki penghasilan yang lebih tinggi.

Hasil analisis kerentanan ekonomi menunjukkan tingkat kerentanan ekonomi yang rendah berada pada kawasan semak belukar dan pepohonan. Tingkat kerentanan Sedang berada pada kawasan pertanian yang berupa sawah maupun ladang kering. Sedangkan daerah dengan tingkat kerentanan ekonomi tinggi mendominasi kawasan permukiman dan bangunan lainnya, serta kolam.

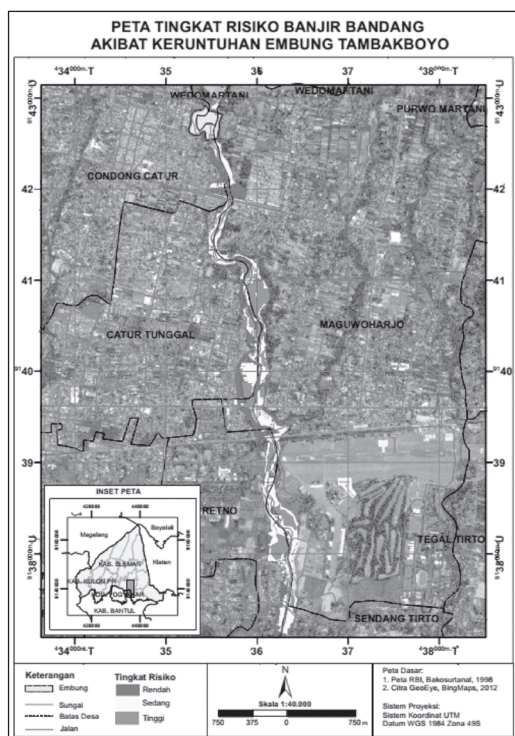


Gambar 11. Tingkat Kerentanan Pada Area Terdampak Banjir Akibat Keruntuhan Embung Tambakboyo

Hasil perhitungan kerentanan total menunjukkan bahwa tingkat kerentanan rendah mencapai luasan 64,05 ha, tingkat kerentanan sedang seluas 33,21 ha, dan tingkat kerentanan tinggi seluas 20,31 ha. Kerentanan fisik menjadi salah satu kawasan dengan tingkat kerentanan yang tinggi, oleh karena itu penambahan bangunan di kawasan terdampak akan membuat kerentanan akan meningkat. Kerentanan fisik menjadi salah satu kawasan dengan tingkat kerentanan yang tinggi, oleh karena itu penambahan bangunan di kawasan terdampak akan membuat kerentanan akan meningkat. Gambar 11 menunjukkan tingkat kerentanan pada area terdampak banjir akibat keruntuhan Embung Tambakboyo.

4.5. Analisis Risiko

Risiko banjir di Sungai Tambakbayan akibat keruntuhan Embung Tambakboyo sebagian besar memiliki tingkat risiko sedang. Tingkat risiko sedang ini berada pada kawasan sawah/ladang, semak belukar, dan pepohonan. Tingkat risiko tinggi didominasi pada kawasan dengan infrastruktur fisik seperti permukiman, kolam ikan dan bangunan lainnya. Sedangkan kawasan dengan tingkat risiko banjir rendah jumlahnya sangat kecil yang terdapat pada kawasan di pinggir area terdampak banjir. Gambar 12 memberikan gambaran secara lebih detail mengenai tingkat risiko banjir di Sungai Tambakbayan akibat keruntuhan Embung Tambakboyo.



Gambar 12. Risiko Banjir Akibat Keruntuhan Embung Tambakboyo

Matriks risiko banjir yang disajikan pada Gambar 13 hubungan antara bahaya dan kerentanan dalam analisis risiko banjir. Dari matriks tersebut diketahui bahwa secara umum tingkat risiko banjir didominasi tingkat risiko sedang dan tinggi. Dominasi risiko banjir yang sedang hingga tinggi disebabkan oleh bahaya yang sedang dan tinggi walaupun memiliki kerentanan yang rendah. Hal tersebut sesuai dengan karakteristik tingkat bahaya banjir bandang akibat keruntuhan embung atau bendungan yang tinggi dengan kecepatan yang tinggi dan *warning time* yang singkat sehingga semakin menaikkan risiko banjir.



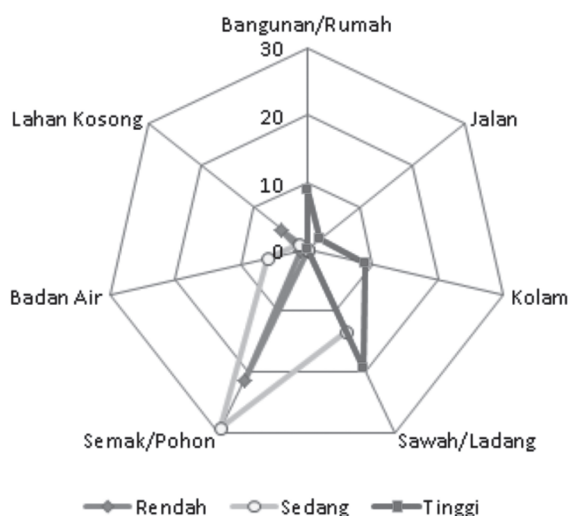
Gambar 13. Matriks Risiko Banjir Akibat Keruntuhan Embung Tambakboyo (Dalam ha)

4.6. Evaluasi Tata Ruang

Evaluasi tata ruang dilakukan terkait dengan hasil analisis risiko yang telah dilakukan. Evaluasi dilakukan khususnya pada area sempadan Sungai Tambakbayan. Penentuan kawasan sempadan sungai mengacu pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No 28/PRT/M/2015 tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan Danau.

Hubungan tingkat risiko banjir dengan tataguna lahan pada area terdampak banjir ditunjukkan pada Gambar 14. Bagan tersebut menunjukkan bahwa tingkat risiko banjir tinggi didominasi oleh tataguna lahan dengan aktivitas manusia yang tinggi seperti bangunan fisik, jalan, kolam, dan sawah. Tataguna lahan pada daerah dengan tingkat risiko sedang berada pada daerah semak/pepohonan, sawah, dan badan air, sedangkan daerah dengan tingkat risiko rendah berada pada daerah pepohonan dan lahan kosong. Dari hubungan tingkat risiko banjir dengan tataguna lahan tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa salah satu upaya pengurangan tingkat risiko banjir dapat dilakukan dengan cara membatasi penggunaan lahan yang memiliki

aktivitas manusia tinggi. Pembatasan tersebut terutama pada daerah-daerah sempadan dan bantaran sungai yang memiliki tingkat bahaya banjir tinggi.



Gambar 14. Hubungan Tingkat Risiko Banjir Akibat Keruntuhan Embung Tambakboyo Dengan Tataguna Lahan (Dalam Ha)

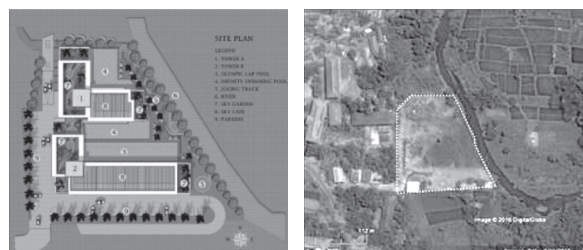
Hasil pengamatan di lapangan dan interpretasi citra menunjukkan adanya penggunaan lahan di kawasan Sungai Tambakbayan yang tidak tepat. Penggunaan lahan tersebut berada di Jalan Solo, pada lokasi pembangunan Apartemen Malioboro City. Lokasi pembangunan apartemen tersebut di dalam kawasan sempadan sungai. Gambar 15 menunjukkan perubahan lahan di lokasi pembangunan Apartemen Malioboro City antara tahun 2007 dan 2015.



Gambar 15. Perubahan Penggunaan Lahan di Kawasan Apartemen Malioboro City, (A) Citra Tahun 2007, (B) Citra Tahun 2015 (Sumber: Google Earth, 2016)

Pemanfaatan sempadan sungai yang tidak sesuai dengan peruntukannya juga terjadi di Dusun Seturan, berupa rencana pembangunan apartemen Green Park. Pembangunan kawasan permukiman pada kawasan sempadan sungai akan semakin meningkatkan risiko banjir

mengingat kawasan tersebut merupakan kawasan rawan bahaya banjir. Gambar 16 menunjukkan proses pembangunan tersebut.



Gambar 16. Rencana Pembangunan Apartemen Green Park (Sumber: Google Earth, 2016)

Pemanfaatan sempadan sungai sebagai kawasan hunian tidak sejalan dengan tujuan penetapan garis sempadan sungai yang dimaksudkan untuk memberikan perlindungan baik kepada sungai juga kepada manusia yang memanfaatkannya. Garis sempadan sungai berfungsi memberikan ruang terhadap proses alami pada sungai seperti ruang banjir dan perubahan geometri sungai terutama pada meander sungai. Proses perubahan geometri di Sungai Tambakbayan masih terjadi pada beberapa ruas sungai terutama pada meander sungai. Pemanfaatan sungai yang tidak sesuai tersebut justru akan meningkatkan risiko kawasan terhadap banjir bandang akibat keruntuhan Embung Tambakboyo.

5. KESIMPULAN

Ancaman bahaya banjir di Sungai Tambakbayan akibat keruntuhan Embung Tambakboyo berdasarkan hasil simulasi menggenangi sekitar 117,6 ha yang diukur dari hilir Embung Tambakboyo hingga kawasan Bandara Adisucipto. Secara umum bahaya banjir di Sungai Tambakboyo akibat keruntuhan Embung Tambakboyo memiliki tingkat bahaya sedang seluas 50,28 ha dan tinggi seluas 66,29 ha, sisanya sekitar 1,0 ha dengan tingkat bahaya rendah. Hal tersebut sesuai dengan karakteristik banjir akibat keruntuhan bendungan yang memiliki kecepatan tinggi dan *warning time* yang singkat.

Hasil perhitungan kerentanan total menunjukkan bahwa tingkat kerentanan rendah mencapai luasan 64,05 ha, tingkat kerentanan sedang seluas 33,21 ha, dan tingkat kerentanan tinggi seluas 20,31 ha. Kerentanan fisik menjadi salah satu kawasan dengan tingkat kerentanan yang tinggi, oleh karena itu penambahan bangunan di kawasan terdampak akan membuat kerentanan akan meningkat. Tingkat kerentanan tinggi secara umum terjadi pada bangunan-

bangunan fisik terutama pada permukiman, bangunan komersial dan kolam ikan.

Hasil analisis risiko menunjukkan bahwa tingkat risiko rendah seluas 14, 1 ha, sedang seluas 52,1 ha, dan tinggi 51,4 ha. Evaluasi dokumen perencanaan tata ruang menunjukkan adanya peningkatan risiko pada area pembangunan apartemen pada area sempadan sungai. Kawasan sempadan sungai merupakan kawasan yang rawan bahaya banjir sehingga tidak tepat bila digunakan sebagai kawasan permukiman.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alkema, D., 2011, Simulating Floods: on the Application of a 2D-Hydraulic Model for Flood Hazard and Risk Assessment, Disertation: ITC
2. Chaudhry, M.H., 2008, Open Channel Flow, New York: Springer
3. Dang, N. M., M. S. Babel, H. T. Luong, 2011, Evaluation of food risk parameters in the Day River Flood Diversion Area, Red River Delta, Vietnam, Journal of Natural Hazards, 56.169-194.
4. FEMA, 2013, The Federal Guidelines for Inundation Mapping of Flood Risks Associated with Dam Incidents and Failures, New York: US Department Homeland and Security.
5. Froehlich, D. C., 2008, Embankment Dam Breach Parameters and Their Uncertainties, ASCE Journal of Hydraulic Engineering.
6. Gee, D. M. and G. W. Brunner, 2005, Dam Break Flood Routing using HEC-RAS and NWS-FLDWA, ASCE journal of Impacts of Global Climate Change.
7. Peraturan Daerah Kabupaten Sleman No 12 tahun 2012 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Sleman tahun 2011-2031
8. Peraturan Kepala BNPB No 02 Tahun 2012 tentang Pedoman Pengkajian Risiko Bencana
9. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat No 28/PRT/M/2015 tentang Penetapan Garis Sempadan Sungai dan Garis Sempadan Danau.
10. Tran P., 2013, GIS and Local Knowledge in Disaster Management A Case Study of Flood Risk Mapping in Vietnam (Presentation file), Kyoto: Kyoto University

Diterima: 1 Agustus 2016

Disetujui setelah revisi: 10 Oktober 2016

PEMODELAN PERTUMBUHAN LAHAN TERBANGUN BERBASIS SPASIAL-STATISTIK DAN *CELLULAR AUTOMATA* DI KAWASAN RAWAN ROB DAN PENURUNAN MUKA TANAH (STUDI KASUS: KOTA SEMARANG BAGIAN BAWAH)

MODELLING OF BUILT-UP AREA DEVELOPMENT USING SPATIAL-STATISTIC AND CELLULAR AUTOMATA IN TIDAL FLOOD AND LAND SUBSIDENCE PRONE AREA (CASE STUDY: SEMARANG LOW AREA)

Dhoni Wicaksono¹, Muh Aris Marfai² dan Taufik Hery Purwanto²

¹Geo-Information for Spatial Planning and Disaster Risk Management, Graduate School, Universitas Gadjah Mada, dhoni.wicaksono@gmail.com

²Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, arismarfai@gadjahmada.edu, taufik@ugm.ac.id

Abstrak

Kota Semarang merupakan salah satu kota terbesar di Indonesia dengan jumlah dan pertumbuhan penduduk yang sangat tinggi. Jumlah penduduk Kota Semarang pada tahun 2014 mencapai 1.584.881 jiwa dengan tingkat pertumbuhan penduduk ada pada kisaran 0,81-2,47%. Pertumbuhan jumlah penduduk yang tinggi akan berdampak pada naiknya kebutuhan terhadap lahan, dengan demikian maka akan terjadi pertumbuhan lahan terbangun secara intensif. Pertumbuhan lahan terbangun dapat menjadi suatu permasalahan ketika menempati area rawan bencana. Selain akan memperbanyak elemen risiko, pertumbuhan lahan terbangun di kawasan rawan bencana juga berpotensi meningkatkan intensitas bencana, khususnya terkait penurunan muka tanah. Penelitian ini memiliki fokus kajian pada kajian potensi dan pemodelan ekspansi lahan terbangun di kawasan rawan bencana, khususnya bencana banjir rob dan penurunan muka tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah: 1) Mengkaji faktor yang paling dominan dalam mempengaruhi pertumbuhan lahan terbangun, 2) membuat model prediksi pertumbuhan lahan terbangun tahun 2015, 2020, 2025 dan 2030 dan 3) mengkaji potensi pertumbuhan lahan terbangun di area rawan penurunan muka tanah dan banjir rob. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Cellular Automata yang dikombinasikan dengan regresi logistik biner dan aturan rantai Markov. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa jarak dari permukiman lama merupakan faktor yang paling dominan dengan koefisien regresi -1,134. Kawasan Kota Semarang bagian timur, meliputi Kecamatan Genuk dan Pedurungan memiliki probabilitas pertumbuhan lahan terbangun yang paling tinggi. Sementara itu hasil pemodelan lahan terbangun dan kerawanan bencana menunjukkan bahwa Kecamatan Genuk merupakan wilayah yang paling rawan.

Kata Kunci: pertumbuhan lahan terbangun, cellular automata, spasial-statistik, banjir rob, penurunan muka tanah.

Abstract

Semarang city is one of the largest cities in Indonesia with the number and population growth is very high. The number of population in Semarang City recorded in 2014 reached 1,584,881 inhabitants with the population growth rate is in the range of 0.81 to 2.47%. High population growth will result in an increased requirement to land, thus will leads to intensively urban development. The growth of built up area can become a problem when it occupies an area prone to disasters. In addition will increase the element of risk, growth and built up area in disaster-prone areas also potentially increase the intensity of disasters, particularly related to land subsidence. This research has focused on the study and potential modelling of built up area expansion in disaster prone area, particularly tidal floods and land subsidence. The purpose of this research are: 1) assess the most dominant factor in influencing the growth of built up area, 2) create a predictive model of built up area in 2015, 2020, 2025 and 2030, and 3) assess the built-up area development in land subsidence and

tidal flood prone area. This research using Cellular Automata, combined with binary logistic regression and Markov Chain rule. The results of this study indicate that the distance from the old settlement is the most dominant factor with regression coefficient -1.134. Semarang eastern region, consist of Genuk and Pedurungan sub-district has the highest probability built up area growth. Meanwhile, the results of urban growth modelling and susceptibility modelling showed that Genuk district is the pronest area.

Keywords: built-up area development, cellular automata, spatial-statistic, tidal flood, land subsidence.

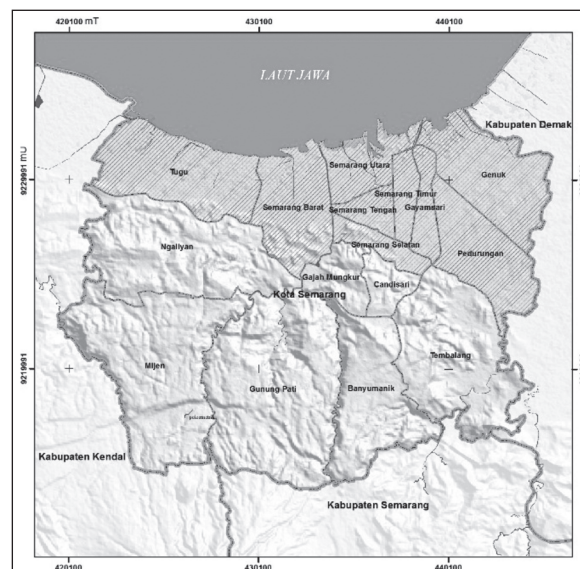
1. PENDAHULUAN

Kawasan perkotaan memiliki dinamika keruangan yang tinggi. Hal tersebut dapat ditinjau dari alih fungsi lahan, maupun kompleksitas keruangan di dalamnya. Daldjoeni (1992) kemudian menjelaskan secara spesifik mengenai proses perkembangan kota. Proses tumbuh-kembangnya kota dapat dideskripsikan atas fenomena perluasan wilayah perkotaan atau ekspansi perkotaan dan berubahnya struktur tata guna lahan. Kedua hal tersebut, disebabkan oleh adanya daya sentrifugal dan sentripetal. Daya sentrifugal membawa dampak pada dorongan gerakan ke luar pusat perkotaan, termasuk di dalamnya penduduk dan berbagai usahanya, yang kemudian diikuti oleh dispersi kegiatan manusia dan relokasi sektor-sektor dan zona-zona kota. Sementara itu, daya sentripetal memberikan pengaruh pada dorongan gerakan ke arah dalam dari penduduk dan usaha-usaha yang menyertainya, sehingga terjadi gejala pemusatan (konsentrasi).

Perkembangan keilmuan di bidang SIG (Sistem Informasi Geografis) dan komputasi telah memungkinkan untuk penyusunan suatu model perkembangan kota yang salah satunya menggunakan metode *Cellular Automata* (CA). CA merupakan sistem yang bersifat dinamis-diskrit di mana ruang dibagi ke dalam sel-sel spasial dan waktu perubahan ke dalam langkah-langkah yang bersifat diskrit (Liu, 2009). CA banyak digunakan oleh peneliti untuk memodelkan perubahan penggunaan lahan, karena sifatnya yang mempertimbangkan aspek-aspek yang bersifat spasial dan dipandang memiliki reliabilitas yang tinggi. Penelitian yang dilakukan oleh Pratomoatmojo (2012), He, dkk (2015) dan Susilo (2016) menyebutkan bahwa pemodelan perubahan penggunaan lahan dengan metode CA mampu menunjukkan hasil yang memuaskan. Lebih dari itu, CA juga telah banyak digunakan dalam kajian lain seperti prediksi aliran piroklastik, prediksi sebaran api, prediksi sebaran vegetasi dan prediksi sebaran tanah yang bersifat spasial-prediktif probabilistik, diantaranya yang dilakukan oleh Crisci (2005), Ohgai, dkk (2007), Chuang, dkk (2011), dan Heung, dkk (2013).

Kota Semarang merupakan salah satu kota dengan tingkat pertumbuhan yang paling tinggi di Indonesia. World Bank (2012) menyebutkan bahwa Kota Semarang masuk ke dalam peringkat 10 besar kota dengan tingkat aglomerasi tertinggi di Indonesia. Kondisi tersebut dipertegas dengan publikasi BPS yang menunjukkan bahwa pertumbuhan jumlah penduduk Kota Semarang mencapai 0,81-2,47% setiap tahunnya. Sementara itu, berdasarkan analisis citra *Landsat*, dari periode 2003-2015 menunjukkan bahwa Kota Semarang terus mengalami pertumbuhan.

Kota Semarang dikenal memiliki dua wilayah berdasarkan kondisi fisiografisnya, yaitu Kota Semarang atas dan Kota Semarang bawah. Kota Semarang atas terdiri dari 7 Kecamatan, memiliki kondisi fisiografis berupa perbukitan struktural dan lereng bawah gunungapi. Sementara itu, Kota Semarang bawah terdiri dari 9 Kecamatan, memiliki kondisi fisiografis berupa daratan aluvial, dataran pantai dan dataran banjir (pasang-surut). Kota Semarang bawah merupakan pusat kota, terdiri dari CBD (*Central Business District*), kawasan pelabuhan, kawasan industri, kawasan permukiman padat, kawasan perdagangan dan jasa, serta aktivitas khas perkotaan lain. Adapun lokasi Kota Semarang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Kota Semarang

Kawasan Kota Semarang bawah selain memiliki pertumbuhan kota yang pesat, juga memiliki potensi bencana yang cukup tinggi. Adapun bencana utama yang ada di Kota Semarang bawah antara lain adalah banjir (sungai dan genangan), banjir rob dan penurunan muka tanah. Dari ketiga bencana, tersebut penurunan muka tanah merupakan bencana yang sering luput dari perhatian, namun memiliki dampak jangka panjang yang cukup berarti, serta dapat memperbesar dampak bencana lain, khususnya banjir rob. Marfai dan King (2007), Kuehn, dkk (2010), Abidin, dkk (2010), Lubis, dkk (2011), Soedarsono (2012) dan Gumilar, dkk (2013) menjelaskan bahwa penurunan muka tanah terjadi secara intensif di Kota Semarang bawah dan menimbulkan dampak berupa kerusakan bangunan, infrastruktur serta memicu terjadinya penurunan kualitas lingkungan.

