

JURNAL KEBENCANAAN INDONESIA

Vol. 1, No. 3

November 2007

Google Earth Application to Support Disaster Emergency Response

Juniawan P, Hadi P, Dulbahri

Teori dan Praktik Pengelolaan Bencana di Indonesia

Irwan Abdullah

Kajian Spasio-Temporal Kejadian Bencana Alam Periode

1907-2006 Di Indonesia

Djati Mardiatno

Risiko Bencana Terhadap Benda Cagar Budaya

Ign. Eka Hadiyahanta, Ananta Purwoarminta

Pemanfaatan Ekstensometer dan Tiltmeter pada

Perilaku Tanah Gerak Di Kecamatan Pekuncen, Banyumas

Haryadi Jamal, Oriza Andamari, Haryanto

Kerusakan Telaga Dolin di Wilayah Perbukitan Karst

Kabupaten Gunungkidul

Langgeng Wahyu Santosa

Aktivitas Tektonik dan Vulkanik Hubungannya dengan Perubahan

Aliran "Bengawan Solo" Purba di Daerah Wonogiri, Jawa Tengah

Helmy Murwanto, Sutarto

Sifat Letusan Gunungapi Kelud, Krakatau, dan Soputan

serta Pemanfaatan Sumberdaya Pascaletusan

Sunarto

**PUSAT STUDI BENCANA (PSBA)
UNIVERSITAS GADJAH MADA
Yogyakarta**



JURNAL KEBENCANAAN INDONESIA

Vol 1 No. 3, November 2007

Pemimpin Umum

Sunarto

Pemimpin Redaksi

Sutikno

Dewan Redaksi

Sunarto - PSBA UGM

Dulbahri - Fak. Geografi UGM

Franck Lavigne - Universitas Paris I Pantheon Sorbonne, Perancis

Helmy Murwanto - Fak. Teknologi Mineral, UPN "Veteran" Yogyakarta

Diah Tri Widayati - Fak. Peternakan UGM

Lies Rahay W.F. - Fak. Kehutanan UGM

Djati Mardiatno - Fak. Geografi UGM

M. Aris Marfai - Fak. Geografi UGM

Danang Sri Hadmoko - PSBA UGM

Redaktur Pelaksana

Adi Widagdo

Ananta Purwoarminta

Winaryo

Emi Dwi Suryanti

Mujiyono

Desain dan Tata Letak

Adi Widagdo

Sirkulasi

Jangka Purwana

Keuangan

Rini Subekti

Alamat Redaksi

Pusat Studi Bencana (PSBA)

Universitas Gadjah Mada

Bulaksumur C-16 Yogyakarta

Telp/Fax : +62 274 548812

Email : psba@ugm.ac.id, psba_ugm@yahoo.com

Website : <http://red.ugm.ac.id>

Jurnal Kebencanaan Indonesia merupakan media publikasi ilmiah hasil-hasil penelitian staf PSBA maupun peneliti dari lembaga lain, baik di lingkungan UGM maupun di luar UGM yang berminat pada masalah kebencanaan. Jurnal ini diterbitkan oleh PSBA UGM setiap tahun dua kali bulan, Mei dan November.

DAFTAR ISI

JURNAL KEBENCANAAN INDONESIA
Vol. 1, No. 3, November 2007

Judul	Halaman
Google Earth Application to Support Disaster Emergency Response Juniawan P, Hadi P, Dulbahri	132-140
Teori dan Praktik Pengelolaan Bencana di Indonesia Irwan Abdullah	141-150
Kajian Spasio-Temporal Kejadian Bencana Alam Periode 1907-2006 Di Indonesia Djati Mardiatno	151-160
Risiko Bencana Terhadap Benda Cagar Budaya..... Ign Eka Hadiyanta, Ananta Purwoarminta	161-168
Pemanfaatan Ekstensometer dan Tiltmeter pada Perilaku Tanah Gerak Di Kecamatan Pekuncen, Banyumas Haryadi Jamal, Oriza Andamari, Haryanto	169-175
Kerusakan Telaga Dolin di Wilayah Perbukitan Karst Kabupaten Gunungkidul Langgeng Wahyu Santosa	176-193
Aktivitas Tektonik dan Vulkanik Hubungannya dengan Perubahan Aliran "Bengawan Solo" Purba di Daerah Wonogiri, Jawa Tengah Helmy Murwanto, Sutarto	194-201
Sifat Letusan Gunungapi Kelud, Krakatau, dan Soputan serta Pemanfaatan... Sumberdaya Pascaletusan Sunarto	202-211



PENGANTAR REDAKSI

Jurnal Kebencanaan Indonesia Vol. 1 No. 3, November 2007 telah terbit dengan memuat delapan artikel yang terkait dengan konteks kajian kebencanaan dalam siklus manajemen kebencanaan.

Bulan November pada kalender musim di Indonesia bersamaan dengan datangnya musim penghujan. Periode musim di Indonesia sebenarnya telah mengalami beberapa pergeseran akibat perubahan iklim secara global. Musim penghujan identik dengan kejadian hujan dengan variasi intensitasnya. Hal ini tentu saja berpengaruh terhadap banyak sedikitnya debit air yang mampu tertampung oleh sungai. Jika hujan turun dan kapasitas air pada saluran sungai tidak tertampung maka dapat menyebabkan banjir. Banjir umumnya merupakan kejadian rutin yang selalu datang ketika musim penghujan. Musim penghujan berarti suatu pertanda/peringatan awal bahwa kita harus siap dengan kemungkinan buruk yang akan terjadi selama musim penghujan ini (banjir).

Artikel pertama memberikan gambaran pada penerapan dan pemanfaatan teknologi terutama *google earth* sebagai salah satu alat untuk membantu menangani korban bencana termasuk banjir. *Google earth* merupakan salah satu fasilitas yang diberikan oleh perusahaan google yang memberikan layanan citra penginderaan jauh secara gratis dan berbayar. Dengan bantuan alat ini maka dapat diketahui daerah mana yang termasuk rawan dan dari daerah mana kemungkinan skenario pemberian bantuan dapat dilakukan. Artikel berikutnya membahas tentang teori dan praktik pengelolaan bencana yang ada di Indonesia. Teori dan praktik memang suatu hal yang mempunyai beberapa perbedaan karena teori/logika ilmu akan berbeda dengan kondisi real di lapangan sewaktu penanganan bencana dilakukan. Sebagai negara dengan kejadian bencana yang cukup sering terjadi maka hal ini dapat dijadikan sebagai potret dan gambaran tentang bagaimana proses penanganan dan kendala yang terjadi ketika bencana datang, baik pada saat awal bencana maupun pasca bencana.

Artikel ketiga membahas tentang kajian spasio temporal kejadian bencana di Indonesia periode tahun 1907 - 2006. Kejadian ini di ringkas dalam bentuk yang menarik tentang kejadian bencana alam dan sekaligus memberikan gambaran data dan dokumentasi yang pernah dilakukan dan dicatat oleh dunia tentang bencana di Indonesia pada periode tersebut.

Bencana tidak hanya berdampak secara fisik pada bangunan masyarakat saat ini akan tetapi juga pada benda dan bangunan peninggalan masa lampau. Artikel ini membahas tentang risiko bencana alam terhadap benda cagar budaya, mengingat benda cagar budaya mempunyai risiko yang cukup tinggi akibat umur yang sudah tua disamping letak/keberadaan benda cagar budaya tersebut di daerah yang memang rawan bencana.

Artikel berikutnya membahas tentang Pemanfaatan Ekstensometer dan Tiltmeter pada Perilaku Tanah Gerak Di Kecamatan Pekuncen, Banyumas. Alat ini mampu memberikan informasi tentang perilaku tanah di daerah penelitian yang mengalami dinamika gerak tertentu. Kerusakan Telaga Dolin di Wilayah Perbukitan Karst di Kabupaten Gunungkidul di bahas dalam artikel berikutnya, kerusakan dolin di daerah penelitian dibahas dalam ber-

bagai sisi serta menginformasikan pemanfaatan telaga yang dapat merusak telaga itu sendiri.

Artikel hasil penelitian yang di muat adalah tentang Aktivitas Tektonik dan Vulkanik Hubungannya dengan Perubahan Aliran "Bengawan Solo" Purba di Daerah Wonogiri, Jawa Tengah. Bengawan Solo telah mengalami pergeseran arah aliran yang dibuktikan dalam beberapa jejak yang masih dapat diamati. Artikel terakhir membahas tentang Sifat Letusan Gunungapi Kelud, Krakatau, dan Soputan serta Pemanfaatan Sumberdaya Pascaletusan. gunung api merupakan salah satu sumber bencana yang banyak tersebar di Indonesia, akan tetapi di sisi yang lain keberadaannya juga memberikan manfaat. keduanya dibahas dalam artikel ini,

Semoga beberapa artikel yang kami sajikan dapat bermanfaat bagi kita dan pembaca yang budiman

Salam Redaksi

GOOGLE EARTH APPLICATION TO SUPPORT DISASTER EMERGENCY RESPONSE

Juniawan Priyono¹, Hadi Purwanto², Dulbahri³

^{1,3} Research Centers for Disaster – Gadjah Mada University

² International NGO Humanitarian Aid Worker

Intisari

Aktivitas tanggap darurat dirancang untuk memperoleh bantuan seperti pencarian dan penyelamatan, tempat tinggal hunian sementara, perawatan kesehatan, bantuan makanan, pengamanan wilayah, dan penilaian kerusakan. Hal ini menjadi saat yang kritis untuk memperoleh data yang benar pada saat yang tepat, dan dapat ditampilkan secara logis untuk merespon dan mengambil tindakan yang tepat pula.

GIS mampu untuk menyediakan informasi dan tampilan yang diperlukan selama keadaan darurat bencana. *Google earth* sebagai model GIS berbasis web dapat dimanfaatkan sebagai solusi permasalahan kemanusiaan saat tanggap darurat dalam skala besar/detil. *Google Earth* memberikan kemudahan akses data geospasial dan pengguna *Google Earth* juga dapat menambahkan data aplikasinya sendiri dengan mudah.

Kata kunci : *Google Earth*, tanggap darurat

1. Introduction

Natural disaster events such as the Indian Ocean tsunami, Yogyakarta earthquake, Padang earthquake, and the flood and landslide in the Morowali have killed and injured hundreds to thousands of people and left countless more homeless. The need for collaboration between emergency response personnel is becoming increasingly apparent. Most relief comes in the crisis response phase, when humanitarian aid workers come together to provide basic logistical services to the affected area. These emergency response teams must be able to form quickly, understand the problems and issues that emerge rapidly and work effectively.

Disaster emergency response is a high-stakes activity. Recent developments in information, communication, and collaborative technologies allow the opportunity to support personnel and teams in emerging situations. Two complicating factors are the complexities and stresses associated with utilization of limited resources in a dynamic change situation. These events and situations

require individuals and teams to develop rapid understanding which often referred as common operational picture and assess actions. Information can frequently overload personnel with many choices. Technological solutions can aid decision makers in integrating textual, spatial, and temporal representations of this information.

Google Earth which formerly known as *Earth Viewer* as an Internet-based service originally developed by *Keyhole* became instantly popular when it was rebranded and released by *Google* in early 2005. It allows users to view the Earth as a whole, zooming from global to local scales, using high-resolution imagery that shows individual buildings and objects, and to simulate any part of the Earth's surface. By releasing an application programmer interface (API), *Google Earth* enabled thousands of individuals to add their own data and their own applications, and to make them easily accessible to anyone. In many ways, *Google Earth* represents a dramatic improvement in the accessibility of geospatial data and tools.

Google Earth allowed the general public to explore the Earth's surface in ways that had previously been available only to geospatial professionals.

In the immediate aftermath of Hurricane Katrina, high-resolution images began to appear on the Google Earth site, showing in detail the impacts of the disaster. People from all over the world could explore the impacted area, seeing the levee breaks in New Orleans, the extent of the flooding, the damage to buildings, and the impacts on the environment. Images from Google Earth appeared on television newscasts around the world. Google Earth's home page had two major KMZ updates for downloading. One links to a collection of 3228 post-Hurricane Katrina images from the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) created through some serious efforts by NASA, Carnegie Mellon University, and Google. The other was a collection of all the overlays and placemarks submitted to Google Earth Community over the past eight days related to Katrina.

According to a clipping from an Ahmedabad newspaper that flooding in Gujarat left some areas sitting under 20 feet of water. The city of Surat was extremely hard hit and numerous residents were stranded. The Indian Air Force was able to target air-drops of relief supplies and give coordinates to rescue helicopters by helping two local men and Google Earth. They convinced municipal authorities and airport officials to use Google Earth in their aid efforts. Using this tool, it was easy to identify buildings and other landmarks as the locals know the city like the back of their hands.

2. Problem Domain

On the phase of emergency response, data from a variety of sources was needed. The appropriate data has to be gathered, organized, and displayed logically to determine the size and scope of emergency response programs. During an actual emergency, it is critical to have the right data, at the right time, and displayed logically; to respond and take appropriate action. Emergencies can impact a number of government departments. Emergency personnel often need detailed information concerning roads, pipelines, building layout, electrical distribution, sewer systems, logistic warehouse, and so forth. By utilizing a GIS, all departments can share information through databases on computer-generated maps in one location. Without this capability, emergency workers must gain access to a number of departments, their unique maps, and their unique data. Most emergencies do not allow time to gather these resources. This results in emergency responders having to guess, estimate, or make decisions without adequate information. GIS provides a mechanism to centralize and visually display critical information during an emergency.

Rapid responsiveness is the key of successful crisis management. Emergency situations may come with an overload of information which is difficult to be processed in manual fashion. Hence, automatically extracting useful pieces of information from vast sources of textual data is vital for such scenarios.

3. Goals

This paper explores the application of Google Earth to support disaster manage-

ment, concentrating on the emergency response phase. The performances of the system are captured in the following goals:

- a. improving effectively, efficiency, accountability, and transparency in the emergency response/humanitarian service
- b. provide a free version (with limited functionality) solution system available to everyone; and
- c. protect victim data and reduce the opportunity for data abuse.

4. Solution

Emergency response was defined as activities following an emergency or disaster. These activities are designed to provide emergency assistance for victims, for example: search and rescue, emergency shelter, medical care, and mass feeding. They also seek to stabilize the situation and reduce the probability of secondary damage (for example: shutting off contaminated water supply sources and securing and patrolling areas prone to looting) and to speed recovery operations (for example: damage assessment).



Figure 1. GIS for Emergency Response

An application has been deployed to visualize emergency situation updates in Morowali District (see Figure 2). Daily reports are fetched from the operation center website and split into several incidents. Each incident then will be classified into topics based on word frequency and tagged with location names. The extracted information is stored in a repository and can be visualized with Google Earth. The system provides an intuitive way to browse and visualize emergency situation updates.

Google Earth is a suite of Web-based GIS that provides solutions to different problems with regard to the information required for managing certain coordination problems during emergency response. The main solution pairs implemented in Google Earth with the associated facilities are given in the discussion, and they have been identified and applied during emergency response of disaster.

Continuous rain pouring down on the majority of Central Sulawesi has not only given blessing to the land, but also natural disaster to several people in North Bungku District, Morowali Regency. The district that populated by some 4.000 people was shocked by a flash flood on Monday night (23/7/2007) and drifting the majority of the houses in the area. According to the latest data collated by local government, more than 100 people are reported dead and at least

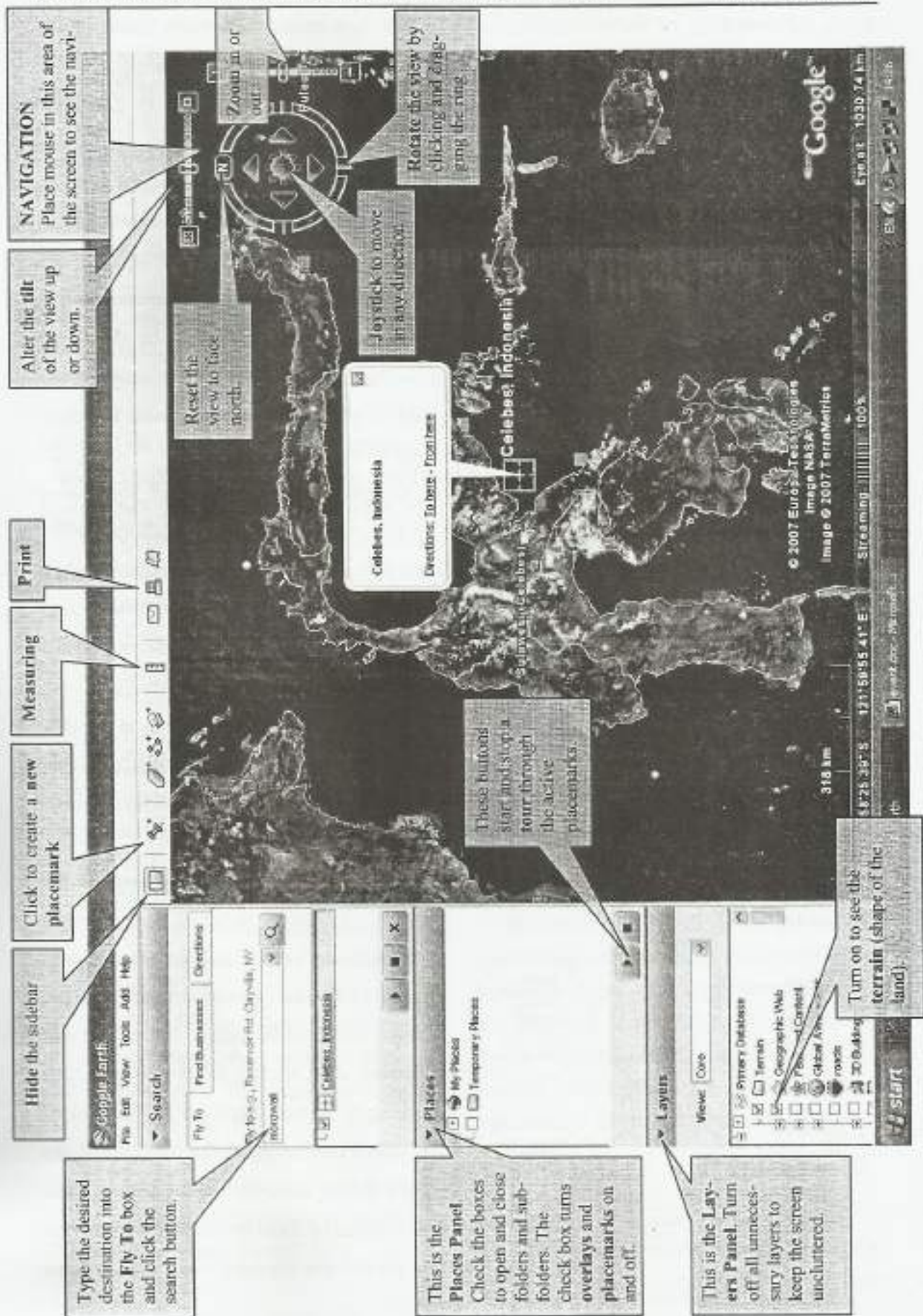


Figure 2. Google Earth Visualization and Its Tool

8,000 have been displaced with water and mud three meters deep seriously hampering rescue work. Refugees are now taking shelter and concentrated at the Baturube Village,

one of the area in the North Bungku District that are not affected by the disaster.

The affected area is incredibly remote - road transport from the district capital takes

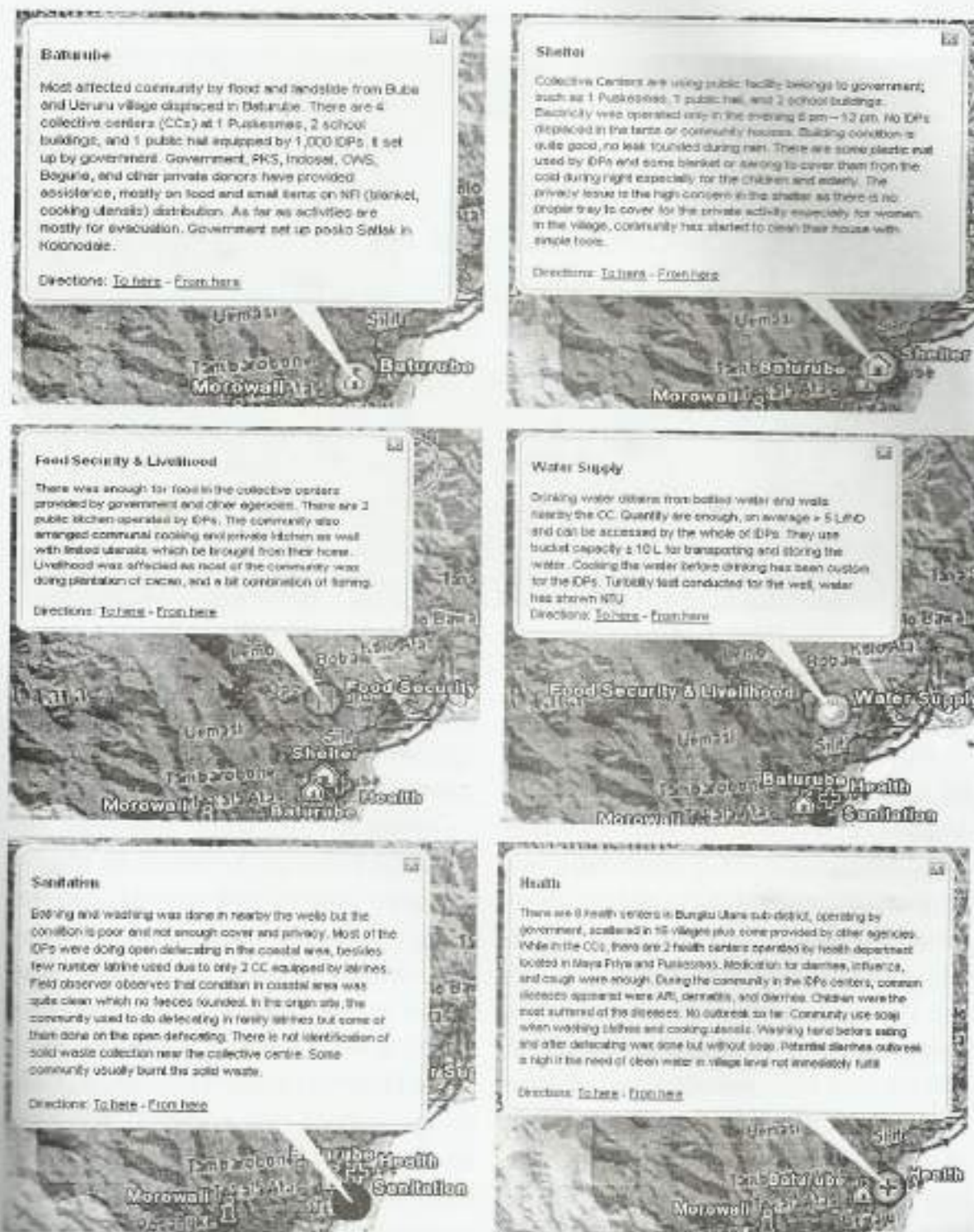


Figure 3. Emergency Situation Updates in Morowali

twelve hours, followed by a sea journey of 80 kilometers, and then another two hours by road to the worst-affected areas - thus 18 hours in total. This difficulty in getting access has been further exacerbated by unfavorable sea conditions.

Most of the data requirements for emergency management are spatial nature and can be located on a map. The remainder of this section will focus on how data is acquired, displayed, and utilized in all aspects of public safety programs. This paper ex-



Figure 4. Logistics System Chart with Shipping/Hauling Path

5. Discussion

Crisis management includes both strategic assessment and emergency response is designed to minimize loss of life and property. Managing crises requires collecting geographical intelligence and making spatial decisions through collaborative efforts among multiple, distributed agencies, and task groups. Typically, one or more emergency operation center works in cooperation with teams of field responders through communication of the situation and coordination of actions. In such collaborative processes, maps encourage efficient communication of knowledge, perceptions, judgment, and actions.

plains how Google Earth can fulfill data requirement needs for planning and emergency operations.

Response activities are undertaken immediately following a disaster to provide emergency assistance to victims. The response phase starts with the onset of the disaster and is devoted to reducing life-threatening conditions, providing life-sustaining aid, and stopping additional damage to property. During this phase, responders are engaged in a myriad of activities. Search and rescue efforts are made to find individuals who may be trapped in buildings or under debris. A basic commodity such as water is distributed to affected populations.

Temporary shelters are established and provided.

Relief phase should restore vital services and systems. This may include temporary logistic and temporary shelter to citizens who have lost homes in the calamity; assuring injured persons have medical care, and so forth. The effects of the emergency may be continuous and ongoing, but the immediate threats are halted and basic services and vital needs are restored. A Google Earth can play an important role for preparing input data for optimization logistics process improves the practical applicability of such destination characteristics, logistics system (route, shipping, hauling) in the field of transportation planning.

In the operation case of disaster in Morowali, the tackling of real-world logistics requires a thoroughly elaborated database, GPS, DEM SRTM, and other accessibility information and ICT equipment in order to provide reasonable logistics system plan. Essential input data for logistics system is gathered by using GIS. Whereas most shipping or hauling calculation use shipping/hauling distances between path and destination for optimization logistics system chart. Google Earth can provide real distance information derived from a digital route network. More attention should given when using distance data with limited quality in calculation will leads to limited quality results. In the worst case, a valid solution for a given input dataset might actually be unfeasible in reality. To obtain distance information in sufficient quality, the most detailed street network for the considered un-detailed mapped region in the field should be collected using GPS.

Emergency distribution centers supplies of medical, food, water, clothing, etc. can be assigned in appropriate amounts to shelters based on the amount and type of damage in each area. Google Earth can display the number of shelters needed and where they should be located for reasonable access. A Google Earth can display areas where services have been restored in order to quickly reallocate recovery work to priority tasks. Action plans with maps can be printed, outlining work for each specific area. Shelters can update inventory databases allowing the primary command center to consolidate supply orders for all shelters. The immediate relief efforts can be visually displayed and quickly updated until short term relief is complete. This visual status map can be accessed and viewed from remote locations. This is particularly helpful for large emergencies or disasters where work is ongoing in different locations.

One of the most difficult jobs in a disaster is damage assessment. A Google Earth can work in concert with Global Positioning System to locate each damaged facility, identify the type and amount of damage, and begin to establish priorities for action (triage). Google Earth can display overall current damage assessment as it is conducted. During flash flood and landslide in Morowali, a Google Earth can display the current emergency unit locations and assigned responsibilities to maintain overall situation status.

Prior to good information being available either from remote sensing sources or from reporting on the ground, geospatial models can be used to provide damage estimates. Google Earth acquires the best im-

imagery available, most of which is approximately one to three years old. Google Earth added data to their Primary Database on a regular basis. The imagery for some areas may appear blurry or contain cloud coverage or discoloration. Google Earth updated imagery regularly with the best data available, but did not provide currently higher resolution imagery for the area which looking at. Google Earth is like a highly detailed map that provides geographic context for users.

The information in Google Earth is collected over time and is not real time in nature. For example, it's not possible to see real time changes in images. Alternatively, real-time data from in situ monitoring can be used with geospatial models to determine conditions during an event, such as the use of real-time stream gauge data to issue flood warnings. While both imagery and verified reports from the impact area will eventually replace and refine the information provided by models, the latter may be the best source of information for several days after the onset of the disaster.

Accomplishing all of these tasks is admittedly a substantial challenge in the earliest stages of disaster response, when demands are urgent and requests are voluminous. Poor products can have serious negative ramifications for response operations. For geospatial professionals to perform well in this environment, they must be able to rely on good training, relevant exercise experience, and sound standard operating procedures.

Within the impacted area, where computers were damaged, electrical power networks were destroyed, and internet commu-

nications were disrupted; it was impossible for emergency managers to make use of Google Earth's data and tools for days and in some cases weeks or months. Paradoxically, access to geospatial data and tools resembled a donut, abundant far away from the impact area, but almost nonexistent where it was most needed in the donut's center.

6. Conclusion

This paper illustrated how internet mapping now plays important role in communication and disseminating information to the public for disaster emergency response. The information might be represented as a document and often displayed in map and graphic form, which is clearly of applying geographic information technologies to the information needed. In some instances, it is clear that geographic information technology has advanced the information from simple data display to output from an advanced modeling effort.

Google Earth is an information extractor Web service that applicable for emergency situation reporting. The output is a Google Earth network link that provides dynamic updates and interactive visualization.

References

- Committee on Planning for Catastrophe: A Blueprint for Improving Geospatial Data, Tools, and Infrastructure, National Research Council. 2007. Successful Response Starts with a Map: Improving Geospatial Support for Disaster Management. http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11793. be accessed on 15 August 2007*
- EmerGeo Solutions. 2006. *EmerGeo Map-*

- ping V2.2 Adds Interfaces to Google Earth and Emergency Notification Service.* <http://www.geospatial-solutions.com/geospatialolutions/article/articleDetail.jsp?id=379095>. be accessed on 15 August 2007
- Wikipedia. *Google Earth.* http://en.wikipedia.org/wiki/Google_Earth. be accessed on 15 August 2007
- Pezanowski, S., Tomaszewski, B., and MacEachren, A. M. 2007. *An Open Geo-Spatial Standards-Enabled Google Earth Application to Support Crisis Management.* http://www.geovista.psu.edu/publications/2007/S_Pezanowski_B_Tomaszewski_AM_MacEachren_CIG2007.pdf. be accessed on 15 August 2007
- Purwanto, Hadi. 2007. *Morowali – Flood and Landslide, July 2007 - Update.* <http://hadip.wordpress.com>. be accessed on 15 August 2007
- Rich, Sarah. 2006. *Google Helps Indian Citizens Marooned by Flood Waters.* <http://www.worldchanging.com/archives/004822.html>. be accessed on 15 August 2007

TEORI DAN PRAKTEK PENGELOLAAN BENCANA DI INDONESIA

Irwan Abdullah

Fakultas Ilmu Budaya, Universitas Gadjah Mada

Abstract

This article is aimed at presenting that disaster is not a new phenomenon in the Indonesian disaster map as the disaster historically has happened periodically and repeatedly which make it a close experience for the population. However, these historical facts and evidences did not contribute for the increasing capacity of the society, state, and social institutions in anticipating and recovering the post disaster impacts in proper ways. It is because of two reasons. First, the lack of knowledge about disasters, which is caused by the limited studies and analysis on natural disasters and related aspects of risk. Second, disaster has not been the major concerns in the public policy making. In order to turn to a better disaster mitigation process, this article suggests three perspectives: (1) disaster has to be regarded as a "process" that has to be seen from its source which transform a natural phenomenon into a natural disaster for the population; (2) disaster has to be regarded as a "context" not only as merely an event that happens on a certain time; and (3) disaster as a "domain" for a deeper understanding on the essence and the nature of relationships in which the disaster become part of social construction.

Keyword: Disaster Studies, Mitigation, Culture of Disaster

1. Pendahuluan

Tsunami yang terjadi di Aceh pada tanggal 26 Desember 2004 telah menyadarkan kita tentang arti bencana yang sesungguhnya karena sebelumnya perhatian dan keprihatinan kita terhadap berbagai penyebab dan akibat dari bencana sangat terbatas. Bencana-bencana susulan yang terjadi di Nias, Solok, Bahorok, Gunung Merapi dan Gempa di Yogyakarta dan Jawa Tengah, longsor Manggarai, Banjir Jakarta dan Aceh, serta Lumpur Lapindo Sidoarjo memberikan pelajaran penting tentang tingkat responsivitas para pihak, kapasitas pengelolaan, dan efektivitas kebijakan yang diambil dalam penanganan pascabencana. Bencana yang mengagetkan itu tetap saja dianggap sebagai barang baru, walaupun sesungguhnya bencana merupakan "pengalaman dekat" bagi orang Indonesia karena begitu seringnya bencana terjadi. Letusan Tambora (1815) dan Krakatau (1883), misalnya, telah menyebabkan Indonesia masuk dalam peta dunia daerah bencana yang terpenting. Debu tebal letusan Tambora pada tanggal 5 April 1815 telah menyebabkan kegagalan panen dan kehilangan satu musim panas

di Eropa dan Amerika Utara pada tahun 1816 (De Jong Boers, 1995). Bahkan menurut satu catatan, 75.000 tahun silam pernah terjadi erupsi Danau Toba yang hingga saat ini masih dianggap sebagai salah satu bencana terbesar di dunia karena debunya terbang mencapai 2.000 km hingga sampai ke Sri Lanka (Smith, 2003).

Kejadian dengan dampak yang luar biasa semacam ini, sayangnya, tidak berhasil diubah dan dipelajari menjadi pengetahuan kolektif. Pengalaman itu juga tidak berhasil menjadi dasar pembuatan kebijakan antisipasi bencana dan pemulihan dampak bencana yang menyebabkan kegagalan dalam antisipasi dan penanganan bencana alam yang terjadi dewasa ini. Berbeda dengan apa yang terjadi di Jepang. Negara Matahari terbit itu mampu belajar dari gempa Nobi (1891) dan Kanto (1923) yang kemudian mendorong Jepang mengubah tata ruang, kelembagaan, dan sikap hidup masyarakat (Schencking, 2006; Borland, 2006). Gempa di Nobi dan Kobe itu, melahirkan kurikulum nasional dalam bentuk tiga jilid buku yang diberi judul *Shinsai ni kansuru kyoiku shiryō* (*Education Materials Related to the Earth-*

quake). Buku tersebut mendorong adanya pemetaan ulang tata ruang dan melakukan standarisasi bangunan yang tahan gempa, serta pengembangan sikap hidup dan mental masyarakat yang muncul dalam berbagai bentuk pengabdian dalam hubungannya dengan antisipasi bencana. Selain itu juga dipelajari sifat-sifat tanaman dan binatang dalam kondisi alam yang berbeda dalam rangka deteksi ancaman bahaya, yang ini telah dijadikan acuan resmi dalam peramalan terjadinya bencana (Borland, 2006).

Dari berbagai bencana yang selama ini terjadi, tampak bahwa banyak kelompok masyarakat memiliki risiko tinggi untuk terancam dalam berbagai bentuk bencana, menghadapi akibat-akibat parah atas suatu bencana, memiliki kemampuan respons terbatas, dan gagal dalam rekonstruksi bencana seperti yang digariskan. Tulisan ini tidak akan membicarakan keseluruhan dimensi bencana tersebut, namun menitikberatkan perhatian pada usaha menjawab tiga hal pokok. Pertama, teori bencana yang bagaimana yang dibutuhkan untuk mampu memahami dan memberikan solusi teoritis atas bencana yang terjadi. Kedua, praktik mitigasi bencana-bencana yang terjadi di Indonesia. Ketiga, peran kelembagaan yang bagaimana yang di-butuhkan oleh masyarakat dan pemerintah yang harus diperankan oleh lembaga pendidikan bersama stafnya. Sebelum ketiga pokok bahasan di atas dipaparkan, akan dipetakan terlebih dahulu bagaimana tingkat keparahan bencana yang terjadi di berbagai tempat di Indonesia.