Selain ancaman penurunan muka tanah, Kota Semarang bawah juga memiliki kerawanan terhadap banjir, khususnya banjir rob. Banjir rob terjadi akibat arus pasang air laut yang terjadi secara periodik. Marfai, dkk (2008-a), Marifai, dkk (2008-b), Marfai dan King (2008-a), dan Marfai dan King (2008-b) telah meneliti bencana rob di Kota Semarang bawah. Penelitian menunjukkan bahwa ancaman bencana banjir rob dapat diperburuk oleh adanya kenaikan muka air laut, penurunan muka tanah dan erosi pantai. Genangan akibat banjir rob dapat berlangsung dalam waktu yang cukup lama, sehingga sangat berdampak pada aktivitas masyarakat di kawasan pesisir.

Kota Semarang bawah memiliki dua isu utama yang perlu mendapatkan kajian secara khusus. Perkembangan kota yang pesat, ternyata terjadi pada kawasan dengan potensi bencana yang cukup nyata. Untuk dapat memahami karakteristik perkembangan kota, khususnya di wilayah rawan penurunan muka tanah dan banjir rob, penelitian ini memiliki tiga tujuan utama, yaitu: 1) mengkaji faktor yang paling dominan dalam mempengaruhi pertumbuhan lahan terbangun, 2) membuat model prediksi pertumbuhan lahan terbangun tahun 2015, 2020, 2025 dan 2030 dan 3) mengkaji potensi pertumbuhan lahan terbangun di area rawan penurunan muka tanah dan banjir rob.

2. METODOLOGI

Pembuatan model ekspansi lahan terbangun terdiri menjadi empat tahap, di antaranya adalah: 1) penentuan variabel dependen dan variabel independen, 2) pembuatan peta dinamika lahan terbangun, 3) perhitungan persamaan logit (π) dan probabilitas transisi dan 4) pembuatan peta

prediksi perubahan lahan terbangun. Adapun data yang dibutuhkan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data yang Digunakan Dalam Penelitian

No	Jenis Data	Sumber
1	Citra SPOT 6 (2014)	Badan Informasi Geospasial (BIG)
2	Citra <i>Landsat</i> 5 TM (2011)	USGS
3	Citra <i>Landsat</i> 7 ETM+ (2003)	USGS
4	Citra <i>Landsat</i> 8 OLI/TIRS (2015)	USGS
5	Peta RTRW Kota Semarang	Bappeda Kota Semarang
6	Titik <i>Benchmark</i> Pengukuran Penurunan Muka Tanah	Gumilar, dkk 2013
7	Titik Tinggi	Peta RBI dan Dinas PU-PSDA Kota Semarang

Tahap pertama dari pemodelan ini adalah penentuan variabel independen dan variabel dependen. Untuk kasus pemodelan perubahan lahan terbangun, digunakan satu variabel dependen dan delapan variabel independen. Penentuan variabel independen dalam penelitian ini didasarkan pada studi literatur pada penelitian sebelumnya. Kedelapan variabel independen tersebut merupakan faktor-faktor yang secara umum akan berpengaruh terhadap kemungkinan munculnya lahan terbangun di suatu wilayah. Kemudian, variabel tersebut dapat dibagi menjadi beberapa aspek, yaitu keterkaitan aksesibilitas dan keterkaitan dengan pusat kegiatan. Variabel independen yang digunakan di antaranya adalah: 1) jarak dari kawasan bandara, 2) jarak dari kawasan industri, 3) jarak dari kawasan perdagangan dan jasa, 4) jarak dari kawasan perguruan tinggi, 5) jarak dari kawasan perkantoran, 6) jarak dari jaringan jalan utama, 7) jarak dari jaringan jalan non-utama (lokal) dan 8) jarak dari lahan terbangun sebelumnya. Pemetaan data-data variabel independen tersebut menggunakan digitasi secara visual dengan memanfaatkan Peta RTRW dan citra resolusi tinggi.

Pemetaan penutup lahan dilakukan dengan metode klasifikasi terselia atau dikenal dengan istilah *supervised classification* merupakan salah satu metode analisis citra multi spektral yang dilakukan dengan cara mengklasifikasikan nilai-nilai piksel ke dalam suatu kelas yang ditentukan oleh area-area tertentu (*training area*) sebagai contoh objek (ENVI, 2013). Area tertentu tersebut

berfungsi untuk melatih perangkat lunak agar dapat mengenali objek dan mengelompokkannya berdasarkan julat nilai spektralnya. Derajat pengelompokan tiap kelas diketahui dengan melihat nilai *ROI separability*. *ROI separability* merupakan suatu indeks dengan rentang 0-2, di mana nilai 0 menunjukkan bahwa kelas mutlak tidak dapat dibedakan dengan kelas yang lain, sedangkan nilai 2 menunjukkan bahwa kelas mutlak dapat dibedakan dengan kelas yang lain.

Variabel dependen dan variabel independen akan diolah secara statistika menggunakan metode regresi logistik biner. Selanjutnya, peluang terjadinya peristiwa dan peluang tidak terjadinya peristiwa dinyatakan dalam sebuah *odd*. *Odd* merupakan sebuah entitas indeks perubahan dari formulasi logaritma (ln) yang menyatakan bentuk dasar dari Logit (π) (Susilo, 2006). Persamaan logit (π) dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\text{Logit}(\pi) = \ln \frac{\pi}{1-\pi} \quad (1)$$

Dalam penelitian ini, peristiwa perubahan yang dimaksud adalah perubahan penutup lahan, dari kondisi non-terbangun menjadi kondisi terbangun. Melalui persamaan tersebut, maka probabilitas perubahan penutup lahan akan dapat diketahui dengan menggunakan eksponensial dari *odd*. Adapun persamaan matematis probabilitas dapat dinyatakan sebagai berikut (Susilo, 2006):

$$\ln \frac{\pi}{1-\pi} = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k \quad (2)$$

$$\frac{\pi}{1-\pi} = \exp. \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k \quad (3)$$

$$\pi = \frac{\exp. \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k}{1 + \exp. \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k} \quad (4)$$

Keterangan:

β : koefisien regresi variabel independen

x : nilai variabel independen

Ekspansi lahan terbangun tidak hanya dikontrol faktor alamiah, namun juga dikontrol oleh adanya faktor lain seperti batasan fisik dan aspek kebijakan tata ruang (RTRW). Adapun area yang pembangunannya dilarang, atau dibatasi antara lain adalah: kawasan bandara, sempadan drainase, sempadan sungai, kawasan konservasi, kawasan khusus militer, kawasan budaya, jalan/ sempadan jalan dan tubuh air. Area tersebut berfungsi sebagai filter dalam model, sehingga tidak akan ada penambahan lahan terbangun di area tersebut

Laju penurunan muka tanah yang digunakan dalam penelitian ini merupakan hasil dari pengolahan data dari 35 titik Benchmark yang diukur pada periode 2009-2012. Jenis interpolasi yang digunakan adalah IDW (*Inverse Distance Weight*) dengan dasar pemikiran bahwa distribusi penurunan muka tanah akan linear terhadap suatu titik pusat, dengan membentuk suatu *cone of depression* (kerucut penurunan). Dengan adanya peta laju penurunan muka tanah tahunan, maka dapat disusun peta prediksi kondisi topografis, dengan menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Sutanta (2000) dalam Marfai (2007). Adapun persamaan prediksi topografi adalah sebagai berikut:

$$DTM_{t_1} = DTM_{t_0} - (SLR_{t_1} + (RoLS * t_1 - t_0)) \quad (5)$$

Keterangan :

DTM_{t_1} : *Digital Terrain Model* (DTM) tahun ke-t

DTM_{t_0} : *Digital Terrain Model* (DTM) tahun pengamatan

SLR_{t_1} : Kenaikan muka air laut tahun ke-t

$RoLS$: Laju rata-rata PMT tahunan

Apabila kenaikan muka air laut diabaikan, maka formulasi dapat ditulis sebagai berikut:

$$DTM_{t_1} = DTM_{t_0} - (RoLS * t_1 - t_0) \quad (6)$$

Dari peta topografi, kemudian dapat disusun peta rawan banjir rob dengan pengolahan seleksi elevasi (*slicing*). Area yang rawan banjir rob ditentukan dari dua hal, yaitu: 1) memiliki elevasi kurang dari 1 m dan 2) berhubungan langsung dengan wilayah perairan/ laut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

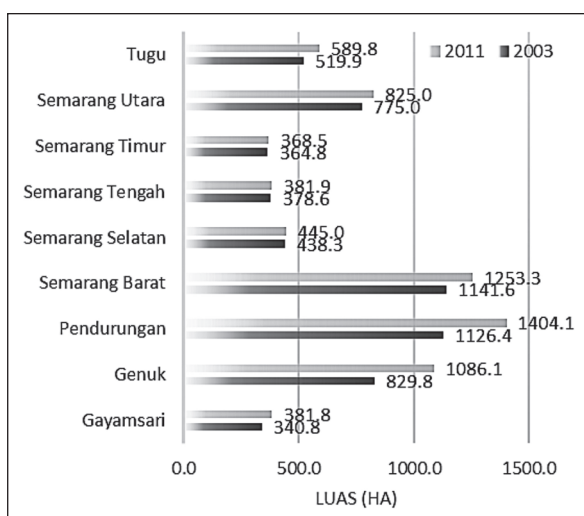
Supervised classification merupakan metode pengelompokan nilai pixel berdasarkan kriteria tertentu dengan menggunakan batasan area sampel sebagai training area yang ditentukan oleh peneliti. Dalam metode ini dikenal istilah *region of interest* (ROI) sebagai dasar dalam pengelompokan tersebut. ROI yang dikembangkan dalam penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu lahan terbangun dan lahan non-terbangun. Proses identifikasi ROI dilakukan dengan menggunakan analisis visual.

Uji akurasi diperlukan guna memastikan kualitas data yang akan dianalisis atau digunakan ke dalam model. Dalam melakukan uji interpretasi, titik *sampling* ditentukan berdasarkan *random sampling* dengan melibatkan 100 titik *sampling*, dengan masing-masing jumlah sampel adalah 50 titik untuk lahan terbangun dan 50 titik untuk lahan

non-terbangun. Hasil ekstraksi lahan terbangun yang dilakukan pada tahun 2003, 2011 dan 2015 menunjukkan akurasi yang cukup tinggi.

Akurasi ekstraksi lahan terbangun pada tahun tersebut memiliki *overall accuracy* di atas 90%. Sementara itu Indeks Kappa dari ke-3 tahun pengamatan menunjukkan nilai di atas 0,9, sehingga akurasi dapat dikatakan cukup tinggi. Dalam penelitian ini, uji akurasi ekstraksi lahan terbangun hanya dilakukan untuk tahun 2003, 2011 dan 2015. Hal tersebut dikarenakan tahun 2003 dan 2011 dijadikan dasar dalam pemodelan lahan terbangun, sedangkan tahun 2015 akan digunakan sebagai uji akurasi model prediksi ekspansi lahan terbangun.

Pertumbuhan lahan terbangun di Kota Semarang memiliki laju yang relatif bervariasi di masing-masing kecamatan, dengan laju rata-rata mencapai 11,4 ha/th (Gambar 2). Laju pertumbuhan terendah ada di Kecamatan Semarang Tengah dengan laju 0,41 ha/th, sementara itu laju pertumbuhan tertinggi ada di Kecamatan Pedurungan dengan laju 34,7 ha/th. Kecamatan Semarang Tengah, Semarang Selatan, Semarang Utara, Semarang Barat, Semarang Timur dan Gayamsari memiliki laju minimum karena minimnya lahan non-terbangun, sehingga tidak ada ruang lagi untuk berkembang.



Gambar 2. Luas Lahan Terbangun Tahun 2003 dan 2011 (Sumber: Analisis, 2016)

Kondisi yang berbeda ditunjukkan oleh Kecamatan yang terletak di kawasan peri-urban, antara lain Kecamatan Tugu, Semarang Barat, Pedurungan dan Genuk, di mana daerah tersebut masih memiliki lahan non-terbangun yang luas, sehingga masih memungkinkan terjadi alih fungsi lahan.

Pengaruh variabel independen akan direpresentasikan berdasarkan nilai kedekatan

secara spasial. Nilai kedekatan spasial tersebut secara teknis menggunakan *Euclidean Distance Analysis*. *Euclidean Distance Analysis* merupakan fungsi hubungan jarak secara matematis yang bersumber dari suatu objek tertentu (ESRI, 2013). Objek yang digunakan sebagai pusat adalah delapan variabel independen yang dinilai memiliki peranan besar dalam mempengaruhi pertumbuhan lahan terbangun di suatu wilayah. Dalam melakukan uji statistika, maka fungsi jarak perlu ditransformasikan ke dalam nilai logaritma normal (Ln) dengan tujuan menyeragamkan rentang nilai jarak pada masing-masing variabel independen.

Beberapa indikator statistik perlu diperhatikan dalam pembuatan sebuah model. Hal tersebut terkait dengan tingkat validitas model untuk dapat dijalankan atau diaplikasikan dalam proses prediksi. Adapun indikator tersebut adalah *pseudo R square* dan *Odd Ratio*. *Pseudo R Square* menyatakan tingkat kekuatan hubungan antara variabel dependen dengan variabel independen dengan nilai antara 0-1. Nilai 0 mengindikasikan tidak ada hubungan sama sekali, sedangkan nilai 1 mengindikasikan hubungan yang sempurna. Menurut Clark dan Hosking (1986) dalam sebuah pemodelan, nilai *pseudo R square* dinyatakan kuat jika memiliki nilai antara 0.2-0.4. Dalam penelitian ini nilai *pseudo R square* adalah 0.2703, sehingga tergolong kuat dan model layak untuk digunakan. Sementara itu, *Odd Ratio* merupakan perbandingan antara probabilitas model dengan kondisi eksisting variabel dependennya. Suatu model dinyatakan baik jika memiliki *Odd Ratio* lebih dari 0. Dalam penelitian ini, nilai *Odd Ratio* adalah 0,8719, sehingga model layak untuk digunakan.

Persamaan regresi logistik biner dapat pula dijadikan acuan dalam menemukan variabel mana yang paling berpengaruh terhadap pertumbuhan lahan terbangun. Besar kecilnya peran suatu variabel tampak dari koefisien regresinya. Nilai positif menunjukkan hubungan yang berbanding lurus, sementara itu nilai negatif menunjukkan hubungan berbanding terbalik.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa variabel jarak dari lahan terbangun menunjukkan nilai koefisien regresi yang paling besar, dan bernilai negatif. Hal tersebut menunjukkan bahwa jarak dari lahan terbangun memiliki pengaruh yang paling besar terhadap pertumbuhan lahan terbangun. Berlaku hubungan bahwa semakin dekat (semakin kecil jarak) maka peluang terjadinya alih fungsi lahan non-terbangun menjadi lahan terbangun menjadi semakin tinggi. Sementara itu, variabel lain dimasukkan ke dalam model memiliki pengaruh yang tidak begitu besar dan bernilai relatif seragam terhadap

pertumbuhan lahan terbangun. Jarak dari kawasan industri memiliki koefisien regresi terkecil dengan nilai $-0,091$, hal ini mengindikasikan bahwa industri tidak memberikan dampak berarti bagi pertumbuhan lahan terbangun. Sementara itu jarak dari lahan terbangun menunjukkan nilai koefisien terbesar ($-1,134$) sehingga variabel tersebutlah yang paling berpengaruh terhadap pertumbuhan lahan terbangun.

$$Y = 9,290 - 1,134 \cdot X_1 - 0,221 \cdot X_2 - 0,091 \cdot X_3 - 0,134 \cdot X_4 + 0,253 \cdot X_5 - 0,198 \cdot X_6 - 0,161 \cdot X_7 + 0,166 \cdot X_8 \quad (3.1)$$

Keterangan:

Intersep : 9,290

X_1 : Jarak dari lahan terbangun

X_2 : Jarak dari kawasan bandara

X_3 : Jarak dari kawasan Industri

X_4 : Jarak dari jalan lokal

X_5 : Jarak dari jalan utama

X_6 : Jarak dari kawasan perdagangan dan jasa

X_7 : Jarak dari kawasan perguruan tinggi

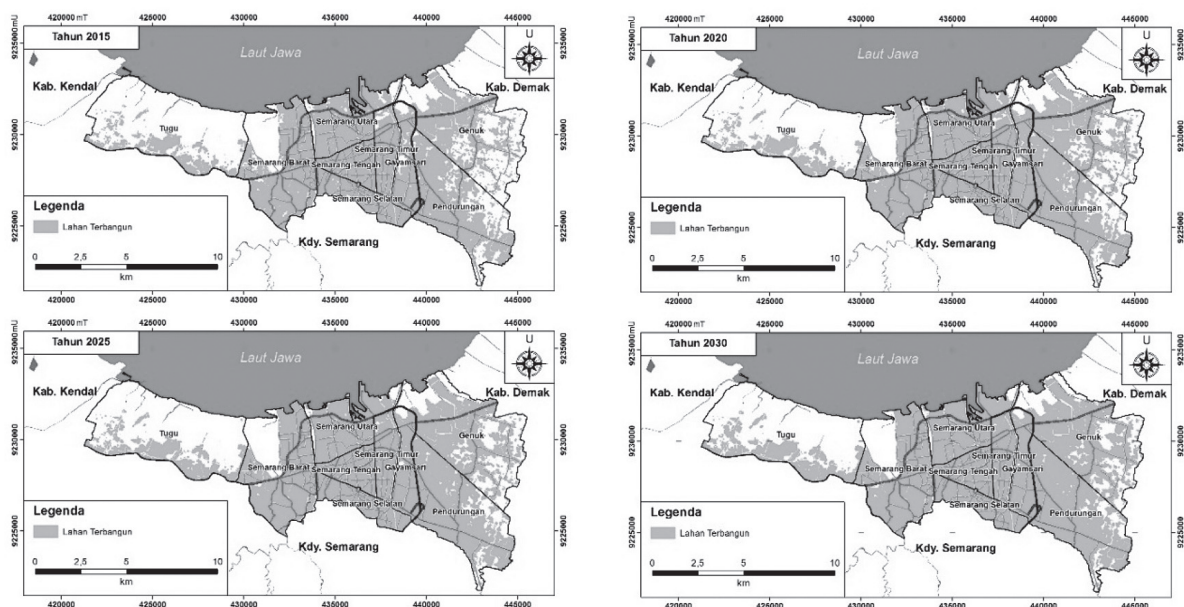
X_8 : Jarak dari kawasan perkantoran

Berdasarkan persamaan regresi logistik tersebut, kemudian dapat disusun peta probabilitas transisi. Peta probabilitas transisi menunjukkan nilai kemungkinan perubahan penutup lahan dari non-terbangun menjadi terbangun yang dijabarkan menjadi sebuah indeks antara 0-1. Semakin mendekati 0 berarti nilai kemungkinan untuk alih fungsi penutup lahan semakin kecil, sebaliknya jika semakin mendekati

1 maka akan semakin berpotensi untuk terjadinya alih fungsi lahan. Berdasarkan hasil analisis dapat diketahui bahwa Kecamatan Genuk dan Pedurungan memiliki probabilitas transisi yang relatif besar dibandingkan dengan wilayah lain di Kota Semarang bawah.

Peta probabilitas transisi selanjutnya berfungsi sebagai dasar dalam memprediksi kondisi lahan terbangun Kota Semarang di masa depan. Prediksi ini selain melibatkan nilai probabilitas juga akan melibatkan ketentuan luas area yang akan berubah di tahun prediksi. Luas wilayah yang berubah dari non-terbangun menjadi terbangun direpresentasikan dalam sebuah unit piksel. Ketentuan jumlah piksel yang akan berubah ditentukan berdasarkan aturan rantai markov, di mana berlaku ketentuan bahwa piksel-piksel yang akan berubah ditentukan berdasarkan probabilitasnya di tahun pengamatan. Selanjutnya hasil akhir dari prediksi akan diproses melalui metode *Cellular Automata* di mana perubahan akan terkontrol dari tiga hal utama, yaitu kondisi sel (terbangun/non-terbangun), kondisi piksel tetangga dan jarak tahun yang diprediksikan. Adapun hasil dari prediksi lahan terbangun Kota Semarang tahun 2015, 2020, 2025 dan 2030 dapat dilihat pada Gambar 3.

Hasil model lahan terbangun tahun 2015 diuji dengan menggunakan peta kondisi eksisting lahan terbangun tahun 2015 hasil pengolahan citra *Landsat 8 OLI/TIRS* dan dengan citra resolusi tinggi. Uji akurasi dilakukan melalui 100 titik sampel dengan masing-masing 50 titik



Gambar 3. Peta Prediksi Lahan Terbangun Tahun 2020, 2025 dan 2030
(Sumber: Analisis, 2016)

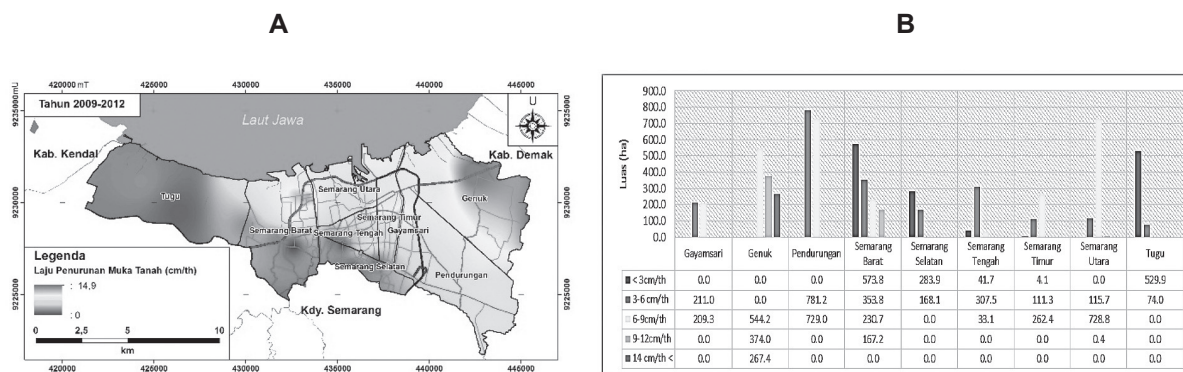
sampel pada tutupan lahan terbangun dan 50 titik sampel pada penutup lahan non-terbangun. Hasil uji akurasi menunjukkan bahwa *overall accuracy* yang dihasilkan cukup baik dengan nilai 95% (0,95) dan Indeks Kappa 0.93.