2. Peta Persoalan Bencana di Indonesia

Bencana bukanlah barang baru karena ia telah muncul sejak puluhan ribu tahun yang lalu di berbagai tempat dalam berbagai bentuknya. Letusan Tambora (1815) atau Krakatau (1883), misalnya, telah mengawali sejarah ben-

cana kontemporer yang memperlihatkan betapa rentannya posisi geografis dan geologis Indonesia. Ancaman dapat datang dari lapisan bumi, gunung, laut, dan sungai yang dapat kapan saja membawa akibat-akibat buruk bagi manusia.

Pengetahuan masyarakat tentang sifat-sifat dari lingkungan yang melahirkan bencana dan akibat-akibat yang dihasilkan oleh adanya suatu bencana sangat terbatas. Tidak banyak dari anggota masyarakat yang memahami dengan baik ancaman yang ada di lingkungan sekelilingnya yang dapat melahirkan bencana. Bahkan pihak-pihak yang seharusnya menguasai pengetahuan karena keterlibatan dan tanggung jawabnya dalam penanganan bencana pun tidak memiliki cukup pengetahuan dan keahlian yang terkait dengan bencana. Hal ini disebabkan oleh bencana belum diteliti dengan baik, dan hasil penelitian yang terbatas itu pun belum menjadi pengetahuan publik, masih tersimpan dalam berbagai naskah yang belum mendapatkan publikasi secara meluas. Suatu kejadian masa lalu yang dipublikasikan seyogyanya menjadi dokumen resmi dan sumber pembuatan kebijakan publik.

Dari berbagai kasus bencana baik yang klasik maupun yang kontemporer dapat dilihat tiga persoalan pokok yang menentukan kondisi bencana di satu daerah. Pertama, kelangkaan sumberdaya dan infrastuktur yang ada dalam masyarakat dalam berbagai bentuk. Fasilitas yang kurang dalam berbagai bentuknya, apakah itu transportasi, peralatan pendukung, dan berbagai bentuk sumber penghasilan dan peralatan, lokasi tempat tinggal (Friedmann, 1991) telah menyebabkan kelemahan masyarakat yang menyebabkan rentan terhadap berbagai kemungkinan bencana. Daerah-daerah dengan fasilitas yang buruk merupakan ancaman yang serius bagi lahirnya bencana dan jika bencana itu terjadi maka kelompok ini juga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk pulih

(Tierney, 2006). Peristiwa di Aceh memperlihatkan bahwa dacrah-dacrah yang infrastrukturnya masih terjaga, seperti jalan, jembatan, dan alat transportasi dan komunikasi yang relatif baik lebih cepat pulih dari kerusakan dan kesulitan. Faktor infrastrukturnal telah memungkinkan proses pemulihan dapat berjalan dengan sistematis dan berhasil dengan baik.

Kedua, faktor struktural yang menyangkut kondisi struktural masyarakat di satu pihak dan kebijakan pemerintah di lain pihak. Kondisi masyarakat yang terisolasi, kemiskinan, telah menyebabkan masyarakat berada dalam status *vulnerable* (rentan) yang memperparah akibat suatu bencana. Dengan kata lain, fenomena alam yang terjadi dan dialami oleh kelompok rentan akan menjadikan itu sebagai "bencana" yang dapat menjadikan mereka luka, cacat, trauma, miskin, atau bahkan meninggal. Berbeda dengan kelompok yang lebih berdaya, mereka lebih mampu bangkit secara cepat dengan memobilisasi berbagai bentuk kapital yang dimilikinya, baik kapital intelektual, sosial, dan ekonomi (Daniels et al., 2006). Namun, yang menarik dari catatan lapangan adalah kelompok yang relatif berdaya ini merupakan kelompok yang paling banyak mengeluh dan menuntut, sementara lapisan paling bawah yang mengalami akibat yang paling parah. Mereka justru menerima dengan lebih sabar. Di sisi lain, kebijakan-kebijakan pemerintah telah pula menjadi sumber dari penyebab lahirnya bencana, seperti pembangunan perumahan, sekolah, gedung, atau jembatan yang tidak memenuhi standard yang keruntuhannya telah menyebabkan kematian. Kebijakan yang timpang telah pula menyebabkan kelompok lapisan bawah berada dalam posisi yang rentan apalagi kebijakan yang secara langsung tidak memiliki pilihan etis dalam rumusannya yang merugikan lapisan bawah.

Ketiga, hambatan kultural yang terutama disebabkan oleh diversitas budaya yang begitu luas di Indonesia sehingga bentuk-bentuk hubungan manusia dengan alam bersifat berbeda-beda. Perbedaan kebudayaan ini menyebabkan lahirnya cara-cara pengelolaan lingkungan yang berbeda, perbedaan dalam melihat bencana, menilai akibat-akibat yang ditimbulkan, dan juga cara pemulihan. Satu masyarakat yang memiliki pengetahuan yang baik tentang bencana telah mengembangkan istilah yang baku untuk menunjuk pada tanda-tanda bencana, seperti kasus Pulau Simeulue di Aceh yang relatif terbiasa dengan tsunami sehingga memiliki istilah dan tanda-tanda khusus untuk menyatakan adanya tsunami dan cara-cara menanggapi. Respons masyarakat terhadap bencana menunjukkan variasi yang berbeda karena perbedaan dalam cara melihat penyebab bencana: sebagian melihat bencana sebagai *god-made disaster* dan *man-made disaster* sehingga memunculkan respons yang berbeda-beda. Respons yang memandang bencana sebagai bagian dari kuasa Tuhan, melahirkan penerimaan yang luar biasa terhadap akibat-akibat suatu bencana. Faktor kultural ini di satu sisi sebagai penghambat, baik tradisi dan praktik yang merugikan maupun dalam arti perbedaan kultur masyarakat korban dengan kultur yang dibawa para pekerja pemulihan bencana; di lain sisi kultur dapat menjadi sumber *trauma healing* yang efektif. Aktualisasi kultur yang bernilai positif ini dapat menjadi kekuatan dalam proses mitigasi bencana.

Dari ketiga faktor di atas, tampak bahwa bencana menyangkut sesuatu yang tidak terduga, datang begitu mendadak, mengagetkan sehingga tidak siap untuk dihadapi. Namun demikian, bencana juga merupakan hasil dari suatu tindakan yang dibuat oleh manusia, baik dalam hubungan manusia dengan alam,

hubungan manusia dengan manusia, dan hubungan manusia dengan Tuhan. Berbagai akibat bencana dialami secara berbeda dan melahirkan sikap yang berbeda yang disebabkan oleh pengetahuan tentang sumber bencana yang berbeda. Status penduduk yang mengalami keterbatasan atau tidak didukung secara infrastruktural, struktural, dan kultural akan menentukan tingkat kerentanan mereka terhadap suatu bencana, mengalami akibat-akibat yang parah, dan harus menjalani masa yang lama dalam pemulihan.

3. Menuju Teori Antropologi Bencana

Dari berbagai pemahaman konseptual tampak bahwa kita cenderung melihat seluruh fenomena alam sebagai bencana, seperti banjir, angin topan, tanah longsor, bangunan runtuh, gunung meletus, atau tsunami. Harus dipertegas bahwa suatu fenomena alam memiliki dua akibat sekaligus, yang pertama, akibat-akibat alami-ah yang bersifat rutin, seperti kekeringan, banjir, angin topan, dan kedua, fenomena alam yang menyebabkan jatuh korban dan kerugian yang besar. Lahirnya suatu bencana dalam suatu peristiwa alam lebih ditentukan oleh kesalahan manusia, ketidakmampuan manusia, dan tentu saja nasib manusia. Bencana mendorong kita untuk mengembangkan perspektif yang berbeda dengan begitu banyak pilihan karena pemahaman terhadap bencana mencakup dimensi persoalan yang begitu luas dan melibatkan begitu banyak pihak. Atas dasar inilah persoalan bencana alam sangat krusial untuk diteliti dengan perspektif yang lebih komprehensif. Penelitian bencana yang dimulai secara nyata tahun 1950-an, menunjukkan tiga pola yang berbeda.

Pertama, studi yang melihat bahwa alam merupakan sesuatu yang terpisah dengan manusia dimana alam memiliki kekuatan yang tak terbantahkan, sehingga lingkungan alam

telah mendefinisikan identitas manusia termasuk memasukkan manusia dalam kategori "the other". Dalam perspektif yang bersifat teknokratik ini bencana dilihat sebagai fenomena yang secara utama dihubungkan dengan alam dan supranatural sehingga dilepaskan dari kejadian yang luar biasa. Fokus pada kekuatan alam dan supranatural ini menegaskan suatu kondisi abnormal, tidak diharapkan, tidak diperhitungkan, tidak direncanakan karena itu masyarakat tidak sadar dan tidak siap menghadapi bencana (Hewitt, 1983:10). Dasar berpikir semacam ini telah menyebabkan kebijakan yang diambil bersifat pascabencana, tidak berorientasi pada antisipasi jangka panjang.

Pada masa itu manusia dan alam cenderung dilihat berposisi. Baru pada abad ke-17 dan ke-18 interaksi keduanya mendapatkan tempat dan dilihat sebagai kekuatan yang saling menentukan yang bahkan, menurut Murphy, manusia kemudian dilihat: "...are capable of manipulating, domesticating, remolding, reconstructing, and harvesting nature" (Oliver-Smith, 2002:32). Kajian kemudian menemukan suatu varian yang memperlihatkan bahwa selain diakibatkan oleh adanya eksploitasi manusia terhadap lingkungan dan penyalahgunaan sumberdaya alam, terjadinya bencana juga dimediasi oleh pasar dengan orientasi produksi dan kompetisi:

"Ecological crises and disaster... are produced by the dialectical interaction of social and natural features. Socially constructed production systems that impoverish the essential and absolute level of resources sustaining and environment will create environmental crises and perhaps disasters, impacting a human population" (Oliver-Smith, 2002:34).

Dalam melihat hubungan keduanya ini – yang semula lebih dititikberatkan pada penyebab adanya bencana yang diakibatkan oleh ke-

jadian mendadak dan tiba-tiba di satu sisi, dan oleh ulah manusia di lain sisi – muncul perdebatan tentang respons yang bersifat behavioristik yang mencoba memetakan pola-pola respons masyarakat terhadap bencana, terutama untuk keluar dari pendekatan teknokratik yang mengesampingkan manusia.

Kedua, pendekatan behavioristik yang mencoba memetakan pola-pola respons masyarakat terhadap bencana, terutama untuk keluar dari pendekatan teknokratik yang mengesampingkan manusia. Pendekatan ini menitikberatkan perhatian pada respons individual dan institusional, respons kebudayaan yang mempertanyakan eksistensi manusia, respons politik dan kekuasaan, dan respons yang bersifat ekonomi. Kemampuan respons itu berbeda-beda berdasarkan komunitas, agama, kelas, etnis, gender, usia, dan tingkat integrasi masyarakat. Bentuk respons ini juga ditentukan oleh bagaimana manusia memberi makna atas bencana yang umumnya terkait dengan pertanyaan tentang keadilan Tuhan, hukuman, kesakralan, dan hakekat hubungan manusia dengan keilahian.

Konstruksi makna tentang bencana di sini sarat dengan kepentingan karena suara dari berbagai pihak ikut terlibat dalam menentukan bentuk wacana sehingga makna itu sendiri menjadi arena pertandingan yang penting. Heddy Shri Ahimsa-Putra telah menunjukkan bahwa pemaknaan dalam kasus Merapi telah menjadi ajang wacana yang melibatkan multiaktor (Ahimsa-Putra, 1994). Hal ini sejalan dengan pendapat Clancey yang mengatakan:

"Natural disasters, by contrast, are moment in which the voices of experts mix with – and often have no privilege over – the voices of politicians, journalist, religious figures, and all manner of survivors. Everything is 'out of order' – nature and society both – and this makes things as messy for the chronicler of the event as for

those who lived the experience" (Clancey, 2006).

Respons politik dan kekuasaan membicarakan bagaimana suatu bencana membentuk, memelihara, menstabilkan, atau merusak organisasi dan hubungan politik. Bencana dalam hal ini sekaligus sebagai kesempatan dan penyebab bagi sosialisasi dan mobilisasi politik lokal maupun penyebab alterasi dalam hubungannya dengan negara (Oliver-Smith, 1996:309). Bencana dengan demikian dapat menjadi konteks bagi pembentukan solidaritas, aktivisme, agenda baru politik, dan pembentukan hubungan kekuasaan baru yang dapat mengubah suatu struktur kekuasaan.

Ketiga, pandangan ekonomi politik yang melihat bahwa letak persoalan bencana bukan pada kejadian alam itu sendiri tetapi bencana bersumber pada ketimpangan-ketimpangan dalam struktur sosial masyarakat. Pandangan ini melihat korelasi antara kerawanan bencana, malnutrisi yang kronis, pendapatan yang rendah, dan potensi kelaparan yang sekaligus menunjukkan bahwa akar penyebab bencana terletak lebih pada faktor-faktor sosial ketimbang faktor alam. Peringatan, proteksi, pengetahuan, keahlian, akses, baik terhadap sumber-sumber material dan pengetahuan, jaringan, dan sumber-sumber bantuan dapat memitigasi dampak kejadian alam dan meningkatkan kemampuan manusia untuk memulihkan efek yang ditimbulkan.

Implikasi dari pendekatan ekonomi politik ini mencakup: (1) bahwa bencana dapat dihindari dan kejadian alam tidak harus berubah menjadi bencana kalau dampaknya bisa diatasi dengan baik; (2) manusia tidak dilihat sebagai korban yang tidak tertolong tetapi sebagai aktor yang mampu dengan ingkatannya masing-masing memecahkan dan menghadapi kejadian alam atau bahkan menghindarinya. Di sini sumber-sumber yang

dimiliki penduduk berperan penting dalam pemulihan; (3) isu keadilan menjadi penting. Kelompok kaya jarang menderita separah yang dialami oleh kelompok miskin dalam setiap bencana, walaupun bencana tetaplah merupakan penderitaan umum dengan tingkat keparahannya masing-masing (Hoffman, 1999). Memang, seperti dikatakan Oliver-Smith, bahwa suatu kejadian alam tidak selalu melahirkan suatu bencana karena hal itu tergantung pada tingkat integrasi manusia dengan lingkungannya dan pada tingkat ketergantungan manusia pada ancaman-ancaman bahaya alam.

4. Normalitas Bencana Alam

Dari pemetaan kecenderungan teoritis di atas dapat ditarik empat isu krusial bagi pemahaman tentang status, penyebab, proses, akibat, pemaknaan, dan respons terhadap bencana tersebut yang menjadi dasar bagi pengelolaan bencana. **Pertama**, perlu mendapatkan pene-gasan bahwa **"bencana bukan suatu peristiwa yang tiba-tiba dan tak terelakkan"**, tetapi menjadi bagian yang integral dari kehidupan rutin dan normal. Bencana sesungguhnya merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari suatu sistem masyarakat yang tanda-tandanya sudah dikenali dan dapat diprediksi, hanya seringkali tanda-tanda itu dinafikan seperti yang terjadi dengan kasus Gunung Merapi. Suatu bencana, karenanya tidak harus mengganggu stabilitas, menyebabkan ketidakpastian, kekacauan, atau runtuhnya sistem sosial budaya, merusak kemampuan adaptasi masyarakat, serta membahayakan sistem pandangan dunia. Bencana bahkan memberikan peluang bagi penataan kelembagaan dan masyarakat. Adanya suatu bencana memberikan kesempatan bagi penataan ulang ruang, arsitektur, dan sistem sosial dalam suatu lingkungan. Banyak negara yang menggunakan bencana sebagai momentum

yang baik bagi tujuan dan cita-cita pembangunan masyarakat secara lebih mendasar dan prospektif (Borland, 2006; Schencking, 2006).

Kedua, suatu fenomena alam **"tidak harus menjadi bencana"**, karena lahirnya suatu bencana tergantung pada status kerentanan (*vulnerability*) individu, kelompok, lingkungan, dan intitusi. Suatu gejala alam yang sama di suatu tempat dapat mengakibatkan kematian dan kehancuran, sementara di tempat lain tidak membawa akibat yang sama. Kerentanan itu mencakup dimensi alam, fisik, teknis, ekonomi, sosial, politik, budaya, ideologis, dan institusional (Wisner, 2003; Tierney, 2006). Suatu bencana mengakar dalam sistem ideologis, sosial, dan ekonomi yang menempatkan manusia pada status tak berdaya pada saat berhadapan dengan tekanan-tekanan lingkungan yang mematikan. Keadaan manusia, lingkungan, dan institusi yang rentanlah yang mengubah suatu gejala alam menjadi bencana bagi kehidupan manusia. Proses sosial ekonomi, seperti kemiskinan pedesaan yang mendorong migrasi besar-besaran penduduk desa menuju kota, telah menjadi bagian dari proses lahirnya kerentanan dimana ketidakmampuan pemerintah merespons dalam bentuk kebijakan peluang kerja dan perbaikan pendapatan akan menyebabkan bencana pada kelompok semacam ini. Kerentanan dapat mengambil bentuk yang semakin rumit pada saat ia menjadi bagian dari proses ekspansi kapitalisme global, baik itu terjadi dalam eksploitasi sumberdaya hutan, mineral, maupun berbagai tindakan perubahan dunia yang menjadi bagian dari kepentingan pasar.