Pengukuran penurunan muka tanah tahun 2009-2010, 2010-2011, dan 2011-2013 menunjukkan hasil yang bervariasi. Untuk dapat memahami secara lebih umum, maka dilakukan perhitungan rata-rata selama tiga periode pengukuran, yaitu dari tahun 2009-2012. Hasil perhitungan rata-rata selama tiga tahun pengamatan menunjukkan bahwa laju maksimum penurunan muka tanah adalah 14,9 cm/tahun yang terdapat di kawasan industri bagian timur (Trimulyo) di Kecamatan Genuk. Secara umum terdapat empat titik *hotspot*, yaitu di kawasan PRPP di Kecamatan Semarang Barat, kawasan Tanjungmas di Kecamatan Semarang Utara, Purwodinatan di Kecamatan Semarang Tengah, Mlatiharjo di Kecamatan Semarang Timur dan Trimulyo di Kecamatan Genuk (Gambar 4-A). Kecepatan laju penurunan muka tanah di masing-masing daerah menunjukkan kondisi yang cukup bervariasi. Gambar 4-B menunjukkan bahwa Kecamatan Genuk memiliki kerawanan yang paling tinggi dengan kelajuan maksimum penurunan muka tanah mencapai lebih dari 14 cm/th yang menempati area seluas 267,4 ha. Kecamatan Semarang barat menempati urutan kedua sebagai wilayah yang paling rawan, dengan kelajuan maksimum mencapai 9-12 cm/th menempati area seluas 167,7 ha.

Kawasan yang mengalami penurunan muka tanah secara intensif dan berbatasan langsung dengan perairan akan berpotensi untuk tergenang secara permanen, maupun oleh genangan banjir rob. Potensi tergenang secara permanen apabila suatu kawasan memiliki elevasi di bawah 0 mdpl. Sementara itu untuk kawasan yang berpotensi terdampak banjir secara periodik

adalah yang memiliki elevasi antara 0-1 mdpl. Banjir secara periodik yang dimaksud dalam penelitian ini adalah banjir rob, di mana untuk kasus di kawasan Pantai Utara Jawa memiliki ketinggian maksimum 1 m.

Model yang digunakan dalam penelitian ini menitikberatkan pada kondisi topografi serta aspek interaksi daratan dengan lautan. Aspek topografi dimodelkan dengan data DEM (*Digital Elevation Model*) yang dibuat dari titik tinggi hasil pengukuran topografi dan dari titik tinggi pada Peta RBI. Dinamika kondisi topografi dikontrol oleh adanya laju penurunan muka tanah yang selanjutnya akan digunakan pemodelan banjir rob. Pemodelan genangan banjir rob menggunakan teknik pemotongan (*slicing*) pada nilai elevasi, yang selanjutnya diseleksi berdasarkan konektivitas antara area terdampak dengan lautan. Area yang memiliki elevasi rendah, namun tidak terkoneksi dengan lautan, maka tidak dinyatakan sebagai area terdampak (Gambar 5). Selain itu pula, kondisi tutupan lahan berupa infrastruktur yang mampu menahan atau mengendalikan genangan tidak dipertimbangkan di dalam model. Gambar 6 menunjukkan perubahan luasan area permukiman tahun 2015 yang potensial tergenang yang disusun menggunakan Skenario DEM hasil proyeksi penurunan muka tanah. Pada tinggi rob 0 m, tampak bahwa terjadi gradasi perubahan luas yang cukup halus dari periode 2015 hingga 2030. Pada tahun 2015 hanya 2 kecamatan yang terdampak, yaitu Kecamatan Semarang Timur dan Kecamatan Semarang Utara, kemudian pada tahun 2020 meningkat menjadi 5 kecamatan, 6 kecamatan di tahun 2025 dan 8 kecamatan di tahun 2030. Berdasarkan pengamatan selama 4 periode, Kecamatan Semarang Utara dan Kecamatan Genuk adalah yang paling potensial untuk tergenang. Sementara itu untuk ketinggian rob 1 m, perbedaan yang ditunjukkan dari tahun ke tahun tidak begitu tampak. Mulai tahun 2015



Gambar 4. A) Laju Penurunan Muka Tanah Kota Semarang Tahun 2009-2012. B) Luas Lahan Terbangun Tahun 2015 Per Kelas Penurunan Muka Tanah (Sumber: Analisis, 2016)

hingga 2030 menunjukkan 8 kecamatan yang terdampak.

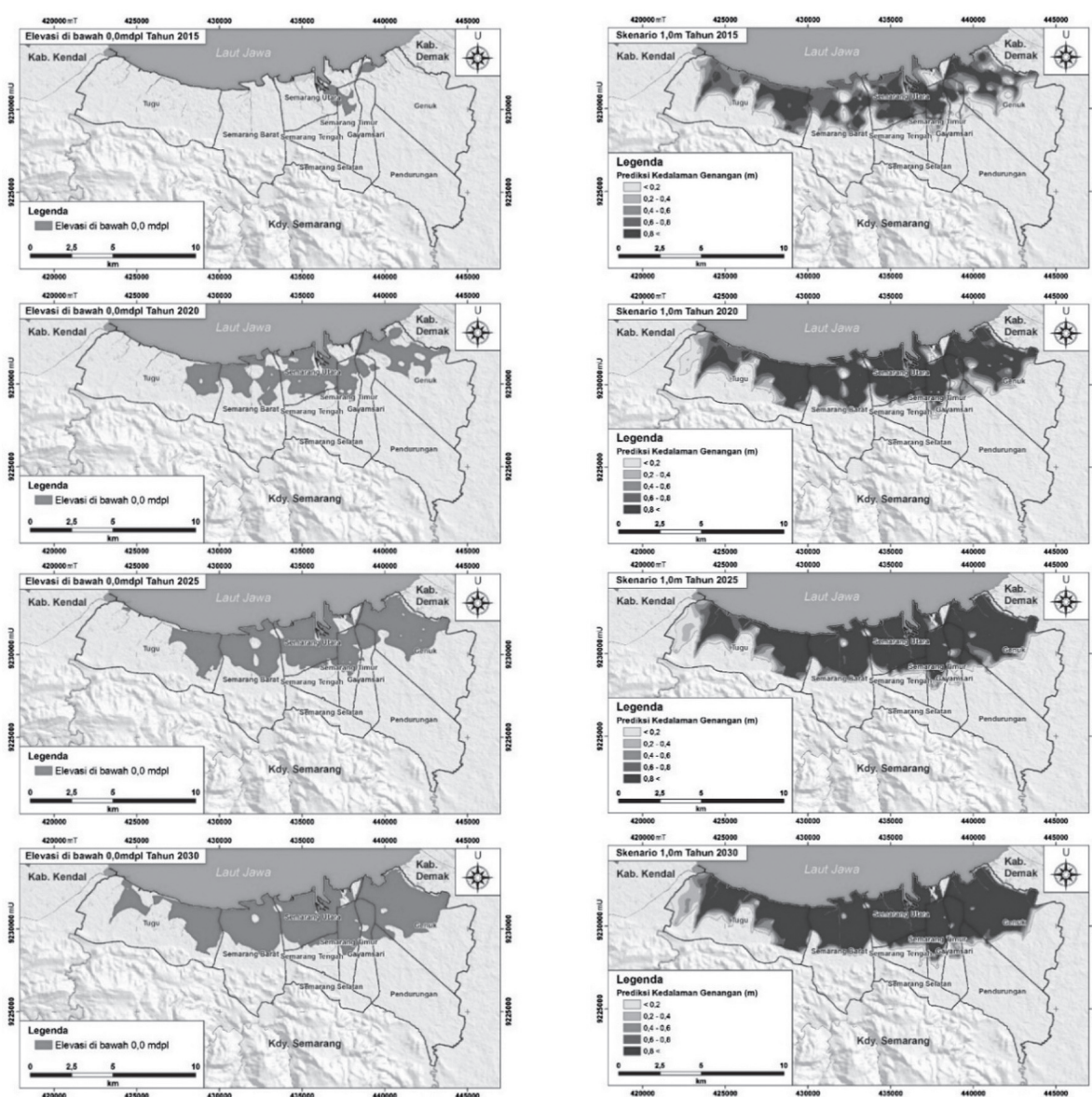
Tabel 2 menunjukkan pertumbuhan wilayah dengan elevasi di bawah 0 mdpl yang cukup signifikan pada periode 2015-2020 seluas 2337,6 ha. Pada tahun 2015, wilayah dengan elevasi di bawah 0 mdpl hanya sebagian kecil di sekitar Kecamatan Semarang Tengah dan Kecamatan Genuk, kemudian pada periode 2020 naik cukup signifikan dan mengekspansi wilayah Kecamatan Genuk, Kecamatan Semarang Barat dan Kecamatan Tugu. Puncaknya, pada periode 2030, kawasan CBD (*Central Business District*) yang terletak di tengah Kota Semarang berpotensi berada pada elevasi kurang dari 0

mdpl. Sementara itu untuk skenario tinggi pasang 1 m, wilayah terdampak dari tahun ke tahun menunjukkan peningkatan yang relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa kawasan Kota Semarang bawah memiliki kerawanan yang tinggi terhadap air pasang setinggi 1 m.

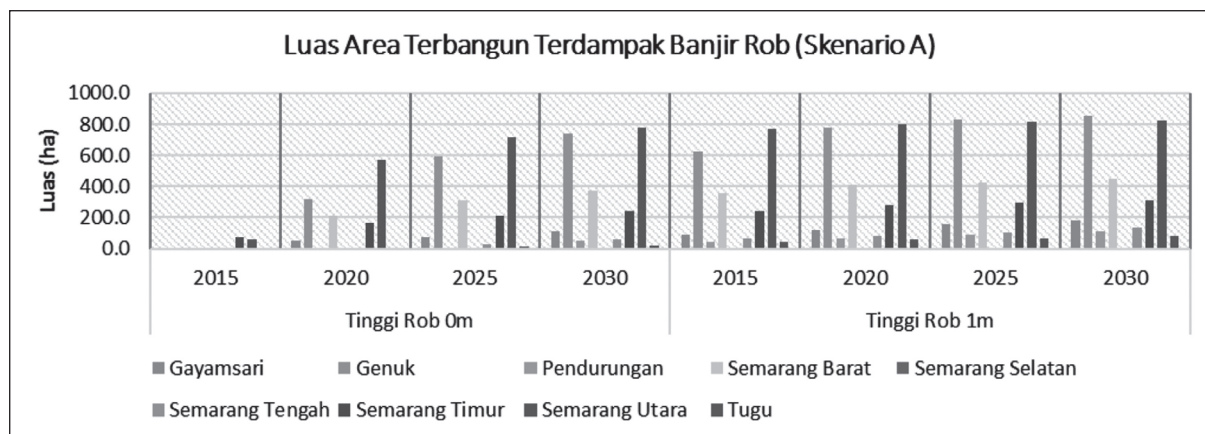
Tabel 2. Luas Wilayah Rawan Banjir Rob

Skenario	2015	2020	2025	2030
0 m	218.0	2555.6	3731.4	4664.5
1 m	5046.9	5734.4	6223.2	6608.2

Sumber: Analisis, 2016



Gambar 5. Peta Wilayah Rawan Banjir Rob Skenario 0 m
(Sumber: Analisis, 2016)



Gambar 6. Luas Area Permukiman Terdampak Genangan dengan Skenario Genangan 0 m dan 1 m. (Sumber: Analisis, 2016)

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pertumbuhan lahan terbangun di Kota Semarang bawah memiliki distribusi ke arah Barat, yaitu di Kecamatan Genuk dan Kecamatan Pedurungan. Faktor yang pengontrol pertumbuhan lahan terbangun, diurutkan berdasarkan dari pengaruh yang paling kuat ke yang paling lemah adalah sebagai berikut: jarak dari lahan terbangun, jarak dari jalan utama, jarak dari kawasan bandara, jarak dari kawasan perdagangan dan jasa, jarak dari perkantoran, jarak dari kawasan perguruan tinggi, jarak dari jalan lokal dan jarak dari kawasan industri.

Model pertumbuhan lahan terbangun secara statistik memiliki hasil yang dapat diterima, yaitu memiliki nilai *pseudo R-square* 0,2703 dan nilai *Odd Ratio* 0,8719. Sementara itu, hasil uji akurasi model penutup lahan tahun 2015 yang dilakukan melalui 100 titik pengamatan menunjukkan hasil yang cukup kuat, dengan nilai *Overall Accuracy* senilai 0,95 dan Kappa 0,93.

Hasil pemodelan menunjukkan adanya kecenderungan pertumbuhan lahan terbangun ke arah timur, di samping itu kawasan tersebut juga memiliki kerawanan penurunan muka tanah dan banjir rob yang relatif tinggi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa Kecamatan Genuk memiliki 1185,6 ha area terbangun yang berada pada laju penurunan 6-14 cm/tahun, sementara itu Kecamatan Pedurungan memiliki luas 729 ha. Berdasarkan simulasi pertumbuhan lahan terbangun dan kebencanaan, Kecamatan Genuk merupakan wilayah yang paling rawan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abidin, H.Z., Heri, A., Irwan, G., Teguh, P.S., Mohammad, G., D. Murdohardono,

Supriyadi dan F. Yoichi, 2010, Studying Land Subsidence in Semarang (Indonesia) Using Geodetic Methods. FIG Congres 2010-Facing the Challenges-Building Capacity.

2. BPS Kota Semarang, 2016, Jumlah Penduduk Menurut Jenis Kelamin Urut Kecamatan, 1995-2014. <https://semarangkota.bps.go.id/linkTableDinamis/view/id/29>. Diakses tanggal 1 Maret 2016
3. Chuang, C.W., Y.L. Chao, H.C. Chang & C.C. Wen, 2011, Application of Markov-Chain Model for Vegetation Restoration Assessment at Landslide Area Caused by a Catastrophic Earthquake in Central Taiwan. *Ecological Modeling*. 222 (2011) 835-845.
4. Clark, W.A. dan P.L. Hosking, 1986, *Statistical Methods for Geographers* (Chapter 13). New York: John Wiley and Sons.
5. Crisci, G.M., D.G. Salvatore, R. Rocco & S. William, 2005, PYR: a Cellular Automata Model for Pyroclastic Flows and Application to The 1991 Mt. Pinatubo Eruption. *Future Generation Computer Systems*. 21 (2005) 1019-1032.
6. Daldjoeni, N., 1992, *Geografi Baru, Organisasi Keruangan Dalam Teori dan Praktek*. Bandung: Penerbit Alumi.
7. Envi, 2013, *Envi 5.1 User Guide*. USA: Exelis Visual Information Solutions, Inc
8. Gumilar, I., H.Z. Abidin, T.P. Sidiq, H. Andreas, R. Maiyudi, M. Gamal, & Y. Fukuda, 2013, Mapping and Evaluating The Impact of Land Subsidence in Semarang (Indonesia). *Indonesian Journal of Geospatial*, Vol. 2. No. 2.
9. He, Y., A. Bin, Y. Yao & Z. Fajun, 2015, Deriving Urban Dynamic Evolution Rules From Self-Adaptive Cellular Automata With Multi-Temporal Remote Sensing Images. *International Journal of Applied Earth*

- Observation and Geoinformation. 38 (2015) 164-174.
10. Heung, B., B. Laurens, G.S. Margaret & D. Suzana, 2013, Modelling The Dynamics of Soil Redistribution Induced by Sheet Erosion Using The Universal Soil Loss Equation and Cellular Automata. *Geoderma*. 202-203 (2013) 112-125.
 11. Kuehm, F., A. David, C. Geraint, D. Javier, G. Johanna, H. Susanne, H.R. Arne & M. Dodid, 2010, Detection of Land Subsidence in Semarang, Indonesia, Using Stable Points Networks (SPN) Technique. *Environ Earth Sci*. (2010) 60:909-921.
 12. Liu, Yan, 2009, Modelling Urban Development with Geographical Information Systems and Cellular Automata. USA: Taylor and Francis Group
 13. Lubis, A.M., S. Toshinori, T. Nobuhiro, I. Nobuhoro & Y. Tsutomu, 2011, Ground Subsidence in Semarang-Indonesia Investigated by ALOS-PALSAR Satellite SAR Interferometry. *Journal of Asian Earth Science*. 40 (2011) 1079-1088.
 14. Marfai M.A dan K. Lorenz, 2007, Monitoring land subsidence in Semarang, Indonesia. Springer-Verlag. DOI 10.1007/s00254-007-0680-3
 15. Marfai, M.A. dan K. Lorenz, 2008, Coastal Flood Management in Semarang, Indonesia. *Environ Geol* (2008) 55:1507-1518.
 16. Marfai, M.A., A. Hussein, D. Sudip, S. Budi & K. Lorenz, 2008, Coastal Dynamic and Shoreline Mapping: Multi-Sources Spatial Data Analysis in Semarang Indonesia. *Environ Monit Assess* (2008) 142:297-308
 17. Marfai, M.A., dan K. Lorenz, 2008, Potential Vulnerability Implication of Coastal Inundation due to Sea Level Rise for The Coastal Zone of Semarang City Indonesia. *Environ Geol* (2015) 54:1235-1245.
 18. Marfai, M.A., K. Lorenz, S. Junun, R.B. Sudrajat & Y. Fajar, 2008, The Impact of Tidal Flooding on a Coastal Community in Semarang, Indonesia. *Environmentalist* (2008) 28:237-248.
 19. Ohgai, A., G. Yoshimizu & W. Kojiro, 2007, Cellular Automata Modeling of Fire Spread in Built-Up Areas - A Tool to Aid Community-Based Planning for Disaster Mitigation. *Computers, Environment and Urban Systems*: 31 (2007) 441-460.
 20. Pratomoatmojo, N.A., 2012, Land Use Change Modelling Under Tidal Flood Scenario by means of Markov-Cellular Automata in Pekalongan Municipal. Thesis. Yogyakarta: Faculty of Geography
 21. Soedarsono dan A.M. Muh, 2012, Monitoring The Change of Land Subsidence in The Northern of Semarang due to Change of Landuse on Alluvial Plain. *Analele Universitatii din Oradea - Seria Geografie*. ISSN 1454-2749.
 22. Susilo, B., 2006, Geokomputasi Berbasis Sistem Informasi Geografis dan Cellular Automata untuk Pemodelan Dinamika Perubahan Penggunaan Lahan di Daerah Pinggiran Kota Yogyakarta. Laporan Penelitian. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
 23. Susilo, B., 2016, Pemodelan Spasial Dinamika Penggunaan Lahan di Daerah Perkotaan Yogyakarta. Disertasi. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
 24. World Bank, 2012, Indonesia's Urban Development Towards Inclusive and Sustainable Economic Growth. Jakarta: The World Bank.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Hasanuddin Z. Abidin dan Dr. Irwan Gumilar atas ketersediaannya memberikan data pengukuran penurunan muka tanah. Selain itu kami ucapkan terima kasih kepada Badan Informasi Geospasial (BIG), Bappeda Kota Semarang, dan Dinas PU-PSDA Kota Semarang yang telah membantu dengan memberikan data dan informasi lain yang mendukung penelitian ini.

Diterima: 1 Juli 2016

Disetujui setelah revisi: 3 Oktober 2016

KAJIAN KONDISI BAWAH PERMUKAAN KAWASAN RAWAN LONGSOR DENGAN GEOLISTRIK UNTUK PENENTUAN LOKASI PENEMPATAN INSTRUMENTASI SISTEM PERINGATAN DINI LONGSOR DI KECAMATAN TALEGONG, KABUPATEN GARUT

KAJIAN KONDISI BAWAH PERMUKAAN KAWASAN RAWAN LONGSOR DENGAN GEOLISTRIK UNTUK PENENTUAN LOKASI PENEMPATAN INSTRUMENTASI SISTEM PERINGATAN DINI LONGSOR DI KECAMATAN TALEGONG, KABUPATEN GARUT

**Heru Sri Naryanto¹, Wisyanto¹, Lena Sumargana², Rachmat Ramadhan²,
Suryana Prawiradisastra¹**

¹PTRRB-TPSA BPPT, Lab. Geodinamika, Geostech, Puspiptek Serpong, JL. MH. Thamrin 8, Jakarta

²PTPSW-TPSA BPPT, Geostech, Puspiptek Serpong, JL. MH. Thamrin 8, Jakarta

e-mail: heru.naryanto@bppt.go.id; naryantohs@gmail.com

Abstrak

Desa-desa Sukamulya, Selaawi dan Mekarmulya di Kecamatan Talegong, Kabupaten Garut merupakan wilayah yang rawan terhadap bahaya tanah longsor (gerakan tanah). Untuk meminimalkan dampak bencana longsor, berbagai upaya terkait pengurangan risiko bencana sangat diperlukan. Berkaitan dengan hal tersebut, penerapan teknologi sistem peringatan dini longsor atau landslide early warning system (LEWS) merupakan salah satu alternatif yang sangat bermanfaat dalam pengurangan risiko bencana tanah longsor di kawasan tersebut. Dalam penetapan lokasi penempatan instrumen sistem peringatan dini yang tepat, maka perlu dilakukan kajian detail kondisi bawah permukaan longsor pada lokasi tersebut. Pengukuran geolistrik 2D adalah salah satu metode geofisika untuk mengetahui konfigurasi bawah permukaan secara detail berdasarkan perbedaan resistivitas yang mengenai obyek tersebut. Pengukuran geolistrik pada 3 desa di Kecamatan Talegong dilakukan sebanyak 12 lintasan, 5 lintasan di Desa Sukamulya dan 7 lintasan di Desa Selaawi dan Desa Mekarmulya. Hasil pengukuran dan analisis geolistrik tersebut, banyak direkomendasikan lokasi yang tepat untuk penempatan instrumen sistem peringatan dini longsor. Jenis instrumen sistem peringatan dini longsor yang bisa dipasang antara lain adalah: penakar hujan, soil moisture, tiltmeter, ekstensometer, akselerometer dan sebagainya. Beberapa lokasi telah diprioritaskan dalam penempatan instrumen LEWS dengan mempertimbangkan jumlah instrumen yang akan dipasang.