Ketiga, bencana sebagai "ujian bagi keterbatasan" dan daya tahan manusia. Perkembangan pengetahuan dan teknologi telah menciptakan suatu keyakinan bahwa manusia mampu mengatasi dan menaklukkan alam, namun kenyataannya tidak semua fenomena alam dapat ditundukkan oleh manusia. Walaupun

pemanas ruangan diciptakan untuk mengatasi dingin, atau pendingin untuk mengatasi udara panas, obat-obat dan fasilitas kesehatan modern diciptakan untuk menghadapi hantu penyakit, atau senjata dibuat untuk melindungi manusia, tetap saja manusia tidak mampu melawan nasib yang membawa kematian bagi dirinya. Hal ini memberikan kesadaran tentang keterbatasan manusia. Keterbatasan manusia kemudian melahirkan berbagai bentuk ritual yang tidak lain merupakan bentuk reinvensi dan revitalisasi dari nilai, kekuatan dan eksistensi suatu masyarakat. Keterbatasan ini juga melahirkan kesadaran baru tentang ketuhanan sehingga menciptakan spiritualitas baru. Dalam kasus semacam ini banyak individu yang menemukan Tuhan dan menjadi pemeluk agama yang taat setelah mengalami dan menjalani masa-masa sulit akibat suatu bencana. Dalam tsunami yang terjadi di Aceh, nama Tuhan secara umum disebut dalam rintihan duka yang dialami korban, "Ya Allah... apa yang terjadi dengan saya?" Atau banyak jeritan yang berbunyi, "Ya Allah ampunilah kami..." atau sebutan-sebutan senada yang bersifat pengakuan terhadap adanya kekuatan Tuhan.

Keempat, bencana merupakan "peluang" bagi perbaikan dan penataan hidup secara mendasar. Di satu sisi suatu peristiwa alam menyebabkan trauma, luka, cacat, ataupun kematian; di sisi lain ia memberikan kesempatan bagi perubahan kehidupan manusia dalam berbagai aspek. Gempa Nobi (1891) dan Kanto (1923) telah memberikan kesempatan besar bagi Jepang untuk melakukan transformasi dan reformasi sosial, budaya, keruangan dan institusional secara menyeluruh (Schencking, 2006; Clancey, 2006). Bencana alam yang terjadi 50 kali di Amerika Tengah (1960-1988), telah memungkinkan demokrasi berkembang di daerah yang militeristik. Dalam berbagai kasus tampak

bahwa bencana selalu membawa surplus ekonomi pada daerah bencana yang membuka berbagai peluang baru pada tingkat daerah bencana maupun pada tingkat nasional. Kadangkala justru peluang lebih dapat dirasakan dan dimanfaatkan pada tingkat di luar daerah bencana itu sendiri (Diamond, 2006:13). Perbaikan yang mencolok dari adanya bencana terjadi, misalnya, pada perbaikan infrastruktur jalan, gedung, pemukiman, rumah sakit, dan pasar yang dalam banyak kasus dapat menghasilkan suatu pembangunan dengan kualitas yang jauh lebih baik dari yang pernah dimiliki sebelumnya.

Berdasarkan uraian di atas tampak bahwa kita membutuhkan suatu pola pengelolaan bencana yang lebih mampu menempatkan korban dan persoalan secara proporsional: (1) usaha itu mengharuskan pengenalan karakter masyarakat yang khas secara seksama sehingga pendekatan yang digunakan dapat sejalan dengan sifat-sifat masyarakat. Banyak kasus kegagalan pemulihan bersumber dari pengabaian karakter setempat sehingga pembangunan kembali komunitas menjadi suatu proses intervensi dari luar dan kerap kali menimbulkan resistensi; (2) usaha pengelolaan pembangunan masyarakat itu mensyaratkan adanya partisipasi dari masyarakat yang bersangkutan karena masyarakat memiliki preferensi-preferensi dalam berbagai bentuknya. Mereka pun, seperti kata Korten (1986), adalah orang-orang yang mengalami akibat-akibat dari proses pembangunan itu; (3) upaya pengelolaan pembangunan masyarakat mensyaratkan adanya pembelaan terhadap status marginal, khususnya atas dominasi pusat dan negara dalam berbagai bentuk yang kurang menguntungkan komunitas yang mengalami bencana. Kelompok atau masyarakat yang dibangun pada hakekatnya merupakan pihak yang memiliki kekurangan,

tergantung, dan bahkan tidak memiliki posisi tawar-menawar yang sebanding; dan (4) pengembangan masyarakat mensyaratkan pemanfaatan sumberdaya dan kekuatan dari dalam untuk proses perubahan. Selain untuk menjamin partisipasi lokal yang sebesar-besarnya dalam proses rehabilitasi dan rekonstruksi, pemanfaatan sumberdaya dan kekuatan dari dalam akan menjamin keberlanjutan dari suatu proses pemulihan (Abdullah, 2007).

5. Penutup : Menuju Pengelolaan Bencana "4T"

Untuk sampai pada suatu kesimpulan tentang pengelolaan bencana yang responsif di waktu yang akan datang, terdapat tiga sudut pandang harus diperhatikan. **Pertama**, bencana seyogyanya ditanggapi sebagai "proses" yang harus dilihat dari sumber-sumber pembentukan dan kelahirannya, dalam nilai-nilai yang dipilih, dan dalam kekuatan-kekuatan yang menggerakkan proses itu hingga suatu fenomena alam berubah menjadi bencana. Sebagai sebuah proses, bencana dapat dikelola dan dikendalikan pada tingkatan yang berbeda-beda berdasarkan kemampuan pengetahuan, sikap, tindakan, dan kelembagaan yang tersedia. Pemahaman yang lengkap tentang keseluruhan hubungan manusia dengan lingkungan memungkinkan adanya prediksi dan kesiapan dalam menghadapi bencana itu sendiri dan juga memungkinkan minimalisasi status kerentanan masyarakat terhadap suatu bencana.

Kedua, suatu bencana perlu ditanggapi sebagai "konteks" bukan sekadar event atau peristiwa yang terjadi pada suatu saat. Sebagai sebuah konteks, ia memberikan perspektif dan definisi tentang *code of conduct* yang perlu dipatuhi secara kolektif, baik bagi masyarakat maupun berbagai pihak lain dalam berbagai bentuk tindakan dan kebijakan yang diru-

muskan dalam situasi normal. Dengan melihat bencana sebagai konteks, maka kita bisa membebaskan diri dari suatu perangkap normalitas di mana kehidupan juga merupakan kehidupan yang bersifat labil atau *disorder* sehingga membutuhkan pengakuan dan praktik penafsiran yang lain secara akademis maupun kebijakan. Keberadaan "daerah bencana" atau "korban bencana" merupakan ruang kebijakan yang harus menjadi bagian dari suatu kebijakan normal sehingga tidak seharusnya dirumuskan secara mendadak, tiba-tiba, pada saat bencana itu hadir dan seperti biasanya, menimbulkan *chaos* dan *disorganized*.

Ketiga, bencana sebagai "ranah" bagi pemahaman yang lebih dalam dan mendasar tentang hakekat dari hubungan-hubungan dalam konstruksi masyarakat. Melalui bencana dapat diketahui esensi dan rahasia tentang kelemahan dan kekuatan tersembunyi dalam suatu masyarakat, yang dalam situasi "normal" tertutup oleh sistem dan struktur yang membungkusnya. Karena keberadaan dan akibat suatu bencana menjangkau spektrum yang luas, maka bencana memberi potensi untuk menghubungkan analisis ilmu sosial dengan pilihan-pilihan ideologi dan kepentingan yang menentukan kehadiran suatu bencana, mempengaruhi tanggapan, serta misi yang diemban dalam keseluruhan proses pemulihan dan rekonstruksi. Berdasarkan uraian di atas tampak bahwa kita membutuhkan suatu pola pengelolaan bencana yang lebih mampu menempatkan korban dan persoalan secara proporsional: (1) usaha itu mengharuskan pengenalan karakter masyarakat yang khas secara seksama sehingga pendekatan yang digunakan dapat sejalan dengan sifat-sifat masyarakat. Banyak kasus kegagalan pemulihan bersumber dari pengabaian karakter setempat sehingga pembangunan kembali komunitas menjadi suatu proses intervensi dari luar dan kerap kali menimbulkan resistensi; (2)

usaha pengelolaan pembangunan masyarakat itu mensyaratkan adanya partisipasi dari masyarakat yang bersangkutan karena masyarakat memiliki preferensi-preferensi dalam berbagai macam bentuknya. Mereka pun, seperti kata Korten (1986), adalah orang-orang yang mengalami akibat-akibat dari proses pembangunan itu; (3) upaya pengelolaan pembangunan masyarakat mensyaratkan adanya pembelaan terhadap status marginal, khususnya atas dominasi pusat dan negara dalam berbagai bentuk yang kurang menguntungkan komunitas yang mengalami bencana. Kelompok atau masyarakat yang dibangun pada hakekatnya merupakan pihak yang memiliki kekurangan, tergantung, dan bahkan tidak memiliki posisi tawar-menawar yang sebanding; dan (4) pengembangan masyarakat mensyaratkan pemanfaatan sumberdaya dan kekuatan dari dalam untuk proses perubahan. Selain untuk menjamin partisipasi lokal yang sebesar-besarnya dalam proses rehabilitasi dan rekonstruksi, pemanfaatan sumberdaya dan kekuatan dari dalam akan menjamin keberlanjutan dari suatu proses pemulihan (Abdullah, 2007).

Pemahaman tentang bencana dengan segala isu dan persoalan tersebut telah membawa kita pada kesadaran kultural dan politik untuk dapat melihat betapa implikasi-implikasi dari adanya bencana membutuhkan kebijakan-kebijakan yang lebih tepat. Pengetahuan yang terbatas pada berbagai tingkatan telah membatasi tingkat kesiapan dalam mengantisipasi, dan kemudian menciptakan bencana berikutnya akibat proses penyelesaian yang panjang dan ketergantungan yang diciptakan secara sengaja dalam setiap tahapan dari respons terhadap bencana. Sejalan dengan respons tersebut maka dapat diajukan empat kunci pengelolaan bencana: **Tanggap, Tepat, Terpadu, dan Terkendali**. **Tanggap** memiliki pengertian cepat di

dalam merespons suatu bencana sejak tahap darurat maupun pada tahap pemulihan dan rekonstruksi. **Tepat** menunjuk kepada kemampuan identifikasi kebutuhan sehingga bantuan yang diberikan didasarkan pada pemahaman yang baik tentang kebutuhan. **Terpadu** berkaitan dengan masalah koordinasi yang melibatkan berbagai *stakeholder* dalam berbagai tahap pemulihan korban. **Terkendali** menunjuk pada kapasitas di dalam menjalankan operasi dan sekaligus menentukan akuntabilitas kelembagaan dalam pengelolaan bencana.

Daftar Pustaka

- Abdullah, Irwan. 2006. "Dialektika natur, kultur, dan struktur: analisis konteks, proses, dan ranah dalam konstruksi bencana", Pidato Guru Besar Antropologi Fakultas Ilmu Budaya Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 13 November.
- , 2007. "Pemberdayaan Masyarakat yang Lemah dan Tertinggal", dalam Tukirat et al. (ed.), *Sumber Daya Manusia: Tantangan Masa Depan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar dan PSKK-UGM.
- Ahimsa-Putra, H.S. 1994. "Bencana Merapi: Politik Tafsir dan Tafsir Politik", disampaikan dalam seminar "Korban Bencana Merapi dan Solidaritas Sosial: Interpretasi Antropologis", Fakultas Sastra-UGM, Yogyakarta.
- Bankoff, G. 2003. *Cultural of Disaster: Society and Natural Hazard in the Philippines*. London: Routledge Curzon.
- Blaikie, P. 2002. "Vulnerability and Disaster", dalam V. Desai dan R. Potter (ed.), *The Companion to Development Studies*. London: Arnold.
- Borland, J. 2006. "Capitalism on Catastrophe: Reinvigorating the Japanese State with Moral Values through Education for

- lowing the 1923 Great Kanto Earthquake", *Modern Asian Studies*, Vol. 40, No.4.
- Clancey, G. 2006. "The Meiji Earthquake: Nature, Nation, and the Ambiguities of Catastrophe", *Modern Asian Studies*, Vol. 40, No.4.
- Daniels, R.J., D.F. Kettl, dan H. Kunreuther (ed.). 2006. *On Risks and Disaster: Lessons from Hurricane Katrina*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
- De Jong Boers, B. 1995. "Mount Tambora in 1815: A volcanic Eruption in Indonesia and Its Aftermath", *Indonesia* 60.
- Descola, P. dan G. Palsson (ed.). 2004. *Nature and Society: Anthropological Perspectives*. London: Routledge.
- Diamond, J. 2006. *Collapse: How Societies Choose to Fail or Survive*. London: Penguin Books.
- Friedmann, Jonathan. 1991. *Empowerment: The Politics of Alternative Development*. Cambridge: Blackwell. London: Penguin Books.
- Hewitt, K. 1983. *Interpretation of Calamity*. New York: Allen & Unwin.
- Hoffman, S.M. 1999. "The Worst of Times, the Best of Times: Toward a Model of Cultural Response to Disaster", dalam A. Oliver-Smith dan S.M. Hoffman (ed.), *The Angry Earth: Disaster in Anthropological Perspective*. New York: Routledge.
- , dan A. Oliver-Smith (ed.), *Catastrophe and Culture: The Anthropology of Disaster*. Santa Fe: School of American Research Press.
- Korten, David. 1986. *Community Management: Asian Experience and Perspective*. West Hartford: Kumarian Press.
- Laksono, P.M. 1985. "Persepsi Setempat dan Nasional Mengenai Bencana Alam: Sebuah Desa di Gunung Merapi", dalam M.R. Dove (ed.), *Peranan Kebudayaan Tradisional Indonesia dalam Modernisasi*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Oliver-Smith, A. 1996. "Anthropological Research on Hazard and Disasters", *Annual Review of Anthropology*, Vol. 25.
- , 1999. "What is Disasters? Anthropological Perspective on a Persistent Question", dalam A. Oliver-Smith dan S.M. Hoffman (ed.), *The Angry Earth: Disaster in Anthropological Perspective*. New York: Routledge.
- , 2002. "Theorizing Disasters: Nature, Power, and Culture", dalam S.M. Hoffman dan A. Oliver-Smith (ed.), *Catastrophe and Culture: The Anthropology of Disaster*. Santa Fe: School of American Research Press.
- Schencking, J.C. 2006. *Catastrophe, Opportunism, Contestation: The Fractured Politics of Reconstructing Tokyo following the Great Kanto Earthquake of 1923*", *Modern Asian Studies*, Vol. 40, No. 4.
- Smit, J. 2003. "Are Catastrophe is Nature Ever Evil?", dalam W.B. Dress (ed.), *Is Nature Ever Evil? Religion, Science, and Value*. London and New York: Routledge Taylor and Francis Group.
- Tierney, K. 2006. "Social Inequality, Hazards, and Disasters", dalam R.J. Daniels, D.F. Kettl, dan H. Kunreuther (ed.), *On Risks and Disasters: Lessons from Hurricane Katrina*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press.
- Wisner, B. 2003. "Assessment of Capability and Vulnerability", dalam G. Bankoff, G. Frerks, dan D. Hilhorst (ed.), *Mapping Vulnerability: Disaster, Development and People*. London: Earthscan.

**KAJIAN SPASIO-TEMPORAL KEJADIAN BENCANA ALAM PERIODE 1907-2006
DI INDONESIA****Djati Mardiatno**

Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Abstract

This article aims to study the recapitulation result of natural disaster events in Indonesia during 1907-2006 based on data from *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED)*, Louvain-Belgium, related to the natural disaster management in Indonesia. This study used descriptive-comparative method by examining of literatures and disaster databases in global and national scales, followed by spatio-temporal analysis. The result presented that natural disaster events in Indonesia have highly increased after 1966. The most disaster events occurred in 1997-2006, i.e. 126 cases. The big three natural disaster types during that period were floods (108 cases), earthquakes (85 cases) and volcanisms (45 cases). Furthermore, the numbers of deadly people were mostly caused by waves (167.852), earthquakes (28.659) and volcanisms (17.945). The expectation in better handling of disaster problems in Indonesia has arisen after the issuance of 'Undang-undang nomor 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana' (National Constitution number 24/2007 about Disaster Tackling). The mitigation programmes of natural disaster should be a main priority in national and regional development, in order to minimize loss potential if disasters take place in the future.

Keywords: disaster mitigation, disaster management, development planning

1. Pendahuluan

Kejadian bencana alam secara global meningkat setelah memasuki abad ke-20, dari yang semula sekitar 10 kejadian per tahun menjadi sekitar 450 kejadian pada akhir abad ke-20 (CRED, dalam Bryant, 2005). Kenyataan tersebut secara sederhana dapat digunakan sebagai dasar untuk menjelaskan bahwa perubahan lingkungan global yang ditandai dengan adanya pemanasan global (*global warming*), merupakan salah satu penyebab utama terjadinya peningkatan kejadian bencana alam. Untuk menyesuaikan dengan kondisi perubahan global tersebut, pengurangan risiko bencana dan perencanaan pembangunan yang lebih menyeluruh menjadi sangat penting, karena jumlah penduduk yang terpengaruh dan tingkat kerugian ekonomis akibat bencana juga meningkat (van Aalst, 2006).