Kata Kunci: longsor, geolistrik, kondisi bawah permukaan, penempatan instrumen LEWS.

Abstract

The villages of Sukamulya, Selaawi and Mekarmulya in the Talegong district, Garut regency is a landslide prone area. To minimize the impact of the landslide, various efforts related to disaster risk reduction is indispensable. In this regard, the implementation of landslide early warning system (LEWS) is one alternative that is very helpful in reducing the risk of landslides in the region. In determining where to place the instrument proper early warning system, it is necessary to study landslides detail subsurface conditions at that location. Two dimensional geoelectric measurement is one of geophysical methods to determine the subsurface configuration in detail based on the difference in resistivity on the object. Geoelectric measurements in three villages in the Talegong district do as many as 12 tracks, 5 tracks in the Sukamulya village and 7 tracks in the Selaawi village and Mekarmulya village. The results of the geoelectric measurement and analysis, is widely recommended an appropriate location for the placement of instruments landslide early warning system. This type of instrument landslide early warning system that can be installed include: a rain gauge, soil moisture, tiltmeter, extensometer, accelerometer and so

on. Several locations have been prioritized in the placement of instruments LEWS taking into account the number of instruments that will be installed.

Keywords: landslide, geoelectric, subsurface conditions, LEWS instrument placement.

1. PENDAHULUAN

Tanah longsor (gerakan tanah) adalah pergerakan suatu massa batuan, tanah atau bahan rombakan material penyusun lereng bergerak ke bawah atau keluar lereng di bawah pengaruh gravitasi. Tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban serta berat jenis tanah atau batuan. Selain itu mekanisme pergerakannya tidak selalu melalui bidang luncur, bahkan dapat pula dengan mekanisme gerakan jatuh bebas ataupun sebagai aliran (Naryanto, 2013; Naryanto *et al*, 2010).

Adapun yang menjadi faktor penentu terjadinya gerak tanah ini adalah sifat fisik tanah dan batuan, struktur geologi, kemiringan lereng, vegetasi penutup serta faktor beban dan getaran. Salah satu indikasi yang bisa diketahui apakah suatu daerah berpotensi longsor adalah dengan mengidentifikasi bidang gelincir. Untuk mengetahui kondisi bawah permukaan berupa perlapisan, struktur geologi dangkal dan sebaran batuan dibutuhkan metode geofisika yang dapat merekam sifat fisik perlapisan batuan bawah permukaan. Salah satu metode geofisika tersebut adalah geolistrik 2 dimensi yang dapat mengetahui sebaran secara vertikal dan horisontal kondisi bawah permukaan berupa nilai tahanan jenis, yang bisa dianalogikan sebagai lapisan batuan (Naryanto, 2015a, Naryanto, 2016a).

Untuk meminimalkan dampak bencana longsor, mengurangi korban jiwa dan kerugian harta benda, upaya mitigasi diperlukan. Berkenaan dengan hal tersebut, penerapan teknologi sistem peringatan dini longsor atau *landslide early warning system* (LEWS) merupakan alternatif penting yang dapat dimanfaatkan. Teknologi peringatan dini longsor ini selain memberikan sinyal dini kepada masyarakat setempat, juga dipantau oleh pusat krisis baik di daerah maupun di pusat serta oleh para pengambil keputusan sehingga langkah-langkah pengamanan dapat segera diterapkan. Kombinasi teknologi deteksi dan pemantauan menjadi bagian penting dalam aplikasi teknologi peringatan dini longsor.

Berdasarkan hasil diskusi tim dari BNPB, BPPT, LIPI, PVMBG, ITB, dan BPBD terkait maka dilakukan kajian pada beberapa Kabupaten terpilih, dan hasil pengamatan lapangan, maka diputuskan lokasi yang paling tepat sebagai lokasi penempatan instrumen sistem peringatan dini atau *landslide early warning system*. Berdasarkan hasil peninjauan lapangan untuk identifikasi penentuan lokasi pemasangan instrumen sistem peringatan dini gerakan tanah, maka dipilih tiga (3) kabupaten di Provinsi Jawa Barat, yaitu Kabupaten Majalengka, Kabupaten Garut dan Kabupaten Tasikmalaya.

Hasil survei masing-masing kabupaten telah dijadikan dasar pemilihan lokasi kegiatan berdasarkan pembobotan. Identifikasi dan analisis yang dilakukan dalam melakukan pembobotan (*scoring*) penentuan lokasi sebelumnya, adalah: Kampung, Desa, Kecamatan, Kabupaten, koordinat, tipe longsor, luas daerah longsor, arah longsor, kemiringan lereng, histori longsor, jumlah KK terdampak, luas daerah terdampak, jenis infrastruktur terdampak, jumlah bangunan pemukiman yang rusak, berpotensi rusak, penggunaan lahan eksisting, area longsor (dari atas mahkota sampai kaki), area terdampak, jenis tanah/batuan, arah rekahan, struktur geologi, kondisi hidrologi (berikut koordinat), mata air, kedalaman muka air tanah, genangan/kolam, data curah hujan, sketsa penampang longsor, foto-foto wilayah, Instrumentasi, keberadaan BTS, kekuatan (ex: 2 dari 5 bar), nama provider, jenis signal (edge, 3g, 4g), kestabilan signal (stabil, naik turun, kadang-kadang hilang) (Naryanto, 2015b; BPPT-BNPB, 2015).

Dari lokasi terpilih yang salah satunya adalah Kecamatan Talegong, Kabupaten Garut, maka dilakukan kajian detail kondisi bawah permukaan longsor pada lokasi tersebut. Kondisi bawah permukaan dilakukan pengukuran geolistrik 2D yang merupakan salah satu metode pengukuran geofisika yang digunakan untuk pendeteksi obyek berdasarkan perbedaan resistivitas (daya hantar listrik) yang mengenai obyek tersebut.

Pada metoda pengukuran geolistrik, dilakukan injeksi arus ke dalam permukaan bumi. Selanjutnya respons yang diberikan bumi dicatat oleh alat yang disebut *resistivitymeter*. Data yang dicatat adalah nilai resistivitas (R) dalam satuan ohm mulai kedalaman 0 meter

hingga 150 meter pada jarak 0 hingga 450 meter. Dari data yang tercatat ini kemudian dihitung sebaran nilai resistivitas (tahanan jenis) batuan di bawah permukaan. Karena masing-masing batuan mempunyai nilai resistivitas yang spesifik, maka dari sebaran resistivitas inilah kita dapat melakukan interpretasi jenis batuan, sifat batuan dan struktur geologi yang mungkin ada di bawah permukaan (Naryanto, 2013; Naryanto, 2015a).

Pengukuran geolistrik di Kabupaten Garut, dilakukan pada 2 (dua) lokasi di Kecamatan Talegong, yaitu:

- Kampung Talegong, Desa Sukamulya. Lokasi ini dapat ditempuh dengan kendaraan roda empat sekitar 45 menit dari Pangalengan. Lokasi ini berada persis di jalan utama yang menghubungkan kabupaten Bandung dan Kabupaten Garut tepatnya pada lintas Pangalengan menuju Cisewu/Caringin.
- Kampung Urug, Desa Selaawi dan Kampung Datar Salam, Desa Mekarmulya. Pengukuran geolistrik memanjang (3 lintasan dan 4 lintasan) dan menerus sehingga melewati Kampung Urug dan Kampung Datar Salam yang terletak pada desa yang berbeda. Lokasi kedua ini berjarak sekitar 1 jam dengan kendaraan roda empat dari lokasi pertama melalui jalan desa.

2. METODOLOGI

Metodologi yang dilakukan adalah:

- a. Penentuan lokasi (titik) pengukuran geolistrik
- b. Eksplorasi data sekunder
- c. Koordinasi internal dan eksternal

d. Persiapan peralatan dan mobilisasi

e. Pengukuran lapangan

- Pengukuran yang dilaksanakan merupakan survei pemetaan bawah permukaan dengan menggunakan metode geolistrik 2D dengan konfigurasi Dipole-Dipole menggunakan 32 channel elektroda dengan spasi jarak antar elektroda disesuaikan dengan keperluan dan kondisi lapangan. Spasi elektroda yang digunakan adalah 10 meter dan 5 meter tergantung kondisi lapangan.
- Lintasan survei ditentukan pada daerah yang memang berpotensi terjadi longsor. Kemudian data tersebut diolah untuk ditampilkan dalam bentuk penampang melintang geolistrik sehingga memudahkan dalam penafsiran daerah yang berpotensi dan telah terjadi tanah longsor.

f. Analisis data lapangan

g. Interpretasi kondisi bawah permukaan

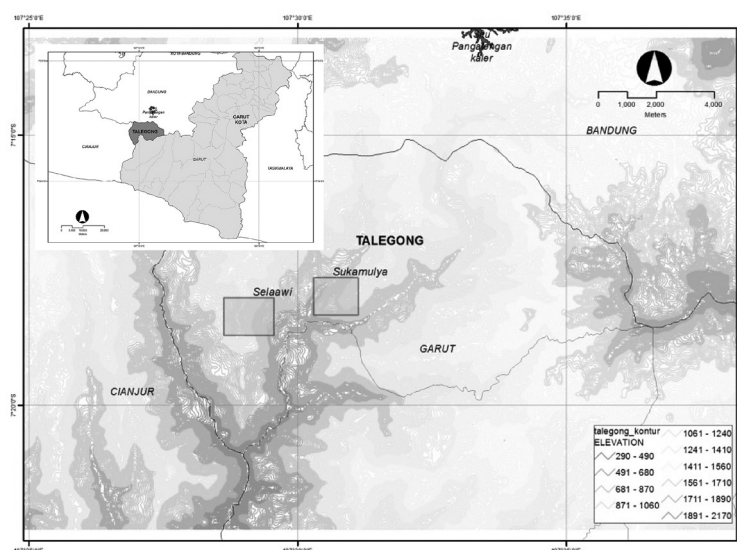
h. Penentuan lokasi penempatan instrumen sistem peringatan dini

i. Pelaporan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Gambaran Umum Tanah Longsor

Pada prinsipnya tanah longsor dapat terjadi karena terganggunya kestabilan lereng tanah/batuan. Terjadinya gangguan ini karena adanya faktor-faktor pengontrol dan adanya proses pemicu. Faktor pengontrol merupakan penyebab tidak langsung, yaitu faktor-faktor



Gambar 1. Lokasi Pengukuran Geolistrik di Kecamatan Talegong, Kabupaten Garut

yang mengkondisikan suatu lereng rentan atau siap bergerak. Faktor pemicu gerakan adalah penyebab langsung, yaitu proses-proses yang merubah kondisi lereng dari rentan menjadi kondisi benar-benar bergerak setelah melampaui kondisi kritis. Dari beberapa kejadian bencana gerakan massa tanah/batuan yang diamati, kondisi tanah longsor secara umum dapat dibedakan berdasarkan kecepatan dan jarak gerakannya serta luas area yang terkena gerakan (Naryanto, 2016b).

Menurut Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (2005), jenis tanah longsor berdasarkan kecepatan gerakannya dapat dibagi menjadi 5 (lima) jenis, yaitu:

- Aliran, material longsor bergerak serentak/mendadak dan bergerak dengan kecepatan tinggi (*debris avalanche*), di Jawa sering disebut banjir bandang, sementara di Sumatera disebut galodo.
- Longsor, material longsor bergerak lambat dengan bekas longsor berbentuk tapal kuda. Jenis longsor ini antara lain adalah nendatan yang diikuti oleh rekahan, retakan dan belahan, apabila gerakannya sangat lambat disebut rayapan.
- Runtuhan, umumnya material longsor baik berupa batu maupun tanah bergerak cepat sampai sangat cepat pada suatu tebing.
- Amblesan, terjadi pada penambangan bawah tanah, penyedotan air tanah yang berlebihan, proses pengikisan tanah dan pelarutan pada batugamping, serta pada daerah yang dilakukan proses pemadatan tanah.
- Majemuk, material longsor yang berkembang dari jenis runtuhan menjadi jenis aliran atau lainnya.

Kejadian bencana longsor sebagian besar terjadi pada saat musim hujan di mana dimulai akibat intensitas hujan yang tinggi dan dalam durasi yang panjang. Penjenuhan air yang memasuki pori makro ataupun pori mikro pada tekstur tanah yang mengandung pasir bisa menjadi *trigger* kejadian bencana tanah longsor.

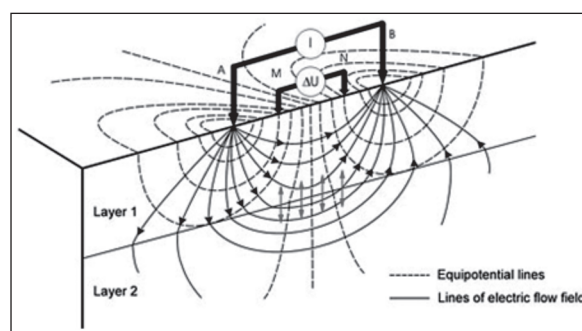
Kasus tanah longsor bersifat spesifik lokasi, ketebalan lereng, solum tanah yang tebal, tekstur tanah mengandung pasir ditambah dengan kondisi tata guna lahan yang tidak mengikuti kaidah konservasi akan menjadi pemicu terjadinya bencana tanah longsor. Tata guna lahan yang direpresentasikan dengan tutupan lahan dapat menjadi faktor yang mempengaruhi bencana tanah longsor. Konversi lahan akibat perubahan tata guna lahan dari hutan menjadi lahan budidaya seperti lahan tadah hujan/ tegalan membuat hujan yang jatuh ke tanah akan lebih cepat sampai ke permukaan tanah dan

berakibatnya cepatnya penyerapan air kedalam tanah melalui mekanisme infiltrasi. Penjenuhan pada tanah pada lahan yang lebih terbuka akan lebih cepat terjadi dibandingkan pada tanah yang berpenutupan hutan (Naryanto *et al*, 2015; Naryanto, 2016b).

3.2. Prinsip Pengukuran Geolistrik

Salah satu teknologi survey bawah permukaan daerah potensi longsor yang sering digunakan adalah teknologi geolistrik. Pengukuran geolistrik adalah salah satu metoda dalam bidang geofisika yang digunakan untuk mengetahui atau menggambarkan struktur bawah permukaan bumi. Beberapa metoda yang sejenis adalah seismik, *gravity*, georadar dan geomagnet. Geolistrik dikenal sebagai metoda yang ramah lingkungan, praktis dan dapat memberikan informasi sampai kedalaman yang optimal.

Prinsip dasar geolistrik 2D adalah menggunakan nilai tahanan jenis sebagai pembeda antar litologi dengan asumsi bahwa adanya perbedaan properties fisik pada setiap jenis litologi akan menghasilkan nilai tahanan jenis yang berbeda. Prinsip pengukuran dalam metoda tahanan jenis adalah dengan menginjeksikan arus listrik (dalam satuan mA) ke dalam bumi melalui dua elektroda arus, kemudian beda potensial yang terjadi (dalam satuan mV) diukur melalui dua elektroda potensial. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda yang berbeda kemudian dapat diturunkan variasi nilai tahanan jenis (ρ) masing-masing lapisan di bawah titik ukur dalam satuan ohm-m (Naryanto, 2013; Naryanto, 2015a; Naryanto *et al*, 2015).



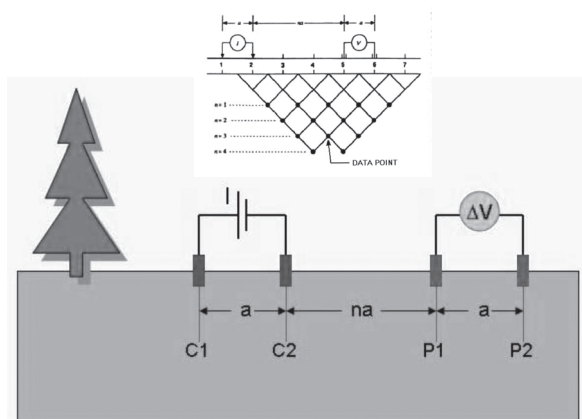
Gambar 2. Ilustrasi Pengukuran Geolistrik

Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial untuk setiap jarak elektroda yang berbeda kemudian dapat diturunkan nilai tahanan jenis semu (ρ_a) sebagai berikut:

$$\rho_a = k (V/I)$$

Di mana k merupakan faktor geometri yang tergantung kepada susunan elektrodanya (konfigurasinya).

Ada beberapa variasi cara penempatan elektroda arus A dan B dan elektroda potensial M dan N, tetapi variasi yang umum digunakan dalam pendugaan geolistrik cara tahanan jenis adalah susunan elektroda simetri misalnya konfigurasi Schlumberger, Wenner dan Dipole-Dipole. Dalam survei ini digunakan Konfigurasi Dipole-Dipole, di mana susunan elektrodanya mempunyai spasi yang konstan. Visualisasi sistem pengukurannya dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Visualisasi Pengukuran Tahanan Jenis 2D Konfigurasi Double Dipole

Nilai tahanan jenis semu untuk konfigurasi Dipole-dipole ini adalah

$$\rho_a = K \cdot \frac{\Delta V}{I}$$

$$K = \pi \cdot n(n+1) \cdot (n+2) \cdot a$$

Di mana:

ρ_a = Tahanan jenis semu (ohm-m)

K = Faktor Geometri

ΔV = Beda potensial (mV)

I = Kuat arus yang dialirkan (milliAmpere).

a = Jarak antara kedua elektrode arus (C1-C2) dan potensial (P1-P2)

n = level data

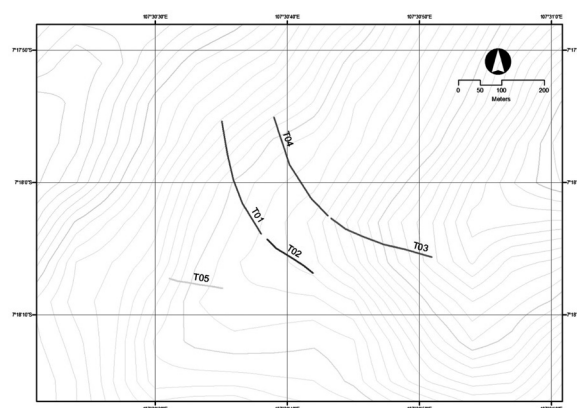
3.3. Hasil dan Analisis Konfigurasi Bawah Permukaan Longsor Pengambilan Data Geolistrik

3.3.1. Pengukuran Geolistrik di Desa Sukamulya, Kecamatan Talegong, Kabupaten Garut

Di Kampung Talegong Desa Sukamulya, dilakukan pengambilan data berarah barat daya-tenggara. Terdapat tiga lajur, tetapi karena

terpotong jalan raya maka pengambilan data dilakukan dua bagian untuk selitap lajur yaitu sisi lembah pada bagian barat dan sisi timur pada bagian bukit. Pengukuran dilakukan pada 5 lintasan, yaitu T01, T02, T03, T04 dan T05. Lintasan T01, T02, T03 dan T04 menggunakan spasi elektroda berjarak 10 meter, sedangkan T05 dengan spasi elektroda 5 meter.

Lintasan terakhir di Kampung Talegong ini adalah lintasan T05 yang berarah Barat - timur, dimulai pada lereng sebelah barat menuju kebun dan pemukiman penduduk dan berakhir pada sisi barat dari jalan raya. Spasi elektroda untuk lintasan ini adalah 5 meter. Gambar lintasan di Desa Sukamulya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. Lintasan Geolistrik di Desa Sukamulya

Berdasarkan hasil survei geolistrik nilai tahanan jenis yang terdapat pada daerah ini memiliki tingkat keseragaman yang cukup bervariasi, bagian atas penampang memiliki nilai tahanan jenis yang rendah sekitar kurang dari 100 ohm-m, dan di bawah lapisan tersebut terdapat lapisan yang memiliki tahanan jenis yang tinggi, yang merupakan batuan dasar pada wilayah tersebut.

Lintasan T01-T02 menunjukkan pola yang mirip dengan lintasan T04-T03, di mana lapisan dasar batuan (lava, breksi atau batuan beku) terdapat pada bagian dasar pada daerah ini mulai dari bukit yang terdapat pada bagian timur daerah penelitian sampai ke arah barat/utara menuju ke arah lembah.

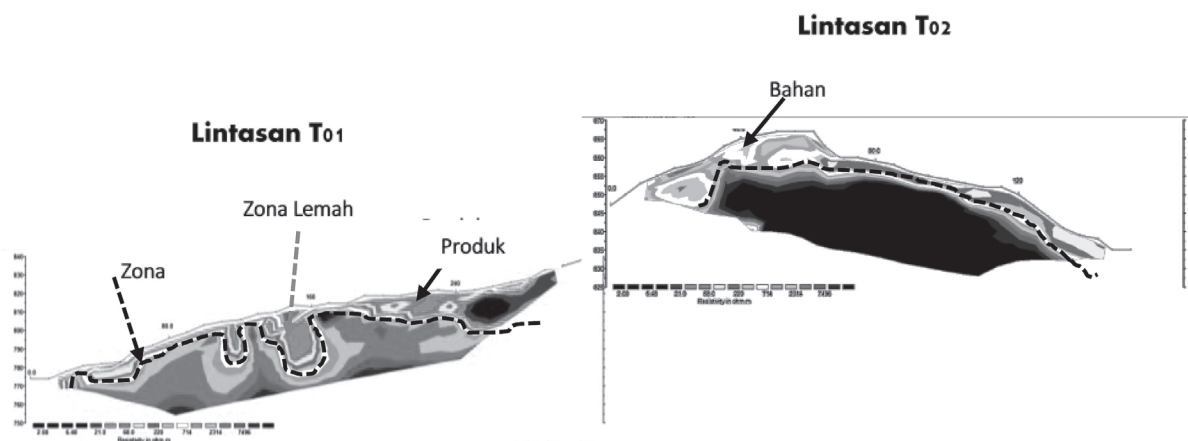
Terdapat lapisan dengan resistivitas yang diduga pasir pada bagian lembah daerah penelitian yang banyak dihuni warga yaitu area yang berbentuk *channel* yang memanjang berarah barat-timur (lihat Lintasan T01 dan T04). Pada Lintasan T05 terdapat lapisan yang diinterpretasikan sebagai pasir pada lereng sisi barat dari lintasan yang cukup tebal.