Bryant (2005) menyatakan bahwa bencana akibat proses alam (*natural hazards*) tidak dapat dipilih dalam waktu dan ruang tertentu

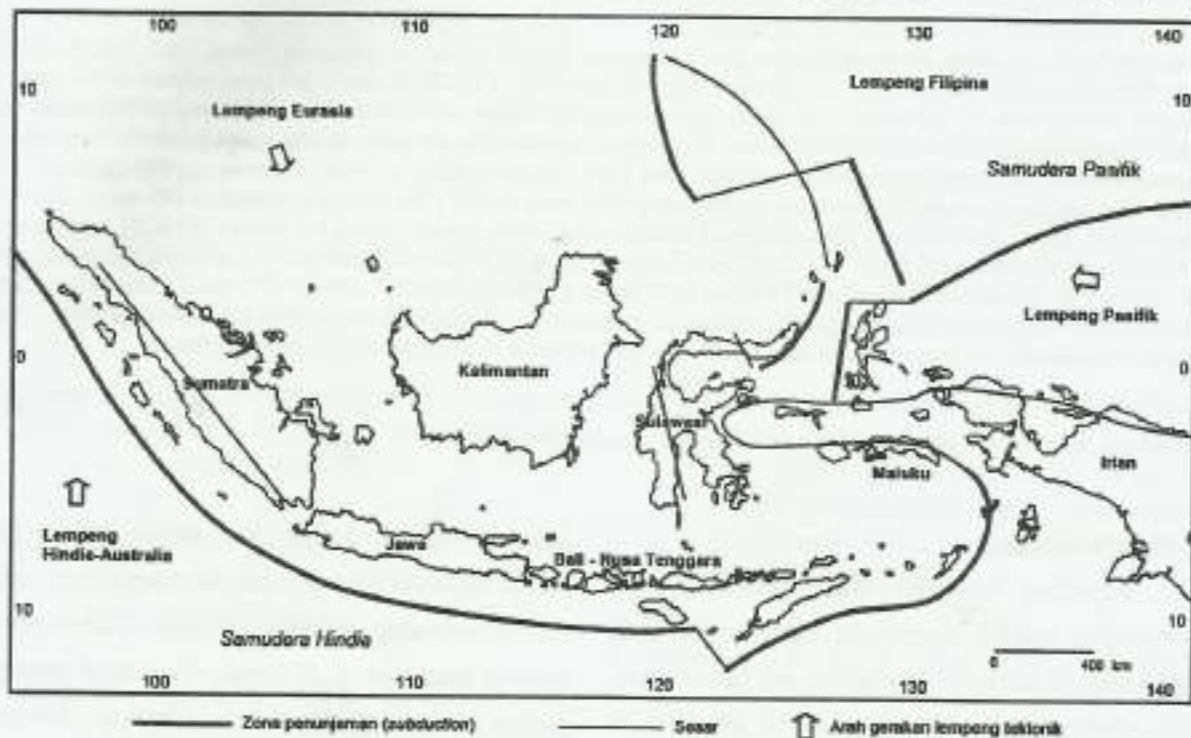
dan hanya dipertimbangkan hanya ketika kejadian tersebut mempengaruhi masyarakat yang rentan terhadap bahaya tersebut. Pemahaman tentang bagaimana, di mana, dan kapan proses-proses alam yang dapat menimbulkan bencana berlangsung hanya dapat diperoleh dengan mengkaji semua kejadian bencana. Selanjutnya, Nott (2006) menjelaskan bahwa pandangan para ahli ilmu bumi (*geo-scientists*), sifat-sifat proses alam yang dapat menimbulkan bencana dapat berubah sepanjang waktu dan tidak ada periode waktu tertentu yang dapat mewakili sifat alamiah tersebut. Oleh karena itu, bukti-bukti dari proses alamiah yang dapat menimbulkan bencana alam selama kurun waktu yang relatif panjang sangat penting untuk mengetahui kecenderungan pengaruh proses alamiah terhadap masyarakat yang tinggal di kawasan tersebut.

Sebagai negara yang sangat kuat dipengaruhi oleh aktivitas endogen dan berbentuk kepulauan (Gambar 1), Indonesia merupakan

salah satu negara yang sangat potensial mengalami bencana alam. Proses endogen berupa tektonisme dan vulkanisme maupun proses ekso-gen antara lain gerakan massa (*mass-movement*) yang sangat aktif menjadi ancaman setiap saat bagi masyarakat, terutama yang tinggal di kawasan yang sangat rentan terhadap

2. Metode

Kajian ini menggunakan basis data kebencanaan dari CRED sebagai dasar utama untuk melakukan analisis. Selain itu, data statistik kejadian bencana di Indonesia dari Badan Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana (Bakomas PB) juga digunakan sebagai pem-



Gambar 1. Posisi Indonesia yang rawan terhadap bencana alam

bahaya alam tertentu. Tingginya potensi bencana alam ini menyebabkan Indonesia memperoleh predikat sebagai negeri 'supermarket' bencana, karena hampir semua tipe bencana alam dapat ditemui di sini dalam jumlah yang cukup banyak dengan kekerapan yang relatif tinggi.

Tulisan ini bertujuan untuk mengkaji hasil rekapitulasi kejadian bencana alam di Indonesia periode 1907-2006 menurut versi *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED) dalam konteks manajemen bencana alam di Indonesia. Skala yang dipergunakan adalah skala nasional.

banding data dari CRED. Metode yang digunakan dalam pengkajian ini adalah metode deskriptif-komparatif dengan pendekatan spasio-temporal. Aspek spasial yang dikaji pertama kali adalah kebencanaan dalam skala global, kemudian lebih sempit dalam skala nasional di Indonesia. Satuan pengkajian dalam skala nasional adalah kawasan pulau atau kepulauan, dalam hal ini dibagi menjadi tujuh kawasan, yaitu: Jawa, Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, Bali dan Nusa Tenggara, Maluku, dan Irian. Jangka waktu yang digunakan untuk kajian temporal adalah jangka waktu panjang (100 tahun) mulai tahun 1907 hingga tahun 2006,

dengan interval waktu 10 tahunan. Hasil pengkajian digambarkan dalam bentuk grafik dan peta tentang distribusi tipe dan jumlah kejadian bencana alam menurut kawasan di Indonesia.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kajian Global Bencana Alam Pada Tahun 2006

CRED yang bertempat di Louvain, Belgia pada tanggal 29 Januari 2007 merilis rekapitulasi bencana yang dipicu oleh faktor-faktor alam (*natural hazards*) sepanjang tahun 2006 dalam skala negara (*country level*). Sebagai tambahan, hasil rekapitulasi tersebut tidak memasukkan bencana yang disebabkan oleh epidemi dan serangan hama. Berdasarkan pemantauan CRED tersebut, tercatat jumlah bencana sebanyak 395 kasus dengan perincian 226 kasus disebabkan oleh banjir, 66 kasus badai (*windstorms*) dan 30 kasus terkait dengan perubahan suhu yang ekstrim. Selama tahun 2006 korban bencana mencapai 21.342 orang dan Asia merupakan benua yang paling banyak mengalami bencana yang disebabkan oleh proses alam. Sementara itu, tiga negara Eropa yaitu Belanda, Belgia, dan Ukraina termasuk dalam 10 besar negara yang terkena dampak bencana yang mematikan. Total kerugian ekonomis selama 2006 diperkirakan sebesar 19 triliun US dollar.

Hal yang mengejutkan adalah masuknya tiga negara Eropa (Belanda, Belgia, dan Ukraina) dalam peringkat 10 besar negara yang terkena dampak bencana yang mematikan. Atas dasar kenyataan tersebut, pihak *United Nation-International Strategy for Disaster Reduction* (UN-ISDR) menekankan perlunya perhatian khusus terhadap dampak negatif akibat perubahan iklim di masa yang akan datang dengan persiapan yang lebih baik secara global, tidak

hanya di Asia dan Afrika. Di negara-negara yang sistem peringatan dini terhadap bencana relatif sangat baik seperti di Eropa, bencana yang mematikan masih dapat terjadi karena banyak orang yang mengabaikan peringatan tersebut dan berpikiran bahwa mereka 'kebal' terhadap segala macam bencana.

Kajian yang dilakukan CRED juga menunjukkan bahwa selama kurun waktu 1975-2006 jumlah kejadian bencana alam pada level negara cenderung meningkat. Kejadian bencana alam pada tahun 1975 berjumlah kurang dari 100 kasus, tetapi pada tahun 2006 sudah mencapai 395 kasus. Kecenderungan ini membuktikan bahwa kejadian bencana alam merupakan permasalahan global dan tidak hanya menjadi masalah di negara-negara yang sedang berkembang seperti di Indonesia.

3.2. Posisi Indonesia pada tahun 2006

Berdasarkan publikasi yang dikeluarkan CRED, Indonesia dalam hal bencana alam menempati urutan pertama dan ketujuh dalam klasifikasi jumlah korban jiwa selama tahun 2006 (Tabel 1). Posisi pertama dengan jumlah korban jiwa tercatat sebanyak 5.778 jiwa, diperoleh sebagai akibat gempa bumi di Yogyakarta dan Jawa Tengah pada bulan Mei 2006. Pada posisi ketujuh, tercatat jumlah korban jiwa sebanyak 802 jiwa yang disebabkan oleh tsunami di pantai selatan Jawa yang meluluhlantakkan sebagian kawasan pantai Jawa Barat dan Jawa Tengah, terutama di wilayah Pangeran, Jawa Barat. Negara lain yang menempati peringkat 10 besar adalah Filipina (peringkat ke-2 dan ke-3), dengan jumlah korban jiwa 1.399 akibat Badai Durian pada bulan Desember dan korban jiwa 1.112 akibat longsor pada bulan Februari. Belanda dan Belgia menempati urutan ke-4 dan ke-5 dengan jumlah korban jiwa 1.000

Tabel 1. Sepuluh Besar Jumlah Korban Jiwa Akibat Bencana Alam menurut Tipe dan Negara

No	Jenis Bencana	Negara	Korban Jiwa
1	Gempabumi Yogya-Jateng, Mei	Indonesia	5.778
2	Badai Durian, Desember	Filipina	1.399
3	Longsor, Februari	Filipina	1.112
4	Gelombang panas, Juli	Belanda	1.000
5	Gelombang panas, Juli	Belgia	940
6	Badai Bilis, Juli	RRC	820
7	Tsunami Pangandaran, Juli	Indonesia	802
8	Gelombang dingin, Januari	Ukarina	801
9	Banjir bandang, Agustus	Ethiopia	498
10	Badai Samoai, Agustus	RRC	373

Sumber: CRED (2007)

dan 940 jiwa akibat gelombang panas pada bulan Juli. Peringkat ke-6 ditempati oleh Republik Rakyat China (RRC) dengan jumlah korban jiwa 820 akibat badai Bilis pada bulan Juli. Selain itu, RRC juga menempati peringkat ke-10 dengan jumlah korban jiwa 373 akibat badai Samoai pada bulan Agustus. Peringkat ke-8 ditempati oleh Ukraina (801 korban jiwa) akibat gelombang dingin pada bulan Januari dan peringkat ke-9 ditempati oleh Ethiopia (498 korban jiwa) yang disebabkan oleh banjir bandang pada bulan Agustus.

Selain atas dasar jumlah korban jiwa, berdasarkan klasifikasi 10 besar negara yang paling sering dihantam bencana alam selama

tahun 2006, Indonesia menempati peringkat ketiga bersama Filipina dengan 20 kasus, setelah RRC dan Amerika Serikat (AS) (Tabel 2). RRC menempati peringkat pertama dengan 35 kasus dan AS menempati urutan kedua dengan 26 kasus. Sementara itu, India menempati posisi keempat dengan 17 kasus, diikuti oleh Afghanistan pada urutan ke-5 (13 kasus) dan Vietnam (10 kasus) menempati urutan ke-6. Australia, Burundi, dan Pakistan berada di urutan ke-8 (8 kasus), diikuti oleh Ethiopia, Mexico, dan Rumania pada pada posisi ke-9. Peringkat ke-10 ditempati bersama oleh Bangladesh, Kanada, Jepang, Kenya, Rusia, Malaysia, Papua Nugini, dan Somalia.

Tabel 2. Sepuluh besar negara yang paling sering terkena bencana alam tahun 2006-

No	Negara	Jumlah Bencana
1	RRC	35
2	AS	26
3	Indonesia, Filipina	20
4	India	17
5	Afghanistan	13
6	Vietnam	10
7	Australia, Burundi, Pakistan	8
8	Ethiopia, Mexico, Rumania	7
9	Jerman	6
10	Bangladesh, Kanada, Jepang, Kenya, Rusia, Malaysia, Papua Nugini, Somalia	5

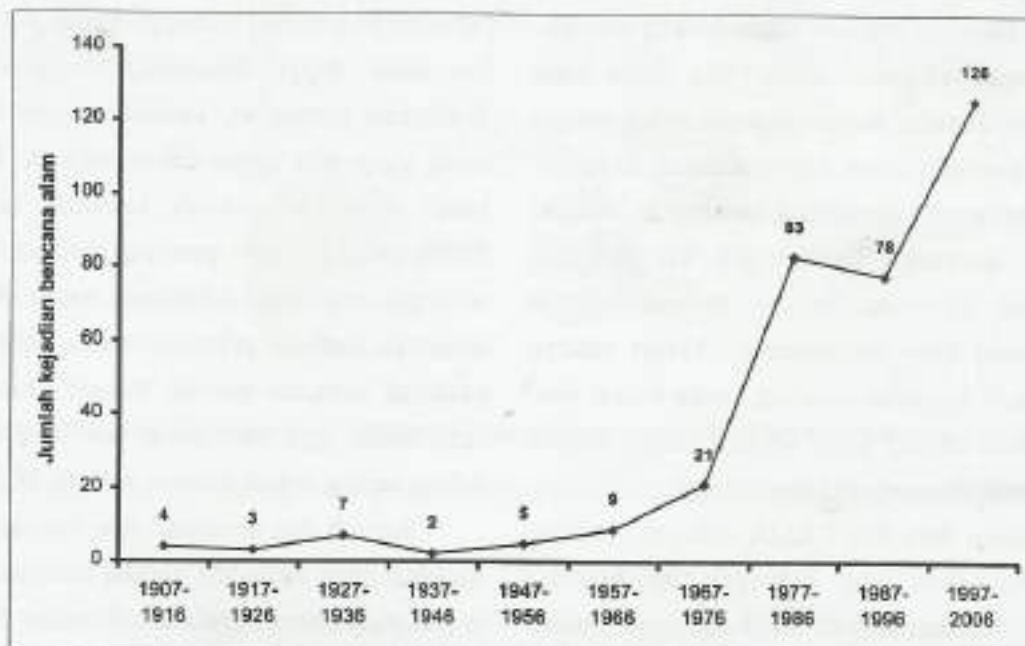
Sumber: CRED (2007)

3.3. Kecenderungan Bencana Alam di Indonesia

Basis data kejadian bencana alam di Indonesia berdasarkan versi CRED relatif lengkap. Catatan kejadian bencana alam sejak tahun 1907 sampai dengan tahun 2007 (data hingga bulan Mei, saat data tersebut diakses) menunjukkan data antara lain saat kejadian (tahun), tipe bencana, lokasi, jumlah korban jiwa, jumlah orang yang terkena dampak bencana, dan jumlah kerugian ekonomis dalam US dollar. Atas dasar basis data tersebut, kecenderungan bencana alam di Indonesia dapat ditelusuri secara temporal dan dibandingkan dari waktu ke waktu. Grafik kejadian bencana alam di Indonesia selama kurun waktu 1907-2006 dapat dilihat pada Gambar 2.

jiwa akibat bencana alam selama kurun waktu 1907-2007. Tiga besar tipe bencana terbanyak selama periode 1907-2006 adalah bencana banjir (108 kasus), gempa bumi (85 kasus), dan letusan gunungapi (45 kasus). Adapun untuk kategori korban jiwa terbanyak diakibatkan oleh gelombang (167.852 jiwa), gempabumi (28.659 jiwa), dan letusan gunungapi (17.945 jiwa). Tingginya angka korban jiwa akibat gelombang disebabkan oleh adanya kejadian tsunami pada tanggal 26 Desember 2004 yang terjadi di Aceh, dengan jumlah korban tewas mencapai lebih dari 120.000 jiwa.

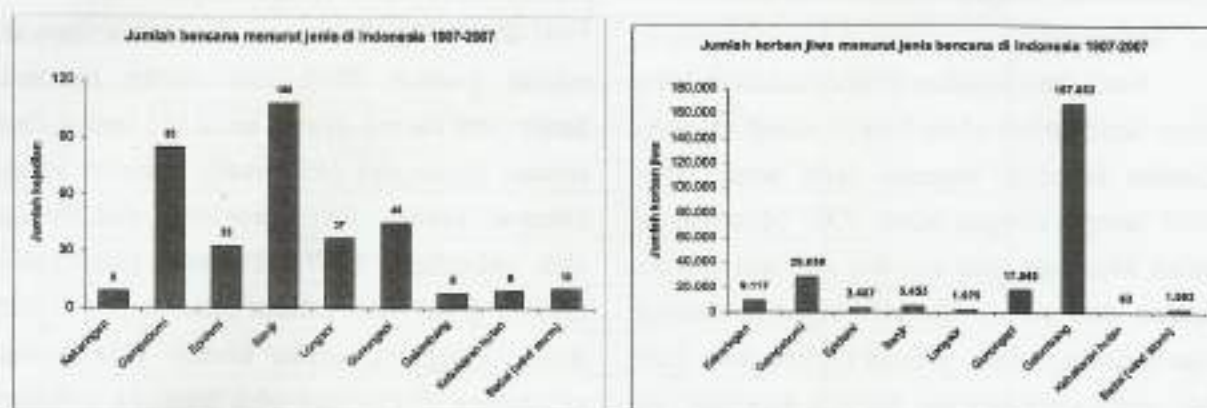
Menilik kecenderungan meningkatnya kejadian bencana alam di Indonesia dan tingginya jumlah korban jiwa, ada kemungkinan bahwa perencanaan pembangunan di Indonesia



Gambar 2. Grafik kejadian bencana alam di Indonesia periode 1907-2006 (disarikan dari CRED)

Kejadian bencana alam di Indonesia meningkat tajam setelah tahun 1966. Kejadian bencana alam terbanyak terjadi pada periode 10 tahun terakhir (1997-2006), yaitu 126 kasus. Selain itu, berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui tipe bencana terbanyak dan korban

relatif masih kurang mempertimbangkan faktor bencana. Hal ini dapat ditelusuri dengan melihat tajamnya peningkatan jumlah kejadian bencana alam setelah tahun 1966, karena periode setelah 1966 merupakan masa pembangunan intensif di Indonesia yang dimulai dengan Pem-



Gambar 3. Tipe bencana alam terbanyak di Indonesia 1907-2007 dan Korban jiwa menurut tipe bencana alam di Indonesia 1907-2007 (disarikan dari CRED)

bangunan Lima Tahun (PELITA) pertama pada tahun 1969. Peningkatan jumlah kejadian bencana setelah tahun 1966 mencapai 4 kali lipat dari yang semula sekitar 20 kasus menjadi sekitar 80 kasus. Tingginya jumlah bencana pada periode 10 tahun terakhir diperkirakan merupakan dampak reformasi tahun 1998. Sejak masa reformasi dimulai, kecenderungan untuk pemanfaatan kawasan tanpa mengindahkan daya dukung lingkungan cenderung meningkat, sebagai contoh, maraknya penebangan liar dan perambahan kawasan lindung menjadi daerah perkebunan atau permukiman. Akibat adanya alih fungsi kawasan tersebut, maka risiko bencana suatu daerah yang semula relatif rendah dapat berubah menjadi sangat tinggi.