1). Lintasan T01-T02.

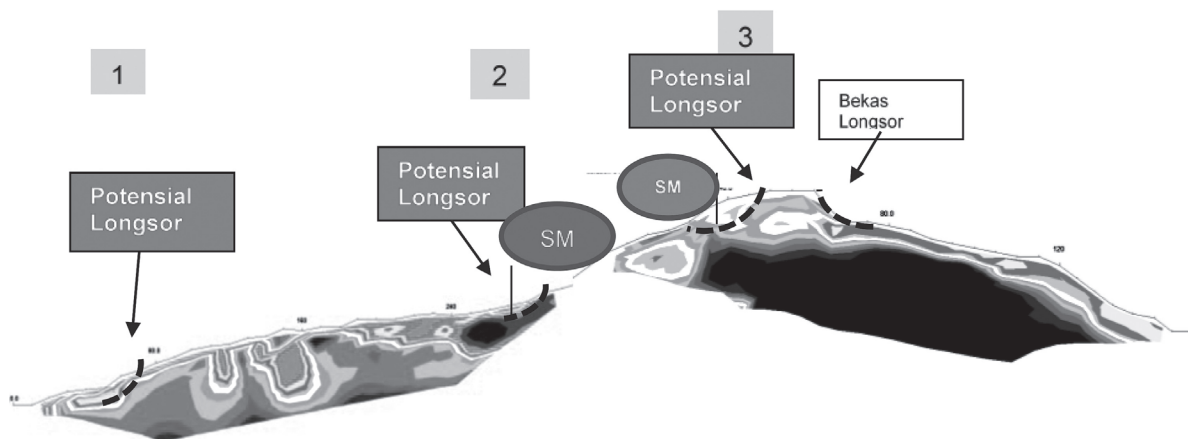
- Material longsor pada Lintasan T01-T02 merupakan endapan tak terkonsolidasi yang mungkin merupakan hasil endapan dari longsor lama (talus) dan di bawahnya dibatasi oleh tubuh batuan gunungapi yang kompak bersama dengan lapisan pelapukannya. Pada lintasan T01-T02 di atas terlihat bahwa endapan tebalnya dapat mencapai ketebalan 30 m.
- Bidang gelincir longsor pada Lintasan T01-T02, garis putus-putus pada penampang menunjukkan bidang yang relatif impermeabel dan saat berada pada posisi miring akan berpotensi dan bertindak menjadi bidang gelincir longsor.
- Potensi longsor yang bisa terjadi pada lintasan T01-T02, terdapat 3 titik rawan longsor dan 1 lereng (*scarp*) bekas longsor. Berdasarkan tingkat kemiringan bidang gelincir dan topografi permukaannya, dapat ditentukan bahwa prioritas utama

dalam memonitor perkembangan longsor adalah titik 3 dari kiri, di mana materialnya besar dan lereng terjal, serta di bawahnya terdapat permukiman padat. SM 1 (107,510869; -7,301386) dengan kedalaman 9-12 m.

Adapun pada Titik 1, lerengnya curam dan material cukup besar, tetapi mengingat di bawahnya tidak ada permukiman dan hanya berupa sawah, maka lokasi ini tidak diprioritasnya untuk dimonitor. Demikian juga dengan Titik 2, meskipun ketebalan talusnya besar serta berdekatan dengan permukiman, akan tetapi karena lereng cukup landai dan disebelah baratnya ada tinggian batuan dasar (kompak), sehingga daerah ini tidak diprioritaskan untuk dipasang sensor monitoring longsor. Akan tetapi bila nantinya ada kekeluasaan dana atau alat, maka disini dapat dipasang sensor juga. Posisi SM 2 adalah (107.51034273;-7.30072703) dengan kedalaman 5-7 m).



Gambar 5. Bidang Gelincir Longsor pada Lintasan T01-T02.

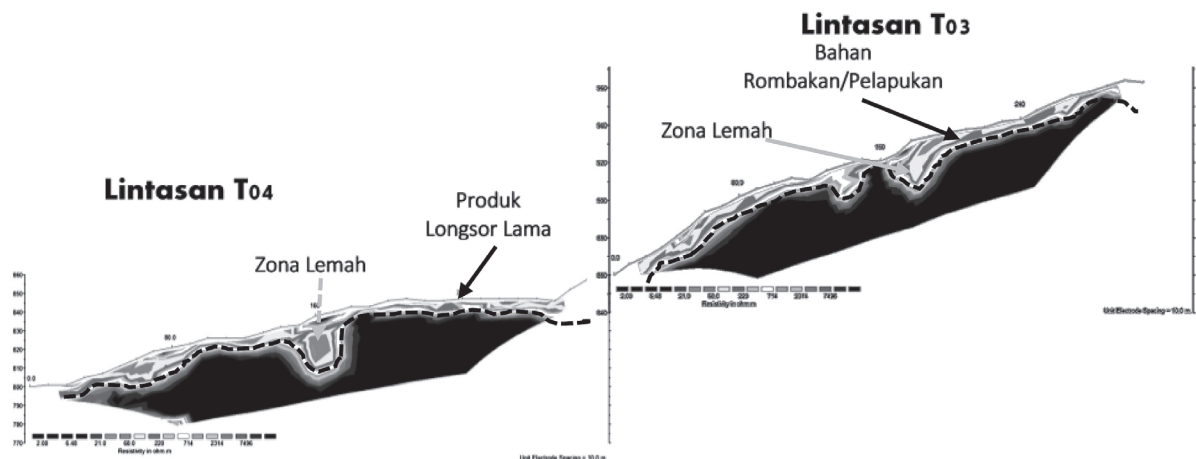


Gambar 6. Potensi Longsor yang Bisa Terjadi dan Usulan Penempatan Instrumen *Soil Moisture* pada Lintasan T01-T02.

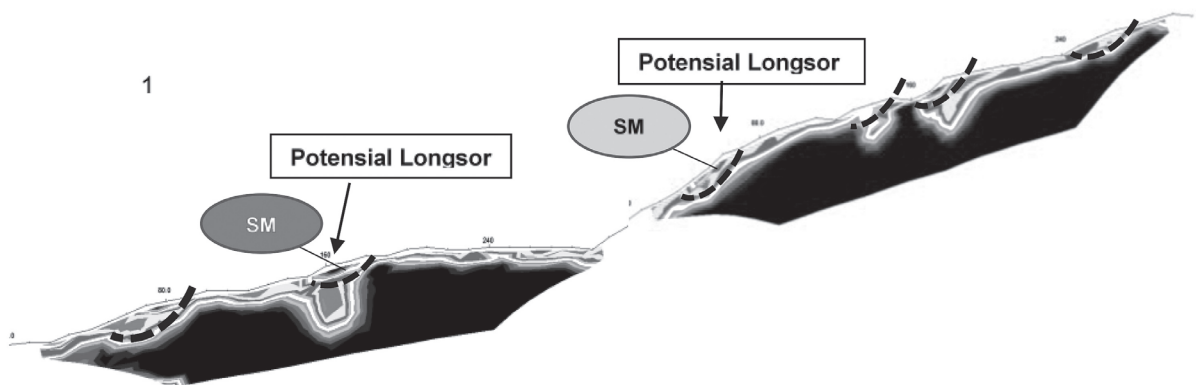
2). Lintasan T04-T03

- Material longsor pada lintasan T04-T03 tidak setebal pada lintasan sebelumnya (T01-T02). Hal ini mungkin karena lokasinya terletak lebih keutara atau lebih mengarah ke pegunungan utama yang menjadi sumber awal longsor. Ketebalan talus kurang lebih 15 m. Meskipun demikian ada *chanel-chanel* yang terisi talus dengan ketebalan mencapai 30 m dan besar kemungkinan ini merupakan zona-zona lemah yang terisi oleh talus.
- Garis putus-putus pada lintasan T04-T03 menunjukkan bidang yang relatif *impermeable* dan saat berada pada posisi miring akan berpotensi dan bertindak menjadi bidang gelincir longsor.
- Potensi longsor yang bisa terjadi dan usulan penempatan instrumen *soil moisture* pada Lintasan T04-T03 bisa dijelaskan sebagai berikut. Penampang

dari kiri ke kanan terdapat 6 titik potensial longsor. Pada titik ke 2 merupakan titik prioritas, selain lerengnya yang cukup curam, juga di atas dan sekitar tubuh lereng merupakan daerah permukiman. Disini diusulkan ada sensor *soil moisture* disebut SM 3 dengan koordinatnya (107,51117; -7,299658) dan dengan kedalaman 5-7 m. Titik ke 3 merupakan prioritas berikutnya, meskipun materialnya dalam volume besar dan lerengnya terjal, tetapi di bawahnya berupa lapangan/tidak langsung berhadapan dengan permukiman. Disini dapat dipasang *soil moisture* SM4 dengan koordinat (107,51223303; -7,300889) dan dengan kedalaman sensor 6-7m. Sedangkan Titik 1 yang terletak di ujung barat, di bawahnya berupa sawah. Titik 4, 5 dan 6 cukup jauh dari permukiman, sehingga titik 1, 4 5 dan 6 tidak menjadi prioritas.

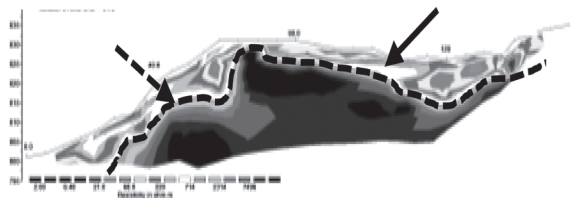


Gambar 7. Bidang Gelincir Pada Lintasan T04-T03.

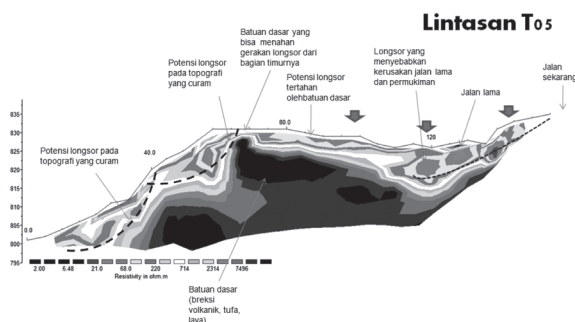
Gambar 8. Potensi Longsor yang Bisa Terjadi dan Usulan Penempatan Instrumen *Soil Moisture* (SM) pada Lintasan T04-T03.

3). Lintasan T05

- Material longsor pada lintasan T05 mempunyai ketebalan material longsor (talus) pada penampang di atas mencapai 15 m. Kenampakkannya lebih tebal dibandingkan dengan lintasan-lintasan sebelumnya (di atasnya), tetapi pada kenyataannya tidak, karena spasi lintasan ini adalah 5 m sedangkan spasi lintasan sebelumnya adalah 10 m.
- Bidang gelincir longsor pada Lintasan T05 yang ditunjukkan garis putus-putus pada penampang menunjukkan bidang yang relatif impermeabel dan saat berada pada posisi miring akan berpotensi dan bertindak menjadi bidang gelincir longsor.
- Potensi longsor yang bisa terjadi dan usulan penempatan instrumen sistem peringatan dini longsor pada Lintasan T05 ditunjukkan pada Gambar 10. Pada Penampang T05, ada 2 titik potensial longsor, akan tetapi di bawahnya langsung sawah, tanpa ada permukiman, sehingga lokasi ini tidak menjadi prioritas bagi pemasangan instrumen *soil moisture*. Pada sisi ujung timur ada proses rayapan dan merusak jalan dan permukiman. Kalau dilihat konfigurasi bawah permukaan, di mana di sebelah baratnya terdapat tinggian, maka kecenderungan gerakannya berupa pemampatan ke arah pusat cekungan.



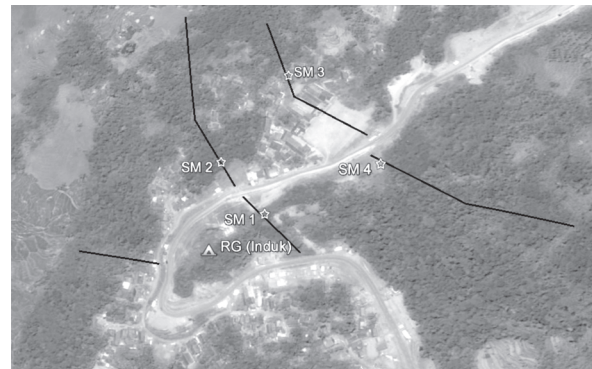
Gambar 9. Bidang gelincir longsor pada Lintasan T05.



Gambar 10. Potensi Longsor yang Bisa Terjadi dan Usulan Penempatan Instrumen *Soil Moisture* pada Lintasan T05

4). Usulan pemasangan *rain gauge* (RG) (induk) dan *soil moisture* (SM) di Desa Sukamulya.

- Dengan mempertimbangkan beberapa faktor, maka telah ditentukan bahwa pemasangan alat di Talegong terdiri dari 3 titik yaitu: titik Induk dengan dilengkapi alat penakar hujan/*rain Gauge* (RG) dan 2 titik Anak yang masing-masing dilengkapi dengan sensor *soil moisture* (SM), *tilt meter* dan akselerometer. Ketiga titik tersebut terlihat pada peta di atas, yaitu titik RG, SM 1 dan SM 3 (tanda lingkaran hitam).
- Setelah melalui berbagai pertimbangan, diputuskan bahwa instrumen *soil moisture* hanya di 2 titik, yaitu pada titik SM 3 dan SM 1.



Gambar 11. Usulan Pemasangan *Rain Gauge* (RG) (Induk) dan *Soil Moisture* (SM) di Desa Sukamulya

5). Sebaran Permukiman Yang Terancam.

Risiko yang ada di wilayah Talegong adalah berupa korban jiwa dan kerugian ladang pencaharian berupa sawah. Adapun potensi rumah rusak yang memungkinkan memakan korban jiwa tersebar di sebelah barat dari lereng longsor. Meskipun demikian ada potensi longsor yang mengarah ke selatan, di mana sekarang pun sudah dijumpai beberapa rumah rusak. Adapun keseluruhan rumah yang berpotensi terancam oleh aktivitas longsor mencapai 70 rumah.

Apabila terjadi bencana tanah longsor di Desa Sukamulya, terdapat 1 titik lokasi evakuasi sementara yang bisa dipakai, yaitu di Pasar. Akan tetapi daerah ini sebenarnya juga berisiko terkena longsor dari lereng sebelah utaranya atau bahkan tanah di mana pasar berada dapat ikut terlongsorkan. Tempat evakuasi lainnya yang lebih aman tetapi lebih jauh (2 km) adalah di *rest area* tempat akan dibangunnya tugu selamat datang ke Talegong.

Tabel 1. Penempatan *Rain Gauge* (RG) dan *Soil Moisture* (SM) di Desa Sukamulya

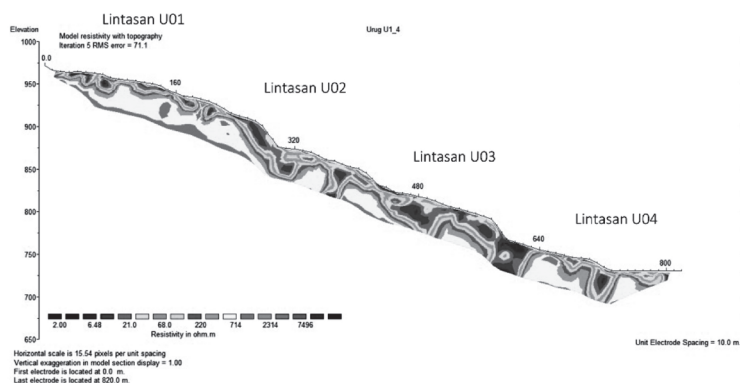
LOKASI	GPS Colorado 300	Pemilik Tanah
Talegong Induk (RG)	107,51016;7,30161	Tanah milik Binamarga
Talegong Anak 1 (SM 3)	107,51090;7,30139	Tanah milik Dede Abim
Talegong Anak 2 (SM 1)	107,51121;7,29977	Tanah milik sekolah

3.3.2. Pengukuran Geolistrik di Desa Selaawi dan Desa Mekarmulya, Kecamatan Talegong, Kabupaten Garut

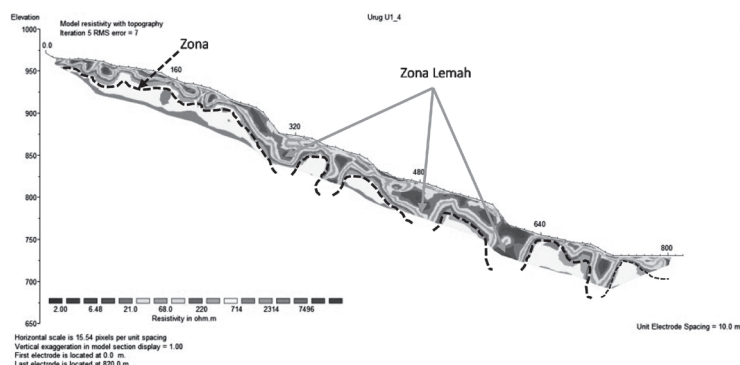
1). Lintasan U01-U04

- Material Longsoran pada Lintasan U01-U04 Material longsor lama (talus) yang terdapat dalam lereng di atas mempunyai ketebalan yang cukup bervariasi dari satu titik ketitik lainnya. Ketebalan terbesar ada pada titik meter ke 320, 480 dan 600.

- Bidang gelincir longsor pada Lintasan U01-U04 yang berupa garis putus-putus pada penampang menunjukkan bidang yang relatif *impermeable* dan saat berada pada posisi miring akan berpotensi dan bertindak menjadi bidang gelincir longsor.
- Ada banyak titik potensi longsor yang bisa terjadi dan usulan penempatan instrumen *soil moisture* pada lintasan U01-U04. Garis putus-putus no 1 adalah interpretasi bidang longsor lama yang besar kemungkinan merupakan longsor besar tahun 1928 seperti yang diceritakan penduduk. Menurut penduduk setempat telah terjadi 2 kali longsor, yaitu longsor besar tahun 1918 dan longsor sedang tahun 1980. Selanjutnya pada tahun 1980 terjadi longsor cukup besar pada tubuh longsor 1918, di mana bidang longsor 1980 adalah garis-garis bidang longsor nomor 2. Berdasarkan gambaran bawah permukaan yang didapatkan dari penampang geolistrik di atas, diantara semua titik-titik rawan



Gambar 12. Posisi Lintasan U01-U04.



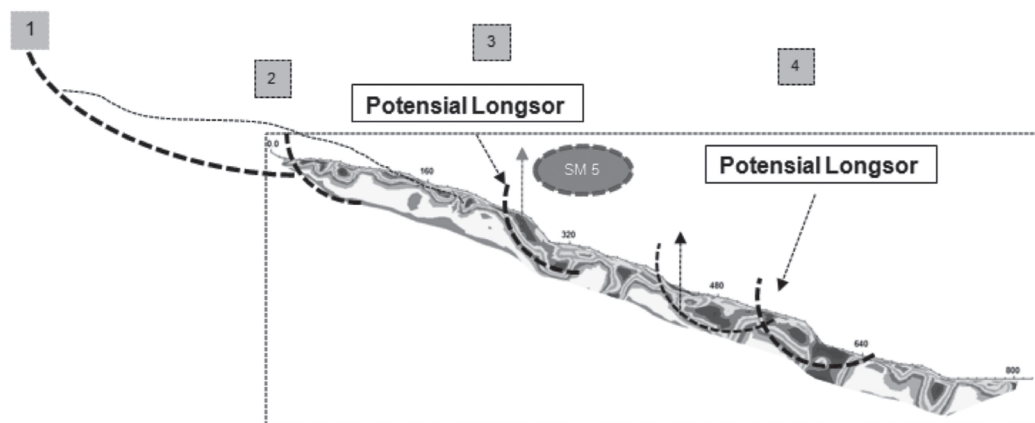
Gambar 13. Bidang Gelincir Longsor pada Lintasan U01-U04.

longsor di atas, terdapat dua titik rawan yang sangat berpotensi menjadi longsor (segera). Kedua titik tersebut adalah titik 3 dan 4. Mengingat untuk daerah Urug hanya akan dipasang 1 buah sensor *soil moisture* (berserta dengan *tilt meter* dan *accelerometer*), maka titik nomor 3 yang akan diprioritaskan mengingat di bawahnya terdapat perkampungan Datar Salam. Koordinat titik ini adalah SM 5 (107,485397;-7,306999), kedalaman 12-15 meter.

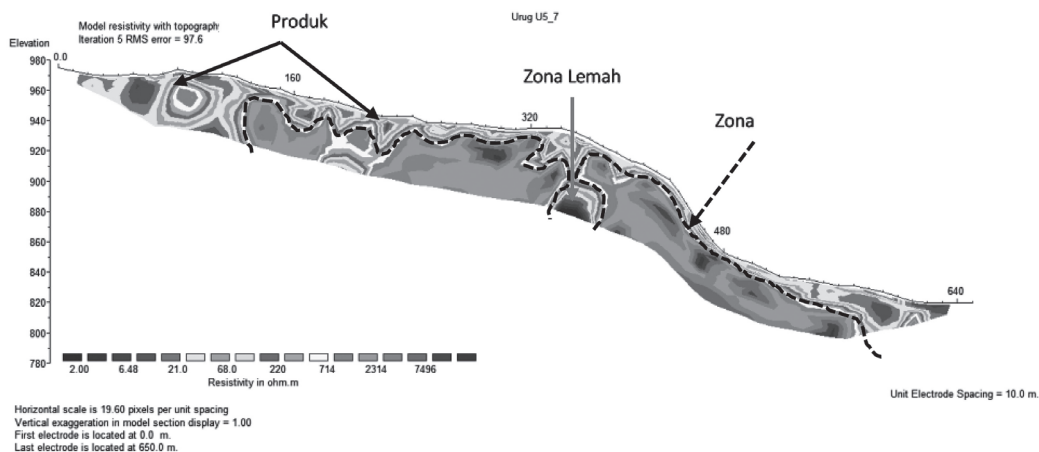
2). Lintasan U05-U07

- Material Longsoran pada Lintasan U05-U07 yang berupa material tebal terdapat pada kaki bukit (bukit berada di timur penampang) yaitu endapan yang terdapat di sebelah barat dan yang terdapat di ujung timur pada dasar lembah. Tebal talus dapat mencapai 35 m.

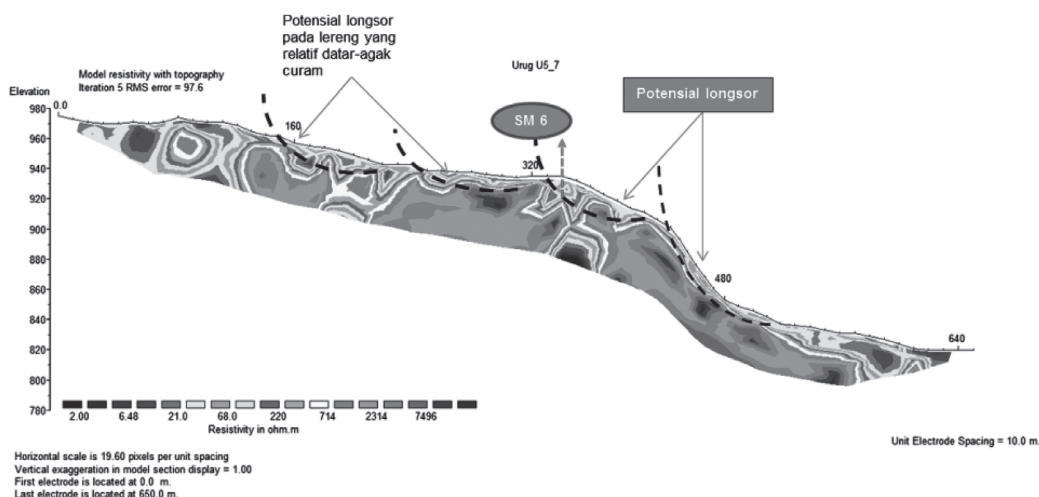
- Bidang gelincir longsor pada Lintasan U05-U07, garis putus-putus pada penampang menunjukkan bidang yang relatif impermeabel dan saat berada pada posisi miring akan berpotensi dan bertindak menjadi bidang gelincir longsor.
- Dalam penampang U05-U07 terdapat 2 titik potensial longsor, akan tetapi dengan mempertimbangkan tebal material yang berpotensi longsor ditentukan bahwa titik prioritas untuk pemantauan aktivitas longsornya adalah titik SM 6. Adapun lokasi titik SM 6 adalah (107,4855023;-7,30604456) dengan kedalaman penempatan sensor *soil moisture*-nya adalah 12-15 meter. Pada lereng di sebelah timur SM 6, meskipun lerengnya terjal, akan tetapi materialnya sudah tidak tebal lagi. Hal ini besar kemungkinan karena sudah longsor sebelumnya.



Gambar 14. Potensi Longsor yang Bisa Terjadi dan Usulan Penempatan Instrumen *Soil Moisture* pada Lintasan U1-U04.



Gambar 15. Bidang Gelincir Longsor pada Lintasan U5-U7.



Gambar 16. Potensi Longsor yang Bisa Terjadi dan Usulan Penempatan Instrumen *Soil Moisture* pada Lintasan U5-U7.

- 3). Usulan pemasangan *rain gauge* (RG) (induk) dan *soil moisture* (SM) di Desa Selaawi dan Desa Mekarmulya.

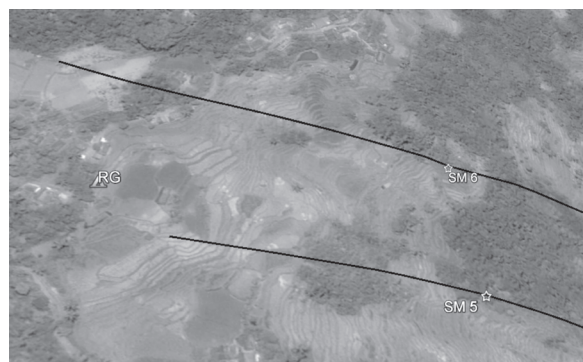
Seperti halnya di Kampung Talegong, untuk Kampung Urug juga tidak semua titik rencana akan dipasang sensor LEWS. Di Kampung Urug hanya akan dipasang 1 titik Anak yang dilengkapi dengan sensor *soil moisture* (SM), *tilt meter* dan akselerometer. Titik tersebut adalah titik SM5 dalam lingkaran hitam pada peta di atas. Di mana koordinat dari titik lokasi pemasangan sensor tersebut ada pada Tabel 2.

Tabel 2. Penempatan *Rain Gauge* (RG) dan *Soil Moisture* (SM) di Desa Selaawi dan, Desa Mekarmulya

LOKASI	GPS Colorado 300	Pemilik Tanah
GARUT		
Urug Anak 1 (SM 5)	107,48454;7,30701	Tanah milik Ka. Dusun
Urug Anak 2	107,48532;7,30614	

- 4). Sebaran Permukiman Yang Terancam

Risiko yang ada di Kampung Urug, meskipun jarak dari sumber longornya cukup jauh (1,5 km) ada terdapat banyak permukiman yang berpotensi terdampak oleh longsor. Permukiman ini terletak di Kampung Datar Salam, di mana RW 3 yang merupakan daerah yang paling terdampak. RW ini terdiri dari 3 RT, Rt 1 terdiri dari 66 KK, Rt 2 ada 41 KK dan Rt 3 ada 62 KK.



Gambar 17. Usulan Pemasangan *Rain Gauge* (RG) (Induk) dan *Soil Moisture* (SM) di Kampung Urug-Desa Selaawi dan Kampung Datar Salam, Desa Mekarmulya

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil pembahasan di atas bisa disimpulkan dan direkomendasikan sebagai berikut:

1. Pengukuran geolistrik 2 dimensi digunakan untuk mengetahui kondisi bawah permukaan baik distribusi secara vertikal maupun horisontal berdasarkan nilai tahanan jenisnya
2. Untuk meminimalkan dampak bencana longsor, penerapan teknologi sistem peringatan dini longsor atau *landslide early warning system* (LEWS) merupakan alternatif penting yang bisa dimanfaatkan.
3. Dalam survei geolistrik di Kecamatan Talegong, Kabupaten Garut, digunakan konfigurasi Dipole-Dipole, di mana susunan mempunyai spasi elektrodanya yang konstan, dengan menggunakan spasi

elektroda berjarak 10 meter, sedangkan T05 dengan spasi elektroda 5 meter.

4. Pengukuran geolistrik di Desa Sukamulya, dilakukan pengambilan data 5 lintasan, Bidang gelincir longsor pada Lintasan T01-T02, menunjukkan bidang yang relatif impermeabel dan saat berada pada posisi miring akan berpotensi dan bertindak menjadi bidang gelincir longsor. Potensi longsor bisa terjadi pada 3 titik rawan longsor dan 1 lereng (*scarp*) bekas longsor. Rekomendasi pemasangan instrumen LEWS pada SM 1 (107,510869; -7,301386) dengan kedalaman 9-12 m serta SM 2 (107.51034273;-7.30072703) dengan kedalaman penempatan sensor *soil moisture*nya adalah 5-7 m.
5. Pada lintasan T014-T03 terdapat 6 titik potensial longsor. Pada titik ke 2 merupakan titik prioritas, selain lerengnya yang cukup curam, juga di atas dan sekitar tubuh lereng merupakan daerah permukiman. Rekomendasi pemasangan instrumen LEWS pada posisi SM 3 (107,51117; -7,299658) dan dengan kedalaman 5 - 7 m. Titik ke 3 merupakan prioritas berikutnya, meskipun materialnya dalam volume besar dan lerengnya terjal, tetapi di bawahnya berupa lapangan yang tidak langsung berhadapan dengan permukiman. Disini dapat dipasang instrumen SM4 (107,51223303; -7,300889) dengan kedalaman sensor 6-7m.
6. Pada lintasan T05 ada 2 titik potensial longsor, akan tetapi di bawahnya langsung sawah, tanpa ada permukiman, sehingga lokasi ini tidak menjadi prioritas bagi pemasangan instrumen LEWS.
7. Material Longsoran pada lintasan U01-U04 dan lintasan U05-U07 yang posisinya relatif sejajar, berupa material longsor lama (talus) yang terdapat dalam lereng di atas mempunyai ketebalan yang cukup bervariasi dari satu titik ke titik lainnya.
8. Berdasarkan gambaran bawah permukaan yang didapatkan dari penampang geolistrik lintasan U01-U04, terdapat dua titik rawan yang sangat berpotensi menjadi longsor (segera), yaitu titik 3 dan 4. Pemasangan instrumen LEWS diprioritaskan pada titik nomor 3 mengingat di bawahnya terdapat perkampungan Datar Salam. Titik ini adalah SM 5 (107,485397;-7,306999), dengan kedalaman 12-15 m. Titik prioritas untuk pemasangan instrumen LEWS pada penampang U05-U07 adalah SM 6. (107,4855023;-7,30604456) dengan kedalaman penempatan sensor *soil moisture*nya adalah 12-15 meter.

DAFTAR PUSTAKA

1. BPPT-BNPB, 2015, Sistem Peringatan Dini Gerakan Tanah, Laporan Akhir, tidak dipublikasikan
2. Naryanto, H.S., 2013, Analisis dan Evaluasi Kejadian Bencana Tanah Longsor di Cililin, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat Tanggal 25 Maret 2013, JSTMB, Vol. 8, No. 1, Tahun 2013, hal. 39-49.
3. Naryanto, H.S., 2015a, Analisis Konfigurasi Bawah Permukaan Daerah Potensi Tanah Longsor (Gerakan Tanah) dengan Metode Pengukuran Geolistrik di Kabupaten Karanganyar, Provinsi Jawa Tengah, JRKI, Vol. 1 No. 1 Tahun 2015.
4. Naryanto, H.S., 2015b, Pengukuran Geolistrik Untuk Analisis Longsor di Desa Sukamulya serta Desa Selaawi-Mekar Mukti, Kec. Talegong, Kab. Garut, Bahan Presentasi FGD Sistem Peringatan Dini Gerakan Tanah di BNPB, tidak dipublikasikan
5. Naryanto, H.S., 2016a, Analisis Kejadian Bencana Tanah Longsor di Dusun Jemblung, Desa Sampang, Kecamatan Karangobar, Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah Tanggal 12 Desember 2014, Jurnal Alami, Vol. 1 No. 1 Tahun 2016
6. Naryanto, H.S., 2016b, Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Dalam Pengurangan Risiko Bencana Tanah Longsor (Gerakan Tanah) di Indonesia, BPPT Press, 152 hal.
7. Naryanto, H.S., Wisyanto, S.P. Nugroho, I.G. Tejakusuma, B. Marwanta, & S. Prawiradisastra, 2010, Pengkajian dan Penerapan Teknologi Model Pemantauan Kawasan Rawan Bencana Tanah Longsor di Kabupaten Tawangmangu, Provinsi Jawa Tengah. BPPT, Laporan, tidak diterbitkan.
8. Naryanto, H.S., Wisyanto, L. Sumargana, R. Ramadhan, S. Prawiradisastra, 2015, Pengukuran Geolistrik untuk Analisis Bawah Permukaan Tanah Longsor di di Desa Sukamulya, Desa Selaawi dan Desa Mekarmulya, Kecamatan Talegong, Kabupaten Garut.
9. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (2016), Gerakan Tanah, Buklet Gerakan Tanah, http://pvmbg.geologi.esdm.go.id/index.php/kegiatan-pvmbg/download-center/cat_view/88-publikasi/114-leafletbooklet (retrieved on 25 Maret 2016)

Diterima: 1 April 2016

Disetujui setelah revisi: 1 Oktober 2016

ANALISIS BENCANA TANAH LONGSOR DAN BANJIR BANDANG DI KECAMATAN MANCAK, KABUPATEN SERANG

ANALYSIS OF LANDSLIDES AND FLASH FLOOD DISASTER IN MANCAK DISTRICT, SERANG REGION

Wisyanto

BPPT, Jl. MH Thamrin 8, Jakarta 10340; Laboratorium Geotech, Puspiptek, Serpong
e-mail: wisyanto2000@yahoo.com ; wisyanto@bppt.go.id

Abstrak

Kejadian banjir bandang umumnya disertai longsor di bagian hulunya. Demikian halnya dengan banjir bandang yang baru saja terjadi di Desa Cikedung, Kecamatan Mancak. Ada kondisi alam tertentu yang menjadikan suatu daerah mempunyai kecenderungan/berpotensi besar menjadi rawan banjir bandang dan atau longsor. Untuk itu, Upaya pengenalan jenis/sifat dari masing-masing bencana banjir, khususnya jenis material terhanyutnya, akan sangat bermanfaat bagi penentuan upaya mitigasi kedepannya. Menyadari akan hal ini, telah dilakukan pengamatan lapangan terhadap banjir bandang dan longsor Cikedung, khususnya kondisi geologi pada lereng, jenis material utama yang terhanyut dan pola kehidupan masyarakatnya. Berdasarkan informasi lapangan tersebut, dan dengan tambahan data hasil liputan foto udara dengan fasilitas drone, telah dapat ditentukan mekanisme banjir bandang, jenis longsor yang mengikutinya dan beberapa upaya mitigasi bencana banjir bandang pada setiap titik bencananya.

Kata Kunci: banjir bandang, longsor, Mancak, material terhanyut, mitigasi.

Abstract

Incidence of flash floods is usually accompanied by landslides in the upstream section. Likewise with flash floods that had just occurred in the village of Cikedung, District Mancak. There are certain natural conditions that make a region have a tendency/great potential to be prone of flood or landslide. So that, an effort to recognize the type or characteristic of each flood, particularly the type of drifted material, would be very useful for the determination of future disaster mitigation efforts. Realizing this, we have conducted field observations of the flash floods and landslides Cikedung, especially on the geological conditions of the slope, type of the dominant material drifted and life pattern of community. Based on the information field, and with the additional data from aerial photographic coverage with drones facilities, it has been determined the mechanism of flash floods, the type of landslides that follow and some flood disaster mitigation efforts at every point of disaster.

Keywords: flash flood, landslide, Mancak, drifted material, mitigation.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Permasalahan

Berbagai bencana terus terjadi silih berganti. Saat musim kering terjadi, banyak daerah mengalami kekeringan dan masyarakat susah dalam mendapatkan air, baik itu untuk keperluan hidup sehari-hari maupun untuk mengairi tanamannya. Saat musim kemarau berakhir, datang musim hujan. Pada musim ini, akan seringkali dijumpai banjir dan

longsor terjadi di mana-mana. Bencana-bencana tersebut terjadi sebagai bencana klimatologi. Di sela-sela bencana klimatologi tersebut, masih ada bencana lain yang tidak bergantung pada iklim maupun musim, seperti bencana gempa bumi, letusan gunung api dan lain sebagainya. Bencana klimatologi yang sering memakan korban, salah satunya adalah bencana longsor dan banjir bandang. Bencana longsor dan banjir bandang dengan liputan area terdampak yang cukup luas juga

baru saja terjadi di Kabupaten Serang, Banten. Salah satu bagian Wilayah Serang yang terkena longsor adalah Kecamatan Mancak.

Hujan lebat yang terjadi pada tanggal 24 Juli 2016 di Wilayah Kecamatan Mancak dan Anyer telah menyebabkan terjadinya longsor dan banjir bandang. Peristiwa ini telah menelan korban harta dan jiwa. Sedikitnya 1.000 rumah di Kecamatan Anyer, Kabupaten Serang, Banten, rusak akibat diterjang banjir bandang dan 4 korban jiwa. Banjir bandang tidak hanya terjadi di Daerah Anyer, melainkan juga terjadi di Daerah Mancak yang terletak di sebelah timur dari Anyer. Menurut laporan Kepala Pelaksana Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Banten, ketinggian air di lokasi banjir mencapai ketinggian 2 meter. Banjir ini terjadi diperkirakan karena adanya sejumlah kawasan resapan air dalam kondisi gundul dan tidak ada reboisasi, sehingga begitu hujan turun tidak lagi tertahan oleh akar pohon tapi langsung mengalir ke daerah rendah (tribunnewsbogor.com).

Banyak kejadian bencana yang diikuti oleh banyaknya penafsiran yang mungkin saling bertentangan dari satu pihak dengan pihak lain. Sebagai contoh seperti dalam peristiwa banjir bandang tersebut di atas, ada yang berpendapat bahwa penyebab utamanya adalah kondisi tutupan lahan yang tidak baik, sedang di pihak lain berpendapat karena memang intensitas hujannya yang sangat tinggi. Seperti halnya saat terjadi longsor di Cililin-Pangalengan yang disertai dengan meledak dan putusnya saluran pipa hidrothermal, timbul komentar-komentar yang menimbulkan kegaduhan di masyarakat. Komentar yang keluar dapat menimbulkan gejolak yang seharusnya tidak perlu terjadi. Semua pendapat dalam menyikapi peristiwa alam/bencana, harus didahului dengan penelitian/pengamatan kondisi lapangan yang benar, agar supaya komentarnya tidak memperparah keadaan. Berkaitan dengan hal tersebut, untuk mengetahui secara obyektif akan sebab-sebab terjadinya longsor dan banjir bandang di Kabupaten Serang, telah dilakukan pengamatan dan analisis data lapangan untuk mengetahui mekanisme dan dampak dari Longsor Mancak, Kabupaten Serang.

1.2. Maksud dan Tujuan

Maksud dari kegiatan kajian longsor dan banjir bandang ini adalah untuk mengetahui kondisi statis fisik alam, faktor penyerta kejadian dan pola hidup masyarakatnya, sehingga

dengan pemahaman dari ketiga unsur tersebut diharapkan akan dapat dipahami sebab terjadinya banjir bandang dan tanah longsor, serta dampaknya terhadap kehidupannya terkait dengan pola hidup masyarakat yang terdampak. Akhirnya informasi ini dapat dipakai sebagai pelajaran untuk memperkuat pengetahuan kita dalam mengantisipasi ancaman serupa di masa mendatang.

1.3. Lokasi Penelitian

Meskipun rangkaian kejadian bencana tanah longsor dan banjir bandang terjadi secara luas di Wilayah Serang, bahkan juga di Wilayah Lebak, akan tetapi untuk mendapatkan hasil kajian yang detil hanya dilakukan di satu daerah saja, yaitu di Desa Cikedung, Kecamatan Mancak, Kabupaten Serang. Desa Cikedung terletak ± 30 km sebelah barat - barat daya Kota Serang dan dapat ditempuh dengan kendaraan roda 4 kurang lebih 40 menit.

2. METODOLOGI

Untuk mendapatkan simpulan yang obyektif dari peristiwa longsor Mancak ini, dipakai metodologi determinisme yaitu mencoba menentukan sebab musabab dari suatu kejadian. Hal ini dimulai dengan mengamati dan mempelajari kondisi obyek yang menyertai kejadian, baik itu posisi kejadian, kondisi curah hujan (intensitas dan durasi hujan), iklim, jenis susunan batuan dan tanah, perilaku masyarakat dan bangunan yang ada di tempat kejadian. Selanjutnya semua data/kondisi yang ada akan dapat ditarik kesimpulan sebab akibat dari kejadian Longsor Mancak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kondisi Sosial dan Alam

3.1.1. Kondisi Sosial

Wilayah Kabupaten Serang terbagi menjadi 29 kecamatan dan terdiri dari 321 desa. Sedangkan untuk Kecamatan Mancak sendiri terbagi menjadi 13 Kelurahan dan salah satunya adalah Kelurahan Cikedung. Desa ini terbagi menjadi 7 kampung, di mana penduduk dari masing-masing kampung dapat dilihat pada Tabel 1. Dari ke 7 kampung ini, hanya ada 1 kampung saja yang tidak terdampak oleh longsor dan banjir bandang, yaitu Kampung Jaruka/Mulyasari.

Tabel 1. Data Warga di Desa Cikedung

Kampung	KK	Jiwa
Kp. Kalomberman	75	272
Kp. Jumpari	38	130
Kp. Pasir Menteng	45	187
Kp. Babakan	61	244
Kp. Pasir Picung	21	82
Kp. Baru	58	348
Kp. Jaruka/ Mulyasari	17	79
JUMLAH	315	1.342

3.1.2. Topografi

Morfologi wilayah Provinsi Banten secara umum terbagi menjadi tiga kelompok yaitu morfologi dataran rendah, perbukitan bergelombang rendah-sedang dan perbukitan terjal. Morfologi dataran rendah umumnya terdapat di daerah bagian utara dan sebagian selatan. Wilayah dataran merupakan wilayah yang mempunyai ketinggian kurang dari 50 meter dpl (di atas permukaan laut) sampai wilayah pantai yang mempunyai ketinggian 0 - 1 m dpl. Morfologi perbukitan bergelombang rendah - sedang sebagian besar menempati daerah bagian tengah. Wilayah perbukitan terjal terletak pada wilayah yang mempunyai ketinggian minimum 50 m dpl. Di bagian utara Kota Cilegon terdapat wilayah puncak Gunung Gede yang memiliki ketinggian maksimum 553 m dpl, sedangkan perbukitan di Kabupaten Serang terdapat di wilayah selatan, yaitu di Kecamatan Mancak dan Waringin Kurung, sedangkan di Kabupaten Pandeglang, wilayah perbukitan berada di bagian selatan. Untuk Lokasi telitian sendiri, tepatnya untuk Daerah Cikedung (Kecamatan Mancak) memiliki 4 satuan morfologi. Dimulai dari yang tertinggi berupa perbukitan bergelombang sampai dataran tinggi (500 - 650 m dpl) yang berada di bagian utara, selanjutnya kearah selatan berupa tebing curam (*escarpment*), lereng relatif landai miring ke selatan dan bagian paling bawah atau paling selatan adalah dataran rendah yang merupakan tempat mata pencaharian penduduk berupa sawah (90 - 100 m dpl).