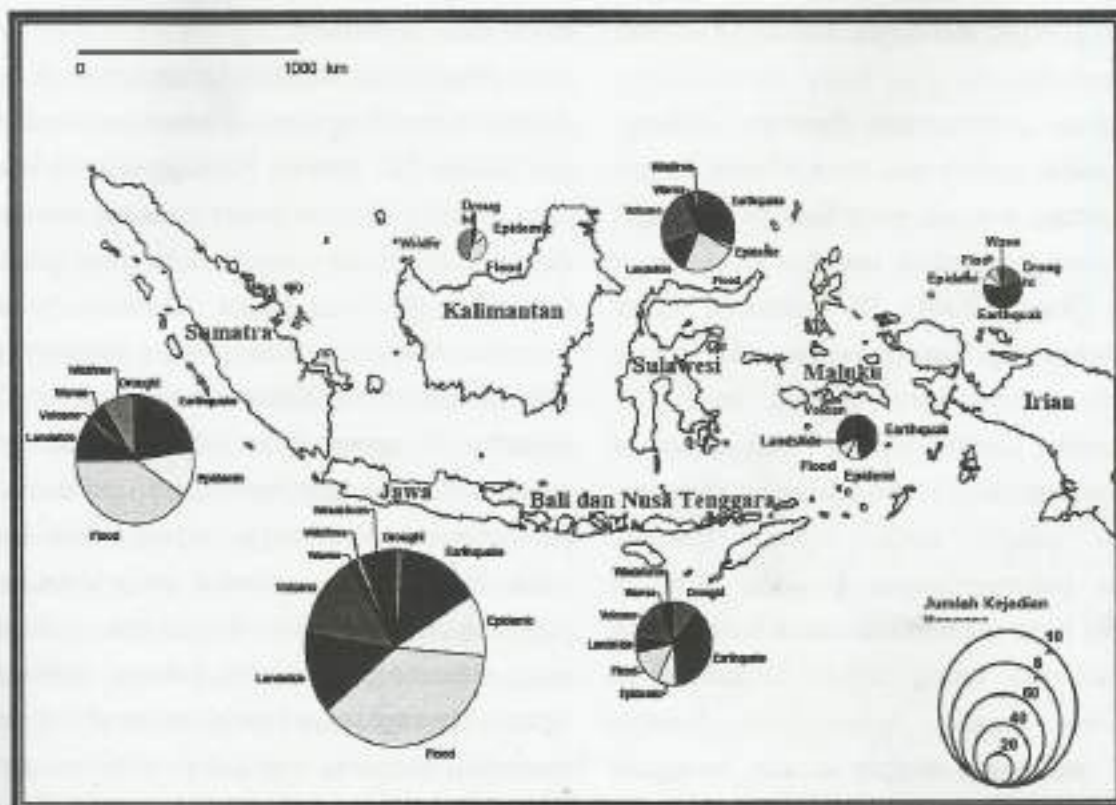
Selain data dari CRED, sebagai pembandingan digunakan juga data kejadian bencana alam di Indonesia 2002-2005 menurut Bakornas PB. Berdasarkan catatan Bakornas PB, jumlah kejadian bencana alam di Indonesia adalah 111 kasus. Kejadian bencana alam terbanyak adalah bencana banjir dengan 42 kasus. Posisi berikutnya ditempati oleh bencana longsor (28 kasus), diikuti oleh bencana kekeringan (20 kasus), angin topan (18 kasus), dan gempa bumi (11 kasus). Kejadian gelombang pasang/

abrasi dan letusan gunungapi masing-masing adalah 4 kasus. Basis data Bakornas PB berdasarkan kejadian pada skala provinsi dan periodenya lebih pendek, sedangkan basis data CRED mendasarkan pada skala nasional dan periodenya panjang sehingga kedua versi tersebut tidak dapat dibandingkan secara utuh. Walaupun demikian, kecenderungan bencana alam yang ada dapat dibandingkan. Bencana banjir memiliki jumlah kejadian terbanyak dalam jangka waktu panjang maupun pendek, sehingga penanganan bencana banjir sudah selayaknya menjadi prioritas utama pada tingkat nasional maupun daerah. Secara global, bencana banjir juga merupakan tipe bencana yang paling sering terjadi selama periode 2000-2006.

Jumlah dan distribusi tipe bencana secara nasional juga memiliki variasi berdasarkan kawasan pulau atau kepulauan. Gambar 5 menunjukkan variasi tipe dan jumlah bencana yang terjadi pada masing-masing kawasan selama periode 1907-Mei 2007 berdasarkan data dari CRED. Mengacu pada Gambar 5 tersebut, dapat diketahui bahwa jumlah dan tipe bencana alam terbanyak berada di pulau Jawa dan yang paling sedikit adalah di pulau Kalimantan. Sebagai pulau yang terpadat penduduknya di In-

donesia, Jawa merupakan kawasan yang memiliki jumlah kejadian bencana alam tertinggi dengan 125 kasus dari 9 tipe bencana alam. Setelah Jawa, kawasan pulau Sumatra juga termasuk kawasan yang memiliki cukup banyak tipe dan jumlah kejadian bencana alam, yaitu 87 kasus yang terdiri atas 8 tipe bencana alam. Kawasan Bali-Nusa Tenggara dan Sulawesi menempati posisi ketiga dan keempat,

pat dikatakan sebagai pulau yang memiliki risiko bencana alam tertinggi. Di samping itu, jumlah penduduk yang sangat padat di Jawa dapat mengakibatkan terjadinya kecenderungan peningkatan jumlah penduduk yang akan terkena dampak bencana alam. Sebaliknya, risiko bencana alam terendah di Indonesia adalah di kawasan pulau Kalimantan. Menilik tipe bencana alam yang ada di kawasan tersebut, po-



Gambar 4. Distribusi tipe dan jumlah kejadian bencana alam menurut kawasan di Indonesia (disarikan dari CRED, 2007)

dengan jumlah kasus 49 dan 46, yang terdiri atas 8 dan 7 tipe bencana alam. Irian berada di posisi kelima dengan 22 kasus dari 5 tipe bencana alam, diikuti oleh Maluku dengan 19 kasus dari 5 tipe bencana, dan terakhir Kalimantan dengan 18 kasus dari 4 tipe bencana alam.

Terkait dengan peringkat kawasan-kawasan tersebut dalam hal variasi tipe dan jumlah kejadian bencana alam, pulau Jawa da-

tensi terjadinya bencana akibat proses endogen (gempabumi dan letusan gunungapi) relatif tidak ada. Tipe bencana yang ada (kebakaran hutan, banjir, kekeringan, maupun wabah penyakit) pada dasarnya lebih mudah untuk ditangani karena penyebab bencana tersebut terkait erat dengan aktivitas manusia, tergantung pada kemauan pihak yang berkompeten dan ketepatan metode penanggulangannya.

3.4. Hidup Aman Bersama Bencana

Manajemen bencana alam merupakan isu global yang menjadi masalah utama di dunia, seiring dengan meningkatnya permasalahan akibat perubahan iklim global. Smith (2004) mengungkapkan, bahkan di negara yang sudah maju penanganan masalah bencana kebanyakan masih bersifat reaktif. Hal ini ditunjukkan dengan adanya aktivitas tanggap darurat yang seringkali lebih dominan daripada strategi proaktif yang dapat mencegah timbulnya korban akibat bencana.

Upaya pengurangan bencana kadang-kadang tidak terarah dan tidak efektif, karena masih terlalu banyak yang bersifat setempat dengan cara pemecahan masalah yang sangat terbatas (Smith, 2004). Di Indonesia, upaya untuk mengurangi dampak bencana alam secara sistematis relatif baru dimulai sejak dikeluarkannya Undang-undang (UU) nomor 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana. Sebelum adanya undang-undang tersebut, program penanggulangan bencana alam di Indonesia tidak memiliki landasan hukum yang kuat, sehingga sering terjadi ketidakpaduan penanganan masalah kebencanaan. Sebagai contoh, pada masa tanggap darurat, seringkali timbul masalah dalam hal pengelolaan bantuan yang terkadang dapat menimbulkan konflik antar berbagai pihak yang terlibat dalam proses tersebut.

Menurut UU tersebut, pencegahan bencana adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan risiko bencana, baik melalui pengurangan ancaman bencana maupun kerentanan pihak yang terancam bencana. Dalam hal penanggulangan bencana, pemerintah dapat menetapkan daerah rawan bencana menjadi daerah terlarang untuk permukiman. Salah satu upaya penanggulangan

bencana dalam situasi tidak terjadi bencana adalah pelaksanaan dan penegakan rencana tata ruang. Adapun dalam kondisi ada potensi bencana, dilakukan kegiatan mitigasi untuk mengurangi risiko bencana bagi masyarakat yang tinggal pada kawasan rawan bencana, yang meliputi pelaksanaan penataan ruang, pengaturan pembangunan, pembangunan infrastruktur, tata bangunan, dan penyelenggaraan pendidikan, penyuluhan, dan pelatihan baik secara konvensional maupun modern.

Penanganan masalah kebencanaan di Indonesia diharapkan menjadi semakin baik dengan adanya UU tentang Penanggulangan Bencana tersebut. Pembangunan nasional maupun daerah di Indonesia yang sudah berjalan selama lebih dari 40 tahun dapat dikatakan belum mempertimbangkan faktor potensi bencana secara proporsional. Fakta berdasarkan grafik (Gambar 2) menunjukkan bahwa jumlah bencana alam meningkat tajam justru pada masa pembangunan di berbagai bidang mulai berjalan. Pertumbuhan penduduk yang terus berlangsung dan semakin banyaknya manusia yang menempati zona-zona bahaya, ditambah dengan meningkatnya kesejahteraan akibat pertumbuhan ekonomi, merupakan beberapa penyebab meningkatnya potensi kerugian akibat bencana (Smith, 2004).

Potensi terjadinya bencana alam akibat kegiatan pembangunan relatif belum memperoleh perhatian yang layak, sehingga program mitigasi bencana alam sudah selayaknya memperoleh prioritas utama dalam pembangunan di tingkat nasional maupun daerah. Adanya program mitigasi bencana alam memiliki tujuan agar dapat meminimalkan potensi kerugian apabila terjadi bencana lagi di masa mendatang, karena tidak mungkin untuk menghilangkan potensi bencana tersebut. Pada akhirnya, ke-

beradaan program mitigasi bencana alam yang terpadu merupakan syarat utama untuk dapat hidup aman berdampingan dengan bencana, tanpa harus mengurangi intensitas program pembangunan di semua kawasan.

4. Kesimpulan

Bencana alam merupakan permasalahan global dan tidak hanya menjadi masalah di negara-negara yang sedang berkembang seperti di Indonesia. Secara global, selama tahun 2006 Indonesia dalam hal bencana alam menempati urutan pertama dan ketujuh dalam klasifikasi jumlah korban jiwa (5.778 dan 802 jiwa). Adapun berdasarkan klasifikasi negara yang paling sering dihantam bencana alam, Indonesia menempati peringkat ketiga bersama Filipina dengan 20 kasus

Kejadian bencana alam di Indonesia meningkat 4 kali lipat setelah tahun 1966, dengan jumlah kejadian terbanyak (126 kasus) diperoleh pada periode 1997-2006. Peningkatan jumlah kejadian bencana alam di Indonesia merupakan dampak pembangunan intensif yang dimulai sejak PELITA pertama. Tingginya jumlah bencana pada periode 1997-2006 merupakan dampak reformasi tahun 1998. Bencana banjir adalah tipe terbanyak yang terjadi di Indonesia, sehingga penanganan bencana banjir merupakan prioritas utama dalam pembangunan. Secara global, bencana banjir juga merupakan tipe bencana yang paling sering terjadi selama periode 2000-2006. Selama periode 1907-2006, jumlah dan tipe bencana alam terbanyak di Indonesia berada di pulau Jawa (125 kasus, 9 tipe) dan yang paling sedikit adalah di pulau Kalimantan (18 kasus, 4 tipe). Pulau Jawa merupakan pulau yang memiliki risiko bencana alam tertinggi, sedangkan pulau Kalimantan adalah kawasan yang memiliki risiko

bencana alam terendah.

Upaya untuk mengurangi dampak bencana alam secara sistematis di Indonesia relatif baru dimulai sejak UU nomor 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana ditetapkan oleh pemerintah. Penanganan masalah kebencanaan di Indonesia diharapkan menjadi semakin baik dengan adanya UU tersebut. Program mitigasi bencana alam sudah selayaknya memperoleh prioritas utama dalam pembangunan di tingkat nasional maupun daerah. Program mitigasi bencana alam yang terpadu merupakan syarat utama untuk dapat hidup aman berdampingan dengan bencana, tanpa harus mengurangi intensitas program pembangunan di semua kawasan.

Daftar Pustaka

- Anonim, 2007, *Undang-undang nomor 24 tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana*, Lembaran Negara Republik Indonesia tahun 2007 nomor 66, Jakarta.
- Bakornas PB, *Statistik Bencana di Indonesia* (<http://www.bakornaspb.go.id/new/id/index.php> - selected item: "Statistik bencana"; update 28 Mei 2007)
- Bryant, E., 2005, *Natural Hazards*, Second Edition, Cambridge University Press, Cambridge, 312 pp.
- CRED, *Top 10 Natural Disasters in Indonesia* (<http://www.em-dat.net/disasters/countryprofiles.php> - selected item: "Natural Disasters-Indonesia-Display Country Profile", update 28 Mei 2007)
- Nott, J., 2006, *Extreme Events A Physical Reconstruction and Risk Assessment*, Cambridge University Press, Cambridge, 297 pp.
- Smith, K., 2004, *Environmental Hazards Assessing Risk and Reducing Disaster*,

- Fourth Edition, Routledge, London, 306 pp.
- UN-ISDR, *Three European Countries among the Top Ten Deadliest Disaster of 2006* (<http://www.unisdr.org/eng/media-room/press-release/2007/pr-2007-01-Top-ten-deadliest-disasters-2006.pdf>, update 15 Februari 2007)
- UN-ISDR, *2006 disasters in numbers* (<http://www.unisdr.org/eng/media-room/press-release/2007/2006-Disaster-in-number-CRED-ISDR.pdf>, update 15 Februari 2007)
- van Aalst, M.K., 2006, The impact of climate change on the risk of natural disasters, *Disasters*, 30(1) pp 5-18.



RISIKO BENCANA TERHADAP BENDA CAGAR BUDAYA Kasus Bencana Gempabumi di Yogyakarta dan Jawa Tengah

Ign. Eka Hadiyanta¹

Ananta Purwoarminta²

¹ Balai Pelestarian Peninggalan Purbakala (BP3) DI. Yogyakarta

² Pusat Studi Bencana (PSBA) Universitas Gadjah Mada

Abstract

Yogyakarta is areas that have a high history value and culture. Various cultural heritage objects founds in this area, for example temple, palace, mausoleum, folk house, and others. Cultural heritage is invaluable properties in price and must be preserved. Yogyakarta also strike by disaster very often. The disasters has many damage to cultural heritage object especially earthquake disaster. According to history of earthquake, that Yogyakarta and its surroundings have experienced not less than ten (10) times big earthquake with destroying effect, since 19th century (1867) until year 2006. To lessen disaster risk, it can be done by applying disaster management. In lessening disaster risk can be done by doing many activity, before disaster, when disaster and after disaster.

Keywords: cultural heritage, earthquake, disaster management, disaster risk

I. Pendahuluan

Indonesia merupakan daerah yang rawan dan berisiko tinggi terhadap bencana. Tidak sedikit bencana yang datang secara periodik, namun negara ini masih belum siap menghadapinya. Manajemen bencana masih belum diterapkan secara baik, sehingga masih banyak korban berjatuhan akibat bencana. Salah satu upaya dalam meminimalkan korban adalah dengan menerapkan manajemen bencana (*disaster management*). Penerapan manajemen bencana ini tidak hanya melibatkan pemerintah, tetapi juga melibatkan masyarakat. Salah satu bagian dalam manajemen bencana adalah manajemen risiko bencana (*disaster risk management*).

Manajemen risiko bencana merupakan upaya terencana dalam meminimalkan risiko bencana melalui tindakan perencanaan demi keamanan dan kesejahteraan masyarakat. Perencanaan tersebut dapat berupa perencanaan tata ruang daerah yang berbasis bencana, perencanaan penerapan sistem peringatan dini, menemuknenali pengetahuan lokal (*local*

knowledge), sosialisasi, pendidikan kebencanaan maupun pemberdayaan masyarakat. Melalui berbagai upaya tersebut, diharapkan pengurangan risiko bencana (*disaster risk reduction*) dapat di maksimalkan.

Menurut WMO untuk melakukan manajemen risiko (*risk management*) perlu terlebih dahulu penilaian risiko (*risk assessment*). Risiko bencana dinilai berdasarkan tipe bahaya atau bencana yang terjadi, tingkat kerawanan sesuatu obyek terkena bencana (*vulnerability*), serta nilai risikonya. Penilaian aspek risiko bergantung pada tipe ancaman, tingkat kerentanan terkena ancaman dan nilai risikonya.