3.1.3. Klimatologi

Iklim di wilayah Provinsi Banten sangat dipengaruhi oleh Angin Monson (*Monsoon Trade*) dan Gelombang La Nina atau El Nino. Saat musim penghujan (November - Maret) cuaca didominasi oleh angin Barat (dari Sumatera, Samudra Hindia sebelah selatan India) yang bergabung dengan angin dari Asia yang melewati Laut Cina Selatan. Agustus, cuaca didominasi oleh

angin Timur yang menyebabkan Wilayah Banten mengalami kekeringan yang cukup ekstrim terutama di wilayah bagian pantai utara, terlebih saat berlangsung El Nino. Temperatur di daerah pantai dan perbukitan berkisar antara 22° C dan 32° C, sedangkan suhu di pegunungan dengan ketinggian antara 400 - 1.350 m dpl mencapai antara 18° C - 29° C. Curah hujan tertinggi sebesar 2.712 - 3.670 mm pada musim penghujan yaitu bulan September - Mei. Pada musim kemarau, curah hujan tertinggi sebesar 615 - 833 mm pada bulan April - Desember, sedangkan curah hujan terendah pada musim kemarau sebanyak 360 - 486 mm pada bulan Juni - September.

3.1.4. Geologi

Geologi Daerah Banten terdiri dari formasi batuan dengan tingkat ketebalan dari tiap-tiap formasi berkisar antara 200 - 800 meter dan tebal keseluruhan diperkirakan melebihi 3.500 meter. Formasi Bojongmanik merupakan satuan tertua berusia Miosen akhir, batuanannya terdiri dari perselingan antara batupasir dan lempung pasir, batu gamping, batupasir tufaan, konglomerat dan breksi andesit, umurnya diduga Pliosen awal. Berikutnya adalah Formasi Cipacar yang terdiri dari tuf batu apung berselingan dengan lempung tufaan, konglomerat dan napal glaukonitan, umurnya diperkirakan Pliosen akhir. Di atas formasi ini adalah Formasi Bojong yang terdiri dari napal pasir, lempung pasir, batu gamping kokina dan tuf.

Banten bagian selatan terdiri atas batuan sedimen, batuan gunungapi, batuan terobosan dan Alluvium yang berumur mulai Miosen awal hingga Resen, satuan tertua daerah ini adalah Formasi Bayah yang berumur Eosen. Formasi Bayah terdiri dari tiga anggota yaitu Anggota Konglomerat, Batulempung dan Batu Gamping. Selanjutnya adalah Formasi Cicaruruep, Formasi Cijengkol, Formasi Citarate, Formasi Cimapang, Formasi Sareweh, Formasi Badui, Formasi Cimancuri dan Formasi Cikotok.

Batuan gunungapi dapat dikelompokkan dalam batuan gunungapi tua dan muda yang berumur Plistosen Tua hingga Holosen. Batuan terobosan yang dijumpai bersusunan andesit sampai basal. Tuf Cikasungka berumur Plistosen, Lava Halimun dan batuan gunungapi Kuartar. Pada peta lembar Leuwidamar disajikan pula singkapan batuan metamorf yang diduga berumur Oligo Miosen, terdiri dari Sekis, Genis dan Amfibolit yang tersingkap di bagian utara tubuh Granodiorit Cihara. Diorit Kuarsa berumur Miosen tengah hingga akhir, Dasit dan Andesit berumur Miosen akhir serta Basal berumur kuartar. Batuan endapan termuda adalah aluvium dan endapan pantai yang berupa Kerikil, pasir, lempung,

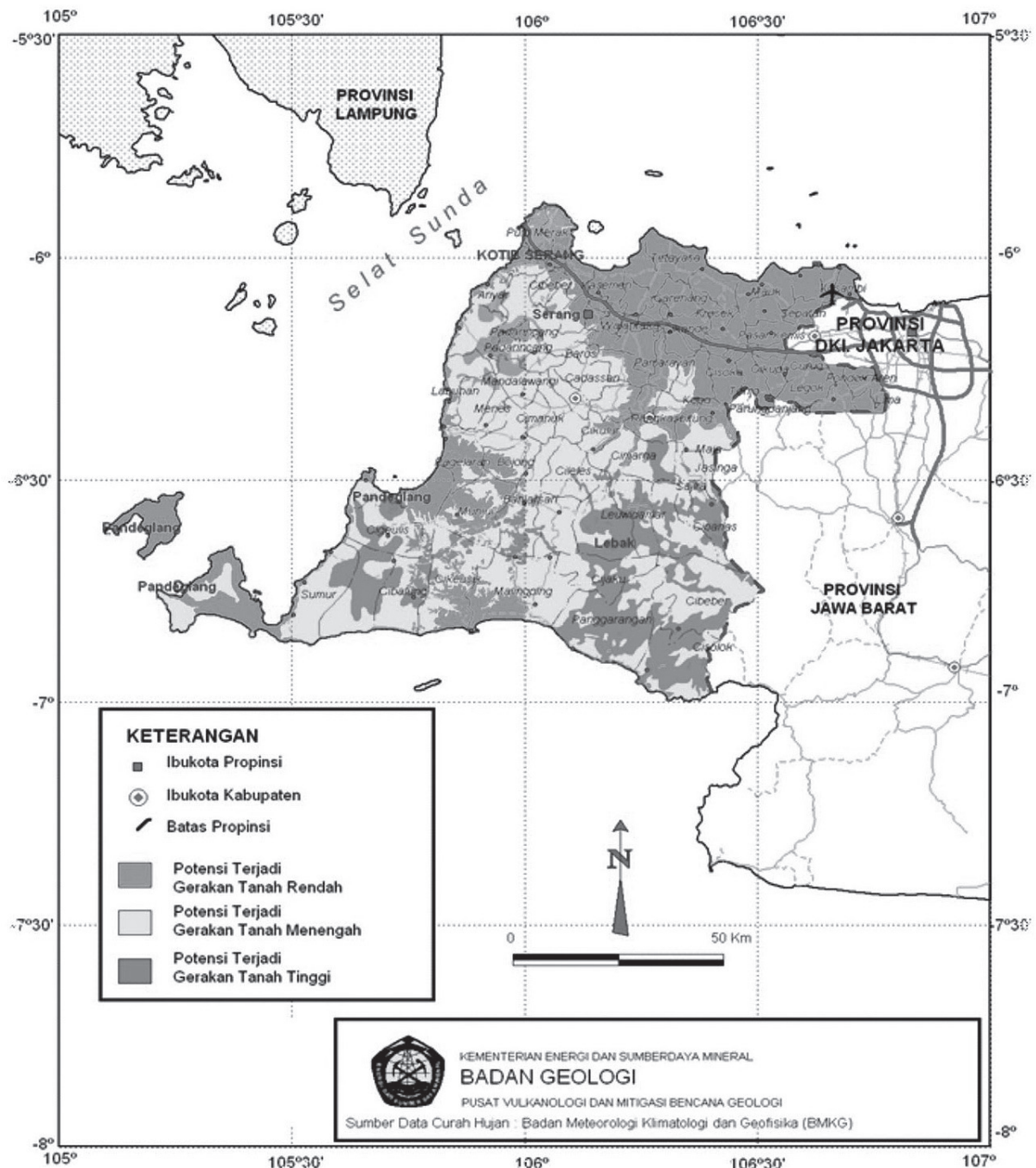
rombakan batu gamping, koral bercampur pecahan moluska atau kerang kerangan, gosong pantai dan gamping terumbu.

Untuk daerah penelitian sendiri, tersusun oleh aliran lava andisits-basaltis, breksi vulkanik dan tufa. Dengan adanya proses pengkekanan pada tubuh batuan, diperkuat dengan susunan tufa dan morfologi yang terjal, maka daerah penelitian memang rawan terhadap peristiwa gerakan tanah. Hal ini juga berkesuaian dengan Peta Zona Gerakan Tanah yang diproduksi oleh PVMBG, di mana daerah penelitian (lihat Gambar

1. di bawah, anak panah) termasuk dalam zona potensi gerakan tanah tinggi.

3.2. Banjir Bandang dan Longsor di Kecamatan Mancak

Mancak adalah salah satu kecamatan yang ada di Wilayah Kabupaten Serang, Provinsi Banten. Kecamatan ini hasil dari pengembangan Serang Barat dengan luas wilayah 72,03 km² (7203 Ha). Jarak tempuh ke Mancak dari Ibu kota Kabupaten dan ibu kota provinsi kurang



Gambar 1. Peta Prakiraan Wilayah Berpotensi Terjadinya Gerakan Tanah (Djaja dan Usman, 2004)

lebih 30 km. Kejadian longsor dan banjir bandang yang baru saja terjadi ada di Desa Cikedung, Kecamatan Mancak. Potensi bencana longsor adalah tinggi untuk daerah Cikedung, hal ini sangat dipengaruhi oleh morfologinya yang cukup kasar dengan kemiringan terjal banyak dijumpai disini. Pada umumnya peristiwa banjir bandang juga disertai dengan longsor pada beberapa tempat di mana banjir bandang berlalu. Adanya longsor penyerta banjir bandang inilah yang memberikan kontribusi fraksi/material kasar dalam masa banjir bandangnya. Kajian dapat dilakukan hanya melihat masa air dan material di dalamnya saja, tetapi dapat juga menelaah secara lebih detil tentang apa materi dan sumbernya (longsor), seperti yang dilakukan dalam kajian ini.

3.2.1. Liputan Awan dan Hujan

Terkait dengan peristiwa longsor dan banjir bandang yang terjadi di Cikedung, menurut penuturan penduduk, menjelang terjadinya banjir bandang dini hari, tanggal 24 Juli 2016 didahului oleh hujan lebat dengan durasi cukup lama. Hal ini seirama dengan kenyataan data tutupan awan dari Himawari-LAPAN, di mana mulai jam 16.00 WIB sampai jam 23.00 WIB terlihat tutupan awan dengan potensi hujan lebat sampai sangat lebat (Gambar 2). Banjir bandang di Desa Cikedung ini terjadi hampir disepanjang kaki selatan dari perbukitan/gawir yang membujur relatif baratdaya-timurlaut.

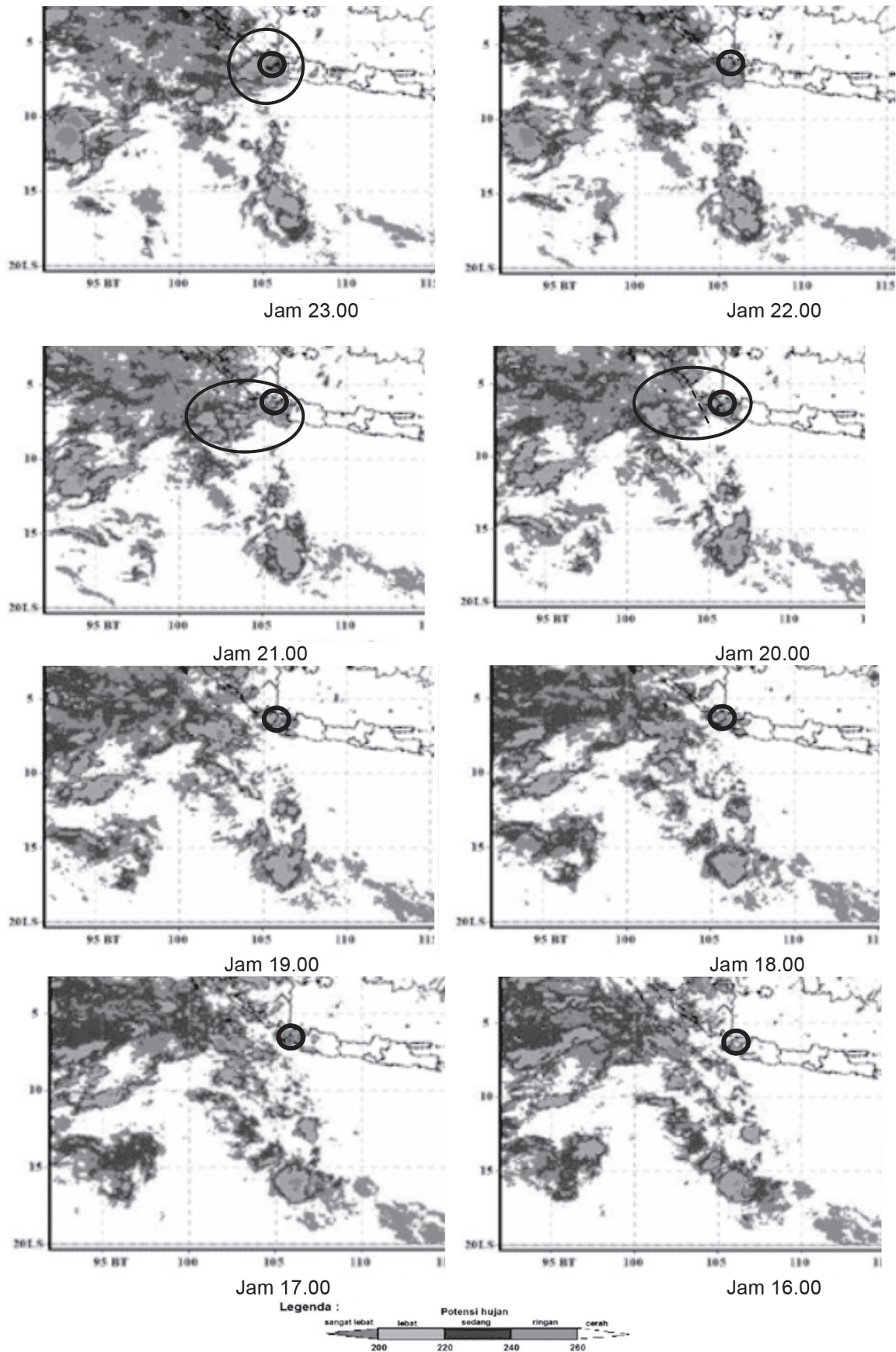
Bila kita lihat perkembangan awan di sekitar Mancak (Gambar 2.), terlihat bahwa pada jam 16.00 WIB awan masih tergolong ringan atau relatif belum nampak adanya konsentrasi awan. Citra yang terlihat pada jam 17.00 WIB terlihat mulai ada pembentukan awan dan nampak lebih besar pada jam 18.00 WIB. Saat ini juga nampak adanya konsentrasi awan yang besar di bagian baratnya (± 70 -100 km). Konsentrasi awan semakin besar dan melebar ke arah timur (Mancak) pada citra awan jam 20.00 WIB. Pada jam 21.00 WIB konsentrasi awan ini telah menyatu dengan awan yang ada di sekitar Mancak/Serang, tidak seperti pada jam 20.00 WIB yang masing terpisah seperti yang digambarkan oleh garis putus-putus pada citra jam 20.00 WIB. Posisi awan di Mancak sudah menjadi pusat konsentrasi awan, di mana hal ini terlihat pada citra jam 23.00 WIB. Bila dilihat dari perkembangan konsentrasi awan tersebut, nampak bahwa perubahan warna awan dan besaran konsentrasi awan di Mancak dan sekitarnya semakin meningkat dari waktu ke waktu, khususnya dari jam 17.00 WIB sampai jam 23.00 WIB. Hal ini dapat diinterpretasikan bahwa wilayah Mancak, mungkin sudah mulai terjadi hujan pada jam 17.00 WIB dengan intensitas terus meningkat, sampai puncaknya terjadi pada

jam 23.00 WIB, di mana daerah Mancak menjadi pusat konsentrasi awan. Keterangan penduduk yang mengatakan bahwa hujan berlangsung cukup lama sampai terjadinya longsor dan banjir bandang tidak dapat disimpulkan berapa durasi pastinya keberlangsungan hujannya. Tetapi bila melihat perkembangan kondisi liputan awan yang disampaikan tadi, kemungkinan besar bahwa hujan sudah mulai terjadi sejak jam 17.00 WIB dan menerus dengan intensitas yang meningkat sampai pada jam 23.00 WIB. Jadi hujan berlangsung paling tidak selama 6 jam.

Pada umumnya, kejadian longsor dan banjir bandang disertai dengan hujan dalam durasi dan intensitas tertentu. Maka Penetapan ambang batas (*threshold*) hujan dapat dipakai sebagai pedoman dalam memberikan peringatan akan kemungkinan terjadinya bencana, khususnya longsor. Meskipun demikian tidaklah mudah untuk menetapkan besaran ambang batas ini. Diketahui bahwa beda jenis tanahnya maka akan memiliki nilai *threshold* yang berbeda pula. Sebagai contoh yang paling jelas yaitu perbedaan *threshold* antara lereng yang tersusun oleh lapukan batuan umumnya nilai akan lebih tinggi dibandingkan untuk lereng dengan susunan tanah murni (Tuhua *et al.*, 2015). Dalam menetapkan *threshold* ada yang memakai parameter intensitas hujan dan durasi (Cannon-Ellen, 1985), total kejadian hujan (Campbell, 1975) atau berdasarkan total kejadian hujan dan intensitasnya (Jibson, 1989).

3.2.2. Mekanisme Longsor dan Banjir Bandang Mancak

Faktor yang mempengaruhi longsor dan banjir bandang, selain faktor susunan batuan/tanah dan air, faktor morfologi juga sangat memegang peranan penting. Pada peristiwa banjir bandang, biasanya diikuti juga oleh longsor-longsor kecil dalam proses secara keseluruhannya. Hal yang menarik pada longsor, bahwa ternyata ada pola sebaran longsor menurut faktor yang mempengaruhinya. Longsor yang diakibatkan oleh faktor meteorologis (hujan) akan mempunyai sebaran yang luas, sedang yang dipengaruhi oleh gempa akan tersebar secara elipsoid di sekitar episenter, di mana sumbu utama panjangnya mengikuti arah struktur sesar/sumber gempanya (Delgado *et al.*, 2013 op.cit. Yenes *et al.*, 2015). Adapun longsor yang terkait dengan proses penorehan sungai, biasanya tersebar di kaki lereng atau di kaki tubuh longsor lama yang teraktifasi kembali (Palmquist and Bible, 1980; Cendrero and Dramis, 1996) seperti yang terjadi di daerah kajian (Mancak), sedang yang dipengaruhi oleh campur tangan manusia, longsorannya akan tersebar secara acak (González-Díez *et al.*, 1999).



Gambar 2. Tutupan Awan Berpotensi Hujan di Kecamatan Mancak (Lingkaran)
(Sumber: <http://pusfatja.lapan.go.id>)

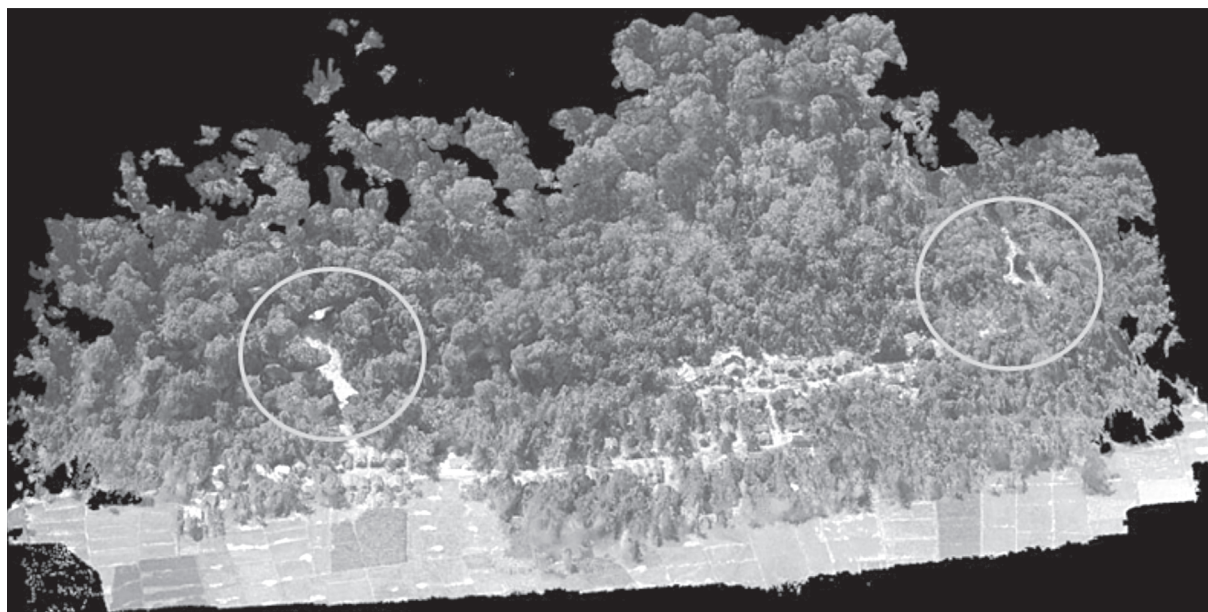
Dalam melakukan kajian longsor dan banjir bandang di Desa Cikedung, juga telah dilakukan proses liputan foto terhadap area longsor dan banjirnya dengan wahana *drone*. Gambar 3. adalah citra 3 dimensi hasil dari pengolahan *photogrammetry* data *drone* untuk lokasi Kampung Kalomberman. Bila dilihat dari data kependudukan, Kampung Kalomberman merupakan kampung dengan jumlah KK yang terbesar (75 KK, 272 jiwa) bila dibandingkan dengan kampung lainnya di lingkup Desa Cikedung. Akan tetapi meskipun terdiri dari KK yang terbesar tetapi tidak terbesar dalam hal jumlah jiwanya. Kampung Baru yang terdiri dari 58 KK ternyata memiliki penduduk berjumlah 348 jiwa. Hal ini menarik perhatian kita, mengapa suatu kampung dengan jumlah KK yang jauh lebih banyak akan tetapi memiliki penduduk (jiwa) dengan jumlah relatif jauh lebih sedikit. Banyak kemungkinan yang melatar belakangi keadaan ini, akan tetapi besar kemungkinan karena dua hal pokok yang mempengaruhinya, yaitu faktor topografi dan ekonomi. Di mana faktor topografi berupa lebih besarnya daerah landaian hasil endapan longsor-longsor lama, yang dapat dipakai untuk pendirian rumah, sedangkan faktor ekonominya adalah dengan banyaknya peristiwa longsor di sini pada masa lalu (ratusan-ribuan tahun) sehingga daerahnya lebih subur dan akan membawa dampak perekonomiannya lebih baik dibanding dengan lainnya, sehingga lebih leluasa dalam membiayai pendirian bangunan bagi keluarga barunya.