Risiko (*risk*) bencana merupakan prakiraan kerugian atau kehilangan akibat suatu bencana terhadap elemen yang menghadapi risiko dimasa depan dalam suatu periode waktu tertentu (UNDP/UNDRO, 1992). Perhitungan risiko umumnya mempertimbangkan jenis dan besaran kehilangan atau kerugian. Parameter yang digunakan adalah biaya ekonomi, karena semua tipe kerugian dapat dikonversikan ke dalam besaran biaya ekonomi. Efek yang

dianggap sebagai biaya ekonomi disebut kerugian *tangible*, sedangkan yang tidak dapat dikonversikan ke dalam nilai uang disebut kerugian *intangible*.

Kebudayaan memiliki suatu sistem yang saling terkait satu sama lain. Sistem tersebut dapat dibagi menjadi sistem yang bersifat *tangible* (bisa dinilai dengan nilai materi) dan sistem yang bersifat *intangible* (tidak dapat dinilai dengan nilai materi). Valuasi risiko bencana terhadap peninggalan budaya tersebut menyesuaikan dengan nilainya. Untuk merusak sistem yang bersifat *intangible* akan cenderung lebih mahal dan susah untuk diinventaris daripada kerusakan sistem yang bersifat *tangible* (Haryono, 2006).

Kerugian *tangible* lebih mudah dihitung kerugiannya apabila dibandingkan dengan kerugian *intangible* karena kerugian *intangible* tidak dapat dihitung dalam nilai uang atau tidak dapat dihitung harganya. Sebagai contoh adalah kerusakan benda warisan budaya. Benda warisan budaya mempunyai nilai kultur dan sejarah yang tinggi dan tidak dapat dikonversikan ke dalam nilai uang. Hal ini dikarenakan semua benda warisan budaya (*cultural heritage*) merupakan hasil pemikiran dan kegiatan manusia masa lalu dianggap bernilai tinggi, bahkan sering dinyatakan orang sebagai benda yang tidak ternilai harganya. Tapi manusia cenderung memperhitungkan kerugian ekonomi saja dan melupakan kerugian secara kultur sejarahnya.

Indonesia merupakan negara yang kaya akan budaya dengan keanekaragaman suku bangsa. Setiap suku bangsa memiliki budaya yang berbeda-beda dengan keunikan yang berbeda pula. Peninggalan budaya tersebut tidak hanya dalam bentuk adat istiadat tetapi juga dalam bentuk benda peninggalan budaya. Berbagai peninggalan budaya tersebut harus dipertahankan. Benda-benda peninggalan budaya seperti candi ataupun tempat ibadah mem-

punyai tingkat keunikan dan budaya yang tinggi. Selain tingkat keunikan dan budayanya, benda tersebut juga mempunyai nilai sejarah. Keunikan budaya dan sejarah adalah aspek yang tidak ternilai harganya.

Namun, selain kaya akan budaya Indonesia juga kaya akan ancaman. Karena banyaknya ancaman, maka benda-benda warisan budaya tersebut mempunyai potensi bahaya yang tinggi. Sehingga benda-benda tersebut perlu dijaga keberadaannya terutama saat menghadapi ancaman yang bisa menimbulkan bencana. Apabila benda peninggalan budaya tersebut hancur akibat ancaman yang selanjutnya akan disebut bencana, maka tentu saja dapat mengurangi nilai sejarah dan kultur benda tersebut, bahkan kultur Indonesia.

Yogyakarta merupakan daerah yang mempunyai nilai sejarah dan kultur yang sangat tinggi. Berbagai benda warisan budaya banyak ditemukan di daerah ini, misalnya candi, kraton, makam, tempat ibadah, rumah adat dan lain sebagainya. Warisan budaya merupakan kekayaan yang tidak ternilai harganya dan wajib dilestarikan. Namun tidak dapat dipungkiri bahwa Yogyakarta juga merupakan daerah yang sering dilanda berbagai macam bencana. Bencana telah banyak mengakibatkan kerusakan terhadap benda-benda warisan budaya terutama bencana gempabumi.

II. Kondisi Budaya dan Bencana

Wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) dan sebagian Jawa Tengah dikenal sebagai daerah rawan bencana, khususnya bencana gempabumi tektonik sebagai akibat adanya fenomena geologis. Fenomena tersebut memunculkan sesar-sesar aktif diantaranya sesar Opak Oya, sesar Prambanan Jiwo, dan patahan mikro lainnya yang terdapat di wilayah Bantul, Kota Yogyakarta, Sleman, bahkan sekitar Klaten, Jawa Tengah. Sesar-sesar tersebut

membujur dari arah barat daya ke arah timur laut (Sunarto, 2006, Jaya Murjaya, 2006). Oleh karena itu, di sekitar wilayah tersebut ditemui kerusakan dan kerugian harta benda yang signifikan, sebagai dampak gempabumi yang terjadi.

Berdasarkan catatan pustaka, bahwa tingkat kegempaan (*seismisitas*) terutama gempa bumi tektonik, pernah terjadi berulang kali dan kejadiannya tanpa dapat diperkirakan sebelumnya. Bagi kehidupan manusia fenomena tersebut mempunyai dampak luas, baik langsung maupun tidak langsung. Dampak langsung yang terjadi dalam kehidupan antara lain: kerusakan arsitektural dan struktur, korban jiwa, dan harta benda lainnya. Bahkan berdampak juga pada proses perubahan lingkungan geografis dan geologis. Dampak tidak langsung berpengaruh kepada kondisi sosial, ekonomi, dan psikologis masyarakat.

III. Sejarah Gempabumi dan Kerusakan Warisan Budaya

Mengingat Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah bagian selatan merupakan wilayah yang mempunyai potensi sumber daya budaya yang besar, maka gempa juga berdampak kepada kerusakan budaya artefaktual, baik monumen maupun benda-benda Bergeraknya. Oleh karena itu, harus dipahami apabila gempabumi dapat dikatakan merupakan salah satu faktor pengaruh eksternal bagi ancaman kelestarian sumber daya budaya artefaktual. Terutama di sekitar wilayah yang merupakan jalur sesar-sesar aktif seperti tersebut di atas. Menurut catatan sejarah kegempaan, bahwa wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta dan sekitarnya pernah mengalami tidak kurang dari sepuluh (10) kali gempa besar dan berdampak merusak, yaitu sejak abad ke-19 (1867) sampai dengan tahun 2006. Secara rinci catatan gempa tektonik yang pernah terjadi adalah sebagai berikut:

3.1 Gempabumi tektonik, 10 Juni 1867

Gempabumi pada tanggal 10 Juni 1867 tersebut terjadi pada hari Senin Wage, Pukul 05.00 Wib atau tanggal 7 Sapar, tahun Ehe 1796 (Jw). Getaran gempa terasa sampai dengan wilayah Surakarta dan sebagian Jawa Tengah dan intensitas gempa kira-kira VIII – IX MMI (*Modified Mercalli Intensity*). Dampak gempa yaitu berakibat rusak dan robohnya rumah-rumah penduduk serta bangunan-bangunan penting dan korban jiwa meninggal. Secara khusus ada beberapa sumber daya budaya yang roboh dan rusak, antara lain:

- a. Serambi Masjid Gedhe Kauman, Kraton struktur bangunan mengalami kehancuran. Hal itu dibuktikan dengan adanya prasasti pembangunan kembali yang tertulis di atas pintu bangunan serambi masjid bawah sisi selatan (dengan huruf dan bahasa Jawa) dan dengan bahasa Arab di atas pintu serambi bawah sisi utara. Hancurnya Serambi Masjid Gedhe (*...kala rebahipun kagungan dalem surambi menara hageng Ngayogyakarta awit dening kening pracialika lindu ...*) ditandai dengan candra sengkala *obahing gapura swara tunggal* (1796 Jw). Serambi tersebut direhabilitasi kembali oleh Sri Sultan Hamengku Buwono VI pada Kamis Kliwon, Jumadilakhir, tahun Jimawal dengan candra sengkala *pandita trus giri nata* (1797 JW).
- b. Pesanggrahan Tamansari, yaitu gugusan bangunan Pulo Kenanga di sebagian atap dan dinding roboh, segaran Tamansari kering, Pongangan Peksi beri runtuh sebagian atap, Umbul Binangun rusak berat dan bagian bangunan bertingkat patah, Gedong Madaran, dan beberapa gugusan bangunan mengalami retak-retak.
- c. Tugu Golong-Gilig hancur dan direnovasi kembali pada masa Sri Sultan Hamengku Buwono VII yaitu pada 7 Sapar tahun Alip 1819 Jw dengan candra sengkala *Wiwara*

Harja Manggala Praja (3 Oktober 1889). Di samping itu, menyebabkan kerusakan dan Sebagai penanggungjawab kegiatan yaitu hancurnya sumber daya budaya, antara lain :

- a. Patih KGPAA. Danurejo V dan teknisi J.W.E. van Brussel. Renovasi tugu tidak mengembalikan seperti bentuk semula (golong-gilig), akan tetapi dengan bentuk seperti yang terlihat saat ini.
- d. Gedung Agung atau dahulu dikenal dengan nama Gedung Residen Yogyakarta (Loji Kebun) yang dibangun pada tahun 1824 M mengalami kerusakan berat. Gedung Agung kemudian dilakukan renovasi kembali oleh Residen Bosch dan beberapa bangunan dapat diselesaikan sekitar tahun 1869 M.

3.2 Gempabumi tektonik, 25 Mei 2001

Gempabumi tektonik tanggal 25 Mei 2001 atau Jumat Legi, tahun Je, 1934, berkekuatan 6.2 SR terjadi di Samudra Hindia selatan wilayah Yogyakarta kira-kira dengan kedalaman 95 Km. Episentrum gempa di 8,62° LS dan 110,11° BT terjadi pada pukul 12.10 WIB. Beberapa bagian gugusan bangunan di lingkungan kraton mengalami kerusakan ringan dan sedang, serta bagian Pulo Kenanga sisi timur di Situs Tamansari mengalami kerusakan ringan.

3.3 Gempabumi tektonik, 27 Mei 2006

Gempabumi tektonik tanggal 27 Mei 2006 atau Sabtu Wage, 28 Jumadilawal tahun Alip 1399 Jw berkekuatan 5.9 SR. Pusat gempa di Samudra Hindia sekitar 25 Km selatan Yogyakarta pada kedalaman 11.87 Km. Gempa terjadi pada pukul 05.55 WIB di dekat pantai dengan posisi koordinat 8.03 ° LS dan 110.32 ° BT. Getaran gempa terasa sampai dengan Klaten, Surakarta, Pacitan, Purworejo, Wonosobo, dan sebagian Jawa Tengah. Gempa tersebut banyak menimbulkan kerusakan dan korban jiwa, baik di Yogyakarta dan Jawa Tengah. Bangunan hancur total 84.643 bangunan, rusak berat 135.451, 188.234 rusak ringan serta 5857 orang meninggal dunia dan 37.229 luka-luka.

a. Di Daerah Istimewa Yogyakarta meliputi situs-situs antara lain:

a) Candi-candi di kompleks Candi Prambanan dan beberapa candi lainnya.



Gambar 1. Kerusakan candi Prambanan akibat bencana gempabumi Yogyakarta dan Jawa Tengah 2006 (dok. PSBA, 2006)

b) Bangsal Trajumas Kraton Yogyakarta, beberapa bangsal lainnya, dan arca dwi naga ras tunggal.



Gambar 2. Lokasi Bangsal Trajumas Kraton Yogyakarta yang mengalami runtuh (Dok. Bp3 DIY)

c) Enam buah bastion benteng Kraton Yogyakarta, beberapa bagian benteng dan beberapa dalem pangeran.

d) Beberapa bagian Pesanggrahan Tamansari di Kraton Yogyakarta.



Gambar 3. Salah satu bastion di Pojok Benteng Kraton Yogyakarta bagian barat daya runtuh (Dok. Bp3 DIY)



Gambar 6. Reruntuhan keir menuju Makam Panembahan Senopati di Kotagede (Dok. BP3 DIY)



Gambar 4. Kondisi reruntuhan Gedong Pulo Kenanga Pesanggrahan Tamansari (Dok. BP3 DIY)

- f) Di wilayah Imogiri antara lain: Kompleks Makam Pajimatan Imagiri, Makam Girilaya, Makam Banyusumurup, dalem bupati puralaya Kraton Yogyakarta, dalem juru kunci Kraton Surakarta, dan pasar tradisional.



Gambar 7. Kondisi kerusakan akibat gempa Gapura Makam Kasuwargan Hamengku Buwana I, Pajimatan Imagiri (Dok. BP3 DIY)

- e) Kompleks Masjid Makam Kotagede dan rumah-rumah tradisional di Kotagede



Gambar 5. Kolom kuncungan Masjid Mataram Kotagede mengalami patah (Dok. BP3 DIY)

- g) Gereja Ganjuran dan tempat ibadah lainnya, serta bangunan-bangunan bergaya indis.
h) Di samping itu juga menyebabkan kerusakan beberapa benda bergerak koleksi museum di Kraton dan Taman Wisata Prambanan serta di ruang koleksi Plered, dan koleksi Balai Pelestarian Peninggalan Purbakala Yogyakarta. Bahkan di berbagai kawasan juga menyebabkan kerusakan beberapa potensi budaya lainnya.

b. Di daerah Jawa Tengah terutama wilayah bagian selatan, gempa bumi tektonik juga menyebabkan kerusakan berbagai sumberdaya budaya, antara lain:

- a) Beberapa candi di kompleks Candi Sewu.
- b) Beberapa candi di kompleks Candi Plaosan Lor dan Candi Plaosan Kidul.
- c) Candi Sojiwan.
- d) Kompleks Makam Sunan Pandanaran dan Masjid Gala di Bayat, Klaten.
- e) Beberapa rumah tradisional di sekitar Kabupaten Klaten.
- f) Stasiun kereta api di Kecamatan Prambanan, Klaten.

Di samping itu, wilayah Yogyakarta dan Jawa Tengah juga mengalami beberapa gempabumi tektonik tetapi tidak mengakibatkan dampak kerusakan sumberdaya budaya yang signifikan. Catatan-catatan gempabumi tersebut antara lain:

- Gempabumi tektonik, 27 September 1937
- Gempabumi tektonik, 23 Juli 1943
- Gempabumi tektonik, 12 Oktober 1957
- Gempabumi tektonik, 14 Maret 1981
- Gempabumi tektonik, 9 Juni 1992
- Gempabumi tektonik, 19 Agustus 2004
- Gempabumi tektonik, 19 Juli 2005

IV. Pengurangan Risiko Bencana

Upaya mengurangi risiko bencana pada benda peninggalan budaya dapat dilakukan dengan penerapan manajemen bencana pada daerah peninggalan budaya dengan melibatkan pemerintah, masyarakat dan akademisi. Menurut Jigyasu (2007), kegiatan pengurangan risiko bencana dilakukan dengan mengacu tahapan-tahapan kebencanaan yaitu melakukan penanganan mulai dari sebelum terjadi bencana, saat terjadi bencana dan sesudah terjadi bencana.



Gambar 8. Pengurangan Risiko Bencana Terhadap Warisan Budaya (Jigyasu, 2007)

4.1. Tahap Sebelum Terjadi Bencana

Sebelum terjadi bencana yang dilakukan adalah kegiatan penanggulangan bencana. Penanggulangan bencana dapat dilakukan dengan inventarisasi benda-benda peninggalan budaya dan inventarisasi ancaman. Inventarisasi benda peninggalan budaya dilakukan dengan tujuan apabila terjadi bencana maka dapat digunakan untuk memverifikasi data sebelum dan setelah bencana. Kegiatan selanjutnya adalah mengidentifikasi potensi ancaman yang mungkin terjadi di daerah tempat peninggalan budaya. Identifikasi tersebut dilakukan dengan pemetaan bahaya maupun risiko bencana yang dilakukan analisis bahaya dan risiko bencana. Harapannya adalah adanya rekomendasi mengenai tingkat risiko bencana, sehingga dapat dilakukan kegiatan kesiapsiagaan dalam menghadapi bencana.

4.2. Tahap Saat Terjadi Bencana

Tahap saat terjadi bencana kegiatan yang dilakukan adalah tanggap darurat. Kegiatan tanggap darurat dilakukan dengan perhitungan

secara cepat dan tepat korban, kerusakan dan kebutuhan serta untuk pemberian bantuan. Kegiatan ini bertujuan untuk mempercepat pemberian bantuan dan pemulihan korban, kerusakan dan aktivitas yang terhenti akibat bencana.

4.3. Tahap Setelah Terjadi Bencana

Tahap setelah terjadi bencana adalah dengan melakukan rehabilitasi dan rekonstruksi. Pada tahap ini adalah tahap untuk mengembalikan fungsi dan kondisi kembali seperti semula dan mengembangkannya menjadi lebih baik. Rehabilitasi dan rekonstruksi ini dapat dilakukan dengan pemugaran candi. Pemugaran candi tersebut harus memperhatikan banyak faktor. Tahap ini juga harus disesuaikan dengan data-data yang dikumpulkan sebelum terjadi bencana. Apabila daerah tersebut merupakan rawan bencana gempa bumi, maka dalam melakukan pemugaran harus dibuat candi yang tahan terhadap gempa bumi dengan memberi perekat antar batu/batubata yang kuat. Begitu juga dengan kemungkinan terjadinya bencana yang lain. Selain pengamatan pada kondisi lingkungan, pembuatan miniatur bangunan peninggalan budaya tersebut juga perlu dilakukan sebagai upaya mencegah hilangnya nilai arkeologis dan keunikan candi atau benda peninggalan budaya yang lain.