Daerah bencana longsor dan banjir bandang di Cikedung, Mancak terletak di sepanjang kaki lereng (lihat Gambar 3), di mana beberapa

diantaranya berhimpitan dengan tubuh longsor lama. Morfologi tempat telitian ini pada dasarnya berupa lereng terjal yang memanjang dari timur ke barat, di mana longsor dan banjir bandang terjadi pada titik-titik di sepanjang kaki lereng ini (Palmquist and Bible, 1980; Cendrero and Dramis, 1996). Bila dilihat secara melintang (tegak lurus arah memanjang lereng), yaitu penampang melintang dari utara ke selatan adalah sebagai berikut: dimulai dengan perbukitan/"dataran tinggi" (1), kemudian tebing curam/gawir/*escarpment* (2), morfologi dengan kemiringan rendah/landai (3) dan dataran rendah (4) yang umumnya berupa sawah (Gambar 2 atas). Jadi daerah di sepanjang bukit relatif rawan terhadap peristiwa longsor dan dengan topografinya yang berada di kaki bukit terjal, pada landaianya rawan juga terhadap banjir bandang.

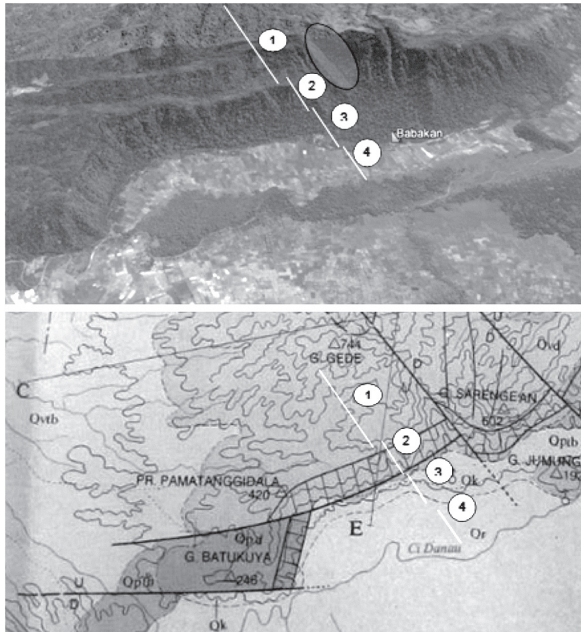
Secara geologis (lihat Gambar 4 atas), Desa Cikedung disusun oleh batuan lava aliran (terkekarkan), breksi gunungapi dan tufa (simbol 1 dan 2); talus (endapan longsor lama) dan rombakan dari batuan gunungapi (simbol 3) dan endapan kerikil, pasir, lumpur, lempung (4) (lihat Gambar 4 bawah). Bila dilihat dari klasifikasi dalam peta geologi terbitan P3G, daerah telitian ini disusun oleh batuan dari satuan batuan Qvd yaitu Batuan Gunungapi Danau Muda yang terdiri dari lava aliran bersusunan andesit-basal dan terkekarkan, breksi gunungapi dan tufa (Santoso, 1991) dalam hal ini pada peta Gambar 4 disimbolkan oleh angka 1 dan 2.

Berdasarkan pengamatan di lapangan, banjir bandang di Desa Cikedung disertai oleh beberapa peristiwa longsor yang terjadi secara



Gambar 3. Hasil 3D Pengolahan *Photogrammetry* Kampung Kalomberman
(Sumber: Tim *Drone* BPPT)

sporadis menyuplai masa air banjir bandang. Masing-masing longsornya juga bervariasi, akan tetapi sebagian besar berupa jatuhnya batu. Banyak dijumpai fragmen batu berupa tufa dan juga bongkahan lava andesitis dengan bidang (batas luar) fragmennya yang tegas (bekas bidang pengkekan).



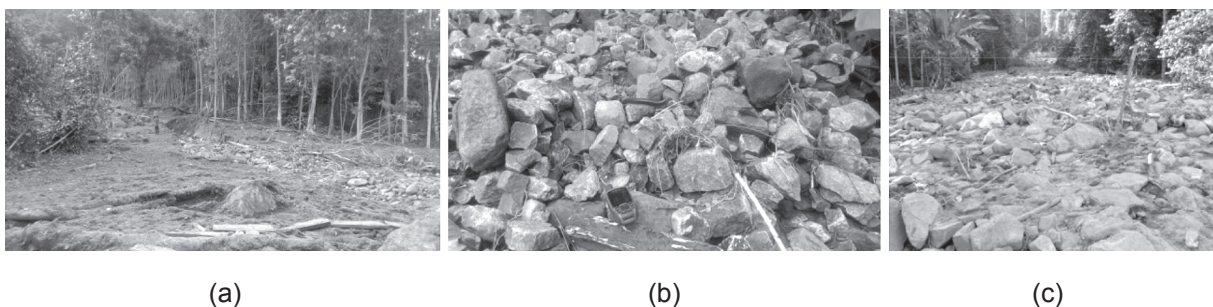
Gambar 4 atas: Citra yang Menunjukkan Adanya Perbukitan/Dataran Tinggi, Tebing dan Dataran Rendah, 4 bawah: Peta Geologi Daerah Cikedung dan Sekitarnya. Area Biru Merupakan Lembah Torehan Terbesar.

Pada peta geologi seperti pada Gambar 4 bawah, terdapat “undak” dengan batas tebing curam yang terbentuk akibat dari pensesaran. Dengan adanya tebing curam dan susunan batuan yang terdiri dari lava terkekarkan dan tufa menjadikan penyebab tingginya potensi terjadinya longsor/runtuhan/jatuhnya batu. Banyaknya bidang diskontinu (rekahan) meningkatkan peluang disusupi oleh badan air

dan pada akhirnya masa air ini akan meningkatkan beban dan menjadikan gerakan tanah. Fenomena dinding/batu jatuhnya dapat terlihat jelas di banyak tebing terjal yang membujur barat-timur.

Banjir bandang di Desa Cikedung terjadi pada beberapa tempat dengan sumber-sumber yang terpisah. Material yang terhanyut dalam masa air, berbeda dari satu tempat dengan tempat lainnya. Ada yang berupa batu - kerakal, kerikil - pasir dan ada yang berupa pasir - lumpur. Perbedaan material yang terhanyut ini, pada dasarnya sangat dipengaruhi oleh besarnya runtuhnya batuan yang terlibat dalam masing-masing sistem banjir bandangnya, lapisan tanah/endapan termasuk keterjalan lereng yang dilalui, banyaknya volume air dan jaraknya antara sumber dengan kampung yang terdampak. Pemisahan material rombakan, sangat jelas terlihat mengikuti jarak terhadap sumbernya. Pada kaki tebing ditempati oleh hasil rombakan/talus dan semakin jauh ditempati oleh endapan dengan fraksi yang lebih halus. Berikut adalah foto (Gambar 6.) yang membedakan jenis material yang terhanyut dalam banjir bandang di Desa Cikedung.

Hal yang menarik dalam peristiwa banjir disini, selain adanya perubahan ukuran material yang terhanyut sesuai dengan fungsi jarak terhadap sumbernya adalah pergerakan banjir terlihat berbelok-belok mengikuti alur. Hal ini sedikit menunjukkan bahwa kekuatan arus tidak terlalu kuat. Hal ini mungkin karena volume airnya yang tidak terlalu besar atau kemiringan lahan dibawah tebing relatif “datar”. Bila dilihat dari bentuk morfologinya, daerah ini tidak memiliki daerah tangkapan air yang cukup luas (tidak lebar antara potongan utara ke selatan). Tangkapan air yang terluas ada di area bulatan biru Gambar 3 atas. Hal ini tidak memungkinkan wilayah ini mengumpulkan air dengan volume yang besar. Daerah bulatan warna biru ini juga merupakan lembah yang terluas dibanding dengan bagian lain di sepanjang gawir barat dan timurnya. Daerah ini berhimpit dengan sesar yang mengarah



Gambar 5.a). Material Utama Banjir Bandang Berupa Pasir-Kerakal b).Material Utama Berupa Bongkah Hasil Robohan c). Material Utama Berupa Bongkah (\varnothing 5-50 m).



(a)



(b)

(c)

Gambar 6.a). Material Banjir Bandang Berupa Lanau/lumpur - pasir yang Terbawa Sampai ke Permukiman b) Material Berupa Bongkah dan Pasir.

barat laut - tenggara. Kemungkinan besar sesar inilah yang merupakan zona lemah dan telah membuka peluang besar terjadinya erosi/longsor secara intensif. Hal ini juga dibuktikan dengan banyaknya material yang tertransport dan terhampar di bagian bawah (selatannya), di mana endapannya lebih menjorok ke selatan. Bagian utara dari daerah tangkapan air Cikedung ini sudah menjadi bagian dari sistem tangkapan air yang lain, di mana air umumnya mengalir ke arah utara, barat dan ke timur laut.

Dengan mengenali jenis dan sifat dari setiap titik banjir bandangnya yang berbeda dari satu titik dengan titik lainnya, maka akan dapat disusun strategi mitigasinya menurut jenis dan sifat ancaman bencananya masing-masing. Adanya perbedaan dominasi material banjir bandangnya, maka ada perbedaan perlakuan penanganan mitigasinya, misal untuk daerah dengan material banjirnya didominasi oleh batu runtuh, sebaiknya banyak ditanami dengan pohon yang berespasi rapat (bambu dan sejenisnya) sehingga dapat menyaring material/fragmen kasarnya, sedang untuk yang dominan fraksi campuran kerikil-kerakal dapat dibangun check dam. Diharapkan bahwa dengan antisipasi ini, keganasan aliran banjirnya berkurang. Hal penting lainnya adalah dengan memperkirakan alur-alur lembah yang berpotensi menjadi jalannya banjir, sehingga proses pembangunan dapat ditempatkan di lokasi yang aman.

4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan di atas bisa disimpulkan sebagai berikut:

a. Tingginya potensi longsor ataupun banjir

bandang disebabkan:

- Morfologi Daerah Kampung Cikedung mempunyai batas morfologi berupa tebing terjal yang dihasil oleh aktivitas sesar (faktor struktur geologi). Hal ini memungkinkan daerahnya menjadi tidak stabil.
 - Batuan di atas perkampungan berupa lava terkekarkan dan tufa. Batuan ini sangat mudah runtuh.
 - Intensitas hujan menjadi pemicu terjadinya banjir bandang, di mana hasil analisis liputan awan, diperkirakan hujan sudah berlangsung sejak jam 17.00 dan terus meningkat intensitasnya sampai jam 23.00 (durasi hujan minimal 6 jam berturut-turut).
- b. Tutupan lahan di daerah survei terlihat masih cukup baik, sehingga faktor tutupan lahan, dalam kasus di Cikedung ini adalah tidak berperan penting dalam timbulnya longsor dan banjir bandang.
 - c. Banjir bandang dan longsor terjadi pada beberapa tempat terpisah dan dengan sumber yang berbeda. Melihat pola aliran banjir bandangnya yang berbelok-belok mengikuti alur "lembah" menunjukkan bahwa energi aliran banjirnya tidak terlalu besar.
 - d. Daerah tangkapan air hujan (DAS) di daerah penelitian tidak terlalu besar, akan tetapi karena kondisi batuanya mudah runtuh dan dekatnya jarak perbukitan dengan lereng terjal dengan dataran rendahnya, maka probabilitas terjadinya banjir bandang/longsor menjadi besar.
 - e. Dengan melihat akan jenis endapan dan bentuk sebaran endapan hasil banjir dan longsorannya, menunjukkan bahwa daerah di sepanjang selatan gawir/lereng terjal adalah berupa kipas-kipas longsor. Hal ini

- merupakan proses denudasi alamiah pada kaki-kaki bukit yang berkembang menjadi kipas-kipas aluvial.
- f. Adanya perbedaan dominasi material banjir bandangnya, maka ada perbedaan perlakuan penanganan mitigasinya, misal untuk daerah dominan material banjirnya berupa batu runtuh harus banyak ditanami dengan pohon yang berspasi rapat (bambu dan sejenisnya) sehingga dapat menyaring material/fragmen kasarnya, sedang untuk yang dominan fraksi campuran kerikil-kerakal dapat di bangunan check dam. Diharapkan bahwa denganantisipasi ini, keganasan aliran banjirnya berkurang. Hal yang penting juga adalah dengan memperkirakan alur-alur lembah yang berpotensi menjadi jalannya banjir, sehingga proses pembangunan dapat ditempatkan di tempat yang aman.
- g. Mengingat jarak gawir/tebing dengan pemukiman relatif dekat, maka pemasangan alat peringatan dini kurang efektif. Meskipun demikian, untuk mengurangi kemungkinan terjadi korban, pendidikan tentang tanda-tanda bahaya banjir bandang dapat diberikan ke masyarakat, sehingga masyarakat lebih waspada.
- #### DAFTAR PUSTAKA
1. Cannon, S.H. and S.D. Ellen, 1985. Rainfall Conditions for Abundant Debris Avalanches, San Francisco, Bay region, California. *Calif. Geol.* 38, 267-272.
 2. Campbell, R.H., 1975., Soil Slips, Debris Flows, and Rainstorms in the Santa Monica Mountains and Vicinity, Southern California. U.S. Geological Survey Professional Paper 851. U.S. Government Printing Office, Washington, DC
 3. Cendrero, A., Dramis, F., 1996. The Contribution of Landslides to Landscape Evolution in Europe. *Geomorphology* 15.
 4. Djaja dan B. Usman, 2004, Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah Pulau Jawa Bagian Barat, Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Departemen Energi dan Sumberdaya Mineral.
 5. González-Díez, A., Remondo, J., Díaz de Terán, J.R., Cendrero, A., 1999, A Methodological Approach for the Analysis of the Temporal Occurrence and Triggering Factors of Landslides. *Geomorphology* 30.
 6. <http://pusfatja.lapan.go.id> (diakses pada tanggal 29 Juli 2016)
 7. Jibson, R.W., 1989., Debris flow in southern Porto Rico. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.* 236,
 8. Palmquist, R.C., and Bible, G., 1980. Conceptual Modeling of Landslide Distribution in Time and Space. *Bull. Int. Assoc. Eng. Geol.* 21.
 9. Santosa, S., 1991, Peta Geologi Lembar Anyer, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
 10. Tuhua Ma., L. Changjiang Li., L. Zhiming., B. Qiyun, 2015, Rainfall Intensity-Duration Thresholds for the Initiation of Landslides in Zhejiang Province, China, *Geomorphology* 245 (193-206).
 11. Yenes, M., S. Monterrubio, J. Nespereira, G. Santos and B. Fernández-Macarro, 2015, Large and Slides Induced by Fluvial Incision in the Cenozoic Duero Basin (Spain), *Geomorphology* 246.
 12. -----, 2016, Kabupaten Serang Dalam Angka, Badan Pusat Statistik Kabupaten Serang.
 13. [Tribunnewsbogor.com](http://tribunnewsbogor.com) (diakses pada tanggal 1 Agustus 2016).
-
- Diterima: 2 April 2016
Disetujui setelah revisi: 5 Oktober 2016

FORMAT PENULISAN ARTIKEL JURNAL KEBENCANAAN INDONESIA, UNTUK JUDUL DALAM BAHASA INDONESIA (UPPERCASE, CENTER, BOLD, FONT ARIAL 14)

JUDUL DITERJEMAHKAN KE DALAM BAHASA INGGRIS (UPPERCASE, CENTER, BOLD, FONT ARIAL 11)

Nama Penulis (Titlecase, Center, Bold, Font Arial 10)
Nama Institusi, Alamat,
e-mail: xx (Titlecase, Center, Regular, Font Arial 10)

Penulis Pertama¹, Penulis Kedua² dan Penulis Ketiga³ (Titlecase, Center, Bold, Font Arial 10)

¹Nama Institusi, Alamat Penulis Pertama, ²Nama Institusi, Alamat Penulis Kedua,

³Nama Institusi, Alamat Penulis Ketiga

e-mail: salah satu atau semua penulis (Titlecase, Center, Regular, Font Arial 10)

Abstrak (Titlecase, Center, Bold, Font Arial 10)

Abstrak disini ditulis dalam bahasa Indonesia. Di sini anda diminta untuk menjelaskan hal-hal yang telah dilakukan, hasil utama, dan kesimpulan dari artikel yang anda tulis secara jelas dan singkat. Jumlah kata tidak lebih dari 250 (Jarak tulisan ke sisi kiri dan kanan adalah 3,5 cm). Ditulis dengan sentence case, justify, Italic, font Arial 10.

Kata Kunci: paling banyak 10 kata terpenting dalam artikel. Ditulis dengan sentence case, justify, regular, font Arial 10.

Abstract (Titlecase, Center, Bold, Font Arial 10)

Abstrak disini ditulis dalam bahasa Inggris yang merupakan terjemahan dari abstrak bahasa Indonesia, tatacara penulisan sama dengan abstrak dalam bahasa Indonesia.

Keywords: ditulis dalam bahasa Inggris. Ditulis dengan sentence case, justify, regular, font Arial 10.

1. PENDAHULUAN (UPPERCASE, LEFT, BOLD, FONT ARIAL 10)

Format utama penulisan jurnal ini terdiri dari 2 kolom, yang ditulis dengan MS Word, page size A4, 1 spasi, sentence case, justify, regular, font arial 10. Margin kiri, kanan, margin atas dan bawah berukuran 2,5 cm. Jarak antar kolom 0,6 cm. Margin untuk header 1,25 cm, dan footer 1,5 cm. Pada page setup, di-click mirror margins, layout header dan footer di-click bagian Different odd and even. Awal paragraf menjorok ke dalam 1 cm (format pada tab).

Pada bagian pendahuluan tuliskan latar belakang, penjelasan mengenai penelitian terkait yang telah lebih dulu dipublikasikan (jika ada). Selain itu dijelaskan pula hal-hal spesifik dalam penelitian anda. Kutipan dari referensi atau daftar pustaka dibuat dengan (Nama Pengarang, Tahun) contohnya (Naryanto, 2017; Kurniawan, 2016). Istilah dalam bahasa asing dan simbol

matematika ditulis dengan huruf miring. Jumlah halaman makalah maksimal 10 halaman.

2. METODOLOGI

3. HASIL DAN PEMBAHASAN (UPPERCASE, LEFT, BOLD, FONT ARIAL 10)

Di sini dituliskan penjelasan mengenai bahan dan metode penelitiannya. Anda dapat pula menggunakan nama teori dan metode eksperimen sebagai pengganti judul pasal 2 di atas.

3.1. Judul Isi Bahasan (Titlecase, Left, Bold, Font Arial 10)

Judul dan subjudul yang muncul dalam bab ini dituliskan dengan nomor bertingkat seperti contoh ini.

3.1.1. Subjudul Isi Bahasan

(Titlecase, Left, Bold, Arial 10)

Untuk Subjudul Isi Bahasan tidak ada spasi. Rumus kimia atau matematika dituliskan seperti contoh berikut :

$$\frac{\sqrt{A + B^3 + CO_2}}{X-Y} = \int X^2 \quad (1)$$

Tabel dan Gambar dapat disisipkan di tengah-tengah artikel. Contoh :

Tabel 1. Judul Tabel (Capital Each Word , center, regular, ditulis di atas tabel).

Gambar 1. Judul Gambar (Capital Each Word, center, regular, ditulis di bawah gambar).

4. KESIMPULAN (UPPERCASE, LEFT, BOLD, FONT ARIAL 10)

Berisi rangkuman kesimpulan atas hasil penelitian yang dibahas pada bab-bab sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA (UPPERCASE, LEFT, BOLD, FONT ARIAL 10)

Semua ditulis dengan Titlecase, Justify, Regular, Font Arial 10. Semua Daftar Pustaka

yang ditulis disini wajib dimasukkan sebagai kutipan dalam isi bahasan. Tata cara penulisan dengan penomoran dan sesuai dengan abjad. Untuk penulisan Penulis Pertama berbeda dengan Penulis Kedua, Ketiga dan seterusnya. Format Daftar Pustaka sebagai berikut ini :

1. Nama, tahun, Judul, Penerbit, Vol (No), hal. (perhatikan cara saat menulis nama ke-1 dan ke-2 pada contoh di bawah ini).
2. Naryanto, H.S. 2015, Analisis Kondisi Bawah Permukaan Tanah Longsor untuk Arahan Penataan Kawasan di Kabupaten Tawangmangu, Provinsi Jawa Tengah, Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia, BPPT. 13 (2): 74-81.
3. Kurniawan, L. dan H.S. Naryanto. 2014, Analisis Risiko Bencana Industri di Kawasan Industri Cilegon, Provinsi Banten. Jurnal Penanggulangan Bencana - BNPB. 2 (4): 108-11.

UCAPAN TERIMA KASIH (UPPERCASE, LEFT, BOLD, FONT ARIAL 10)

Kalau diperlukan

CALL FOR PAPER

Jurnal Riset Kebencanaan Indonesia (JRKI) Vol. 3 No. 1 Tahun 2017 akan diterbitkan pada bulan Mei 2017. Makalah/Paper dapat dikirim ke Redaksi JRKI paling lambat 31 Maret 2017. e-mail: sekretariat@iabi-indonesia.org

Diterbitkan oleh:



IKATAN AHLI KEBENCANAAN INDONESIA
www.iabi-indonesia.org

Bekerjasama dengan:



BADAN NASIONAL PENANGGULANGAN BENCANA
www.bnpb.go.id