V. Kesimpulan

Yogyakarta merupakan kota budaya yang mempunyai banyak benda-benda peninggalan budaya. Disisi lain, Yogyakarta merupakan daerah yang mempunyai tingkat ancaman bencana cukup tinggi terutama bencana gempa bumi. Hal ini dapat dibuktikan dengan berbagai data sejarah kegempaan di Yogyakarta dan banyaknya benda-benda peninggalan budaya yang rusak akibat terjadinya bencana tersebut.

Kegiatan penanggulangan bencana harus dilakukan, dengan tujuan untuk mengurangi risiko bencana. Penanggulangan bencana dilakukan mulai berdasarkan tahap-tahap kebencanaan. Mulai dari sebelum terjadi bencana, saat terjadi bencana maupun sesudah terjadi bencana. Apabila tahap-tahap kebencanaan dilakukan dengan baik dan mengacu pada sistem yang ada seperti undang-undang, maka penanggulangan bencana terhadap benda cagar budaya dapat dilakukan dengan baik dan risiko bencana dapat dikurangi.

Daftar Pustaka

- Carter, W.N. 1991, *Disaster Management*, Asian Development Bank, Manila, Philippines
- Catatan Kegempaan, Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG), Stasiun Geofisika DIY.
- Gegeven Over Djokjakarta*, 1925, 1926 b.
- Jigyasu, Rohit, 2005, *Cultural Heritage Risk Management Issues and Chalanges*, *Cultural Heritage Risk Management*, World Conference on Disaster Reduction, Kyoto, Ritsumeikan University, Japan
- Jigyasu, Rohit, 2007, *Concepts & Principles of Disaster Risk Management of Cultural Heritage*, Training-Workshop on Disaster Risk Management For Cultural Heritage, Yogyakarta
- Kompas*, 29 Mei 2006.
- Kedaulatan Rakyat*, 21 Agustus 2006.
- Laporan Pendataan Masjid Gedhe Kauman Yogyakarta*, Suaka Peninggalan Sejarah dan Purbakala, DIY, 2000.
- Laporan Studi Teknis Arkeologi Situs Tamansari*, Suaka Peninggalan Sejarah dan Purbakala, DIY, 1996.

- Haryono, T, 2006, *Tanggapan Atas Makalah Nilai Peninggalan Budaya Yang Terselamatkan*, Seminar Nasional Pelacakan Valuasi Risiko Bencana, Pusat Studi Bencana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Mundarjito. 2006, *Nilai Peninggalan Budaya Yang Terselamatkan*, Seminar Nasional Pelacakan Valuasi Risiko Bencana, Pusat Studi Bencana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Purwoarminta, A, 2007, *Risiko Bencana Terhadap Cultural Heritage*, http://www.sutikno.org/index.php?option=com_content&task=view&id=44&Itemid=43, last update 24 Agustus 2007
- Purwoarminta, A, 2007, *Mitigasi Bencana Banjir di Yogyakarta Belajar dari Banjir Jakarta*http://www.sutikno.org/index.php?option=com_content&task=view&id=43&Itemid=49, last update 24 Agustus 2007
- Sengara, I.W, 2007, *Tindakan Teknis Untuk Pencegahan dan Mitigasi Bencana Dari Warisan Budaya*, Training-Workshop on Disaster Risk Management For Cultural Heritage, Yogyakarta
- Sunarto, 2006, *Arti Penting Valuasi Benda-Benda Warisan Budaya Dalam Analisis Risiko Bencana*, Seminar Nasional Pelacakan Valuasi Risiko Bencana, Pusat Studi Bencana, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

**PENELITIAN PERILAKU TANAH GERAK
DENGAN ALAT PEMANTAU EKTENSOMETER DAN TILTMETER
DI KECAMATAN PEKUNCEN, BANYUMAS.**

Ir. Hariyadi Djamal, MT, Oriza Andamari, ST, Drs. Haryanto
Balai Sabo, Puslitbang Sumber Daya Air, Balitbang PU, Departemen PU

Abstract

The impact of soil movement in Cibangkong village, Pekuncen, Banyums Prefecture, are 140 houses were cracked 10 of them were hard damage, 1 house was destroyed and the other threatened and light damage. To anticipated the disaster we have to completed an information evacuate map with accurate to observe the speed of soil movement, with extensometer, the rainfall measurement and tilt meter to test the early warning system of landslide which simpleness and precisely utilize.

From research that have been done can be concluded some matters as following : according to the character of soil crack surface, the classification very slowly (< 10 cm / month), and need to form some local organization called Natural Disaster Care Community (Komunitas Peduli Bencana Alam) which handle the management of landslide natural disaster in lowest level.

Keywords : mass movement, monitoring, tilt meter and extensometer

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pada tanggal Desember 2004 telah terjadi gerakan tanah di Dusun. Gandusari, Desa. Cibangkong, Kec. Pekuncen, Kab. Banyumas, Provinsi. Jawa Tengah. Dampak terjadinya tanah gerak tersebut mengakibatkan 140 rumah warga mengalami retak-retak, 10 rumah diantaranya rusak berat, 1 rumah hancur, beberapa rumah rusak ringan dan terancam. Guna mengantisipasi bencana tersebut maka perlu dipersiapkan dan disusun suatu peta jalur evakuasi yang informatif sesuai peruntukannya yang berbasis masyarakat, meneliti perilaku kecepatan gerakan tanah dari pemantauan dengan alat ekstensometer melalui uji penerapan sistim peringatan dini bahaya longsor yang sederhana dan tepat guna.

1.2. Permasalahan umum

Daerah penelitian berada di wilayah Pulau Jawa pada jalur perbukitan yang rawan longsor dan banjir debris. Daerah perbukitan ini

tersusun dari batuan mudah lepas, tidak kompak, mudah hancur, punya kemiringan dasar sungai yang curam, jumlah curah hujan sekitar > 2000 mm/tahun serta adanya perubahan fungsi tata guna lahan.

Berlatar belakang kasus bencana longsor, tanah gerak yang menimbulkan kerusakan dan kerugian harta benda, materi maupun moril, guna mengantisipasi bencana tersebut dimasa datang, maka perlu dipersiapkan dan disusun suatu peta jalur evakuasi yang informatif sesuai peruntukannya yang berbasis dari tipe long-soran, meneliti perilaku kecepatan gerakan tanah dari pemantauan dengan alat ekstensometer melalui uji penerapan sistim peringatan dini bahaya longsor yang sederhana tepat guna untuk penduduk.

1.3. Maksud dan Tujuan

Penelitian ini dimaksudkan untuk penerapan uji coba alat pantau gerakan tanah guna mengetahui identifikasi dan karakteristik tipe long-soran yang terjadi, mengetahui perilaku

kecepatan gerakan tanah yang terjadi dan menerapkan sistem peringatan dini bahaya longsor yang sederhana yang tepat guna, membuat peta jalur evakuasi penyelamatan untuk pengamanan penduduk dari bencana longsor berbasis komunitas masyarakat setempat. Adapun tujuannya adalah membuat rasa aman kepada penduduk dengan dasar peta jalur evakuasi serta system pemantauan gerakan tanah dengan ekstensometer guna percontohan oleh pemerintah daerah setempat dalam penanggulangan bencana tanah longsor yang serupa ditempat lain.

1.4. Waktu dan Lokasi Kegiatan

Waktu kegiatan penelitian dilaksanakan pada tahun 2006 dimulai dari bulan Januari 2006 dengan kegiatan di lapangan yang dimulai bulan Maret 2006 dan sampai September 2007 masih berlanjut dengan kegiatan monitoring.

Lokasi kegiatan ini berada di wilayah Jawa Tengah di Dusun Gandusari, Desa Cibangkong, Kecamatan Pekuncen, Kabupaten Banyumas (Jawa Tengah). Dari kota Purwokerto berjarak lebih kurang 35 km kearah Barat, arah kota Ajibarang atau berjarak 3,4 km kearah Barat Laut dari Ajibarang.

2. Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- 1) Melakukan studi pustaka dan inventarisasi data;
- 2) Menyusun program penelitian, menyiapkan peta rupa bumi, alat pantau ekstensometer,
- 3) Tiltmeter dan alat penakar hujan (ARR);
- 4) Survai lapangan, pemilihan lokasi alat pantau, jalur evakuasi;
- 5) Analisis dan evaluasi data hasil survai lapangan;
- 6) Membuat peta dasar untuk jalur evakuasi sesuai peruntukannya;
- 7) Membuat laporan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kondisi Geologi dan Karakteristik Tanah Daerah Kecamatan Pekuncen

Wilayah Kecamatan Pekuncen memiliki ketinggian antara 400 - >1.400 m dpl, dengan lembah mengarah ke selatan sampai barat daya. Berdasarkan hasil survei lapangan, maka satuan geomorfologi di wilayah Kecamatan Pekuncen menunjukkan satuan geomorfologi Perbukitan Berelief Kasar dengan medan agak terjal mempunyai kemiringan lereng antara 20° - 45°.



Gambar 1. Peta lokasi daerah penelitian tanah gerak Dusun Gandusari, Desa Cibangkong, Kec. Pekuncen, Banyumas

Susunan litologi yang tersebar di Kec. ini. Pada daerah dengan kemiringan lereng terjal Pekuncen terdiri dari empat satuan batuan/ mempunyai kemiringan perlapisan batuan (*dip*) formasi, yaitu satuan batuan Endapan Lahar G. scarah dengan kemiringan lereng, maka akan Slamet (Qls), Batuan Gunungapi Slamet Tak rawan terjadinya gerakan tanah jenis longsoran. Teruraikan (Qvs), Formasi Halang (Tmph) dan Di Desa Cibangkong banyak dijumpai pemukim Formasi Rambatan (Tmr). Endapan Lahar G. -an yang terletak di daerah lereng yang terjal. Slamet tersebar di daerah dataran dan di Untuk pemantauan gerakan tanah tersebut telah sepanjang sungai. dilakukan pemasangan alat pantau longsoran

Untuk mengetahui indeks parameter tanah yang terdiri dari :
 yang bersal dari keempat formasi batuan a) **Alat Pantau Rekahan Permukaan Tanah** tersebut dilakukan pengujian contoh tanah, (*Extensometer*)
 sample yang diambil dari beberapa tempat di Alat pantau ini disebut ektensometer dengan daerah DAS Cibangkong di Banyumas. Sampel jenis otomatis dengan pembacaan secara harian diuji di laboratorium untuk mengetahui indeks dengan kertas baca mingguan. Ektensometer ini parameter tanah serta dilakukan pengujian dipasang sebanyak dua buah dengan kode nama analisa butiran untuk mengetahui distribusi Ektensometer 1 (E-1) dipasang pada koordinat butiran material. Hasil uji dapat dilihat pada E 7° 23' 43,7" dan L 109° 03' 11,9" pada Tabel 1. elevasi + 144 m dpl. Ektensometer 2 (E-2)

Tabel 1. Hasil pengujian tanah di laboratorium daerah tanah gerak Dusun Gandusari, Cibangkong, Kecamatan Pekuncen, Banyumas.

No	Kode Contoh	Elevasi	Kadar air	Berat Jenis	Berat isi	Angka pori	Sudut geser dalam	Kohesi	Batas cair	Batas plastis	Nilai plastis	Jenis tanah	Gravel	Sand	Silt	Clay
		M dpl	%	G _r /cm ³	G _s /cm ³	E	°	G _c /cm ²	LL	PL	PI		%	%	%	%
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.	BK 2	+ 410	52,7	2,52	1,16	1,13	34	0,06	67,2	45,0	22,3	OH-MH	5	25	53	17
2.	BK 5	+ 390	46,9	2,59	1,20	1,24	35	0,04	63,7	42,8	20,9	OH-MH	12	34	41	13
3.	BK 6	+ 355	53,4	2,47	1,24	1,24	32	0,02	67,0	50,2	16,7	OH-MH	10	38	37	15
4.	BK 8	+ 290	51,8	2,41	1,17	1,15	42	0,02	65,7	47,9	17,8	OH-MH	6	35	47	10
5.	P 23	+ 180	54,8	2,59	1,19	1,16	60	0,43	58,5	38,5	19,8	OH-MH	9	47	34	10
6.	P 16	+ 85	48,1	2,58	1,25	1,28	67	0,60	67,0	38,9	28,1	OH-MH	10	25	48	16
7.	P 11	+ 50	43,8	2,49	1,62	1,30	38	0,38	59,0	40,6	18,4	OH-MH	8	32	42	18
8.	P 6	+ 42	50,7	2,56	1,43	1,27	41	0,18	63,4	42,3	21,1	OH-MH	10	29	45	16

3.2. Gerakan Tanah di Dusun Gandusari, dipasang pada koordinat E 7° 23' 26,5" dan E 109° 03' 13,6" pada elevasi + 94 m dpl. Desa Cibangkong

Gerakan tanah yang terjadi di desa. Dari catatan yang terbaca dari rekaman Cibangkong termasuk jenis luncuran dan ektensometer E-2 terjadi gerakan perlahan nendatan. Perlapisan antara batupasir (perme- sampai April 2005 dengan kumulatif 2,54 cm abel) dengan batulempung (impermeabel), di dan dari gerakan pada Nopember 2006 ada bagian bawahnya, banyak dijumpai di daerah gerakan sangat kecil sebesar 0,2 cm pada

Ekstensometer E-2. Sementara itu dari rekaman terjadi desakan pada lapisan tanah yang gerakan pada Ektensometer E-1 relatif tidak ada menyebabkan deformasi di permukaan tanah gerakan.

Kesimpulan sementara bahwa terjadinya gerakan rekahan permukaan tanah dapat terjadi karena jumlah curah hujan tidak begitu banyak dan intensitas hujan juga tidak besar



Gambar 2. Ekstensometer otomatis yang dipasang di Desa. Cibangkong

b) Alat Pantau Deformasi Permukaan Tanah (Tiltmeter)

Alat pantau deformasi permukaan tanah ini disebut tiltmeter (T-1) dengan jenis manual dengan pembacaan secara harian atau mingguan tergantung musim panas dan saat musim hujan saat itu. Tiltmeter ini dipasang sebanyak dua buah dan berdekatan dengan alat ekstensometer dengan kode nama (T-1) dipasang pada koordinat E 7° 23' 43,47" dan L 109° 03' 12,2" pada elevasi + 144 m dpl. Tiltmeter 2 (E -2) dipasang pada koordinat E 7° 23' 26,35" dan E 109° 03' 13,27" pada elevasi + 94 m dpl.

Dari catatan yang dibaca mingguan pada T-1 terjadi deformasi perubahan permukaan tanah sampai April 2005 dengan arah ke timurlaut (N 32° 51' 20" E) dengan sudut inklinasi 30,231" dan deformasi gerakan pada November 2006 juga cenderung ke timurlaut (NE). Kesimpulan sementara bahwa terjadinya gerakan rekahan permukaan tanah dan disertai deformasi permukaan tanah terjadi karena pengaruh hujan yang menyebabkan ada terjadi gerakan tanah. Kemudian karena ada gerakan tanah maka



Gambar 3. Tiltmeter alat pantau pengukuran deformasi permukaan tanah akibat tanah gerak di Dusun. Gandusari, Cibangkong, Kec. Pekuncen, Banyumas

c) Alat Penakar Hujan Otomatis (ARR).

Data curah hujan pada daerah penelitian DAS S. Cibangkong, Banyumas diambil dari stasiun pencatat curah hujan Krajan dan Cibangkong Kecamatan Pekuncen, Banyumas, Pandansari dan Ajibarang, dari tahun 2000 sampai tahun 2006 dengan asumsi dapat mewakili sekitar DAS S. Cibangkong.

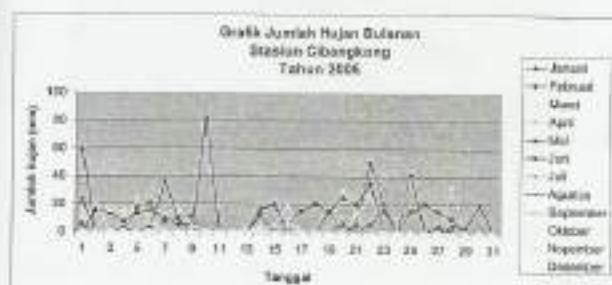
Berdasarkan peta curah hujan rerata tahunan Kabupaten Banyumas (Peta Curah Hujan Kabupaten Banyumas, BAPEDA Kabupaten Banyumas, 2000), besarnya intensitas hujan di daerah Kecamatan Pekuncen antara 2.000 sampai lebih dari 4000 mm/tahun. Di wilayah Kecamatan Pekuncen, daerah yang mempunyai curah hujan terendah terdapat di bagian selatan dan barat dengan curah hujan antara 2.000-3.000 mm/tahun. Daerah yang mempunyai curah hujan tertinggi terdapat di bagian utara dengan intensitas lebih dari 4.000 mm/tahun.

3.3. Mekanisme Gerakan Tanah pada Blok Desa Cibangkong

Gerakan tanah yang terjadi di daerah ini mempunyai jenis luncuran dan nendatan. Perlapisan antara batupasir (*permeabel*) dengan batulempung (*impermeabel*) pada bagian bawahnya, banyak dijumpai di daerah ini. Pada



Gambar 4. Pemasangan alat penakar curah hujan otomatis (ARR) di Desa. Cibangkong, Kecamatan. Pekuncen, Banyumas



Gambar 5. Grafik curah hujan Stasiun Cibangkong Tahun 2006

daerah dengan kemiringan lereng terjal dan mempunyai kemiringan perlapisan batuan (*dip*) searah dengan kemiringan lereng, maka akan rawan terjadi gerakan tanah jenis longsor. Di Desa Cibangkong banyak dijumpai pemukiman yang terletak di daerah lereng yang terjal.

Secara rinci gerakan tanah yang terjadi pada blok Cibangkong terutama pada RW 2 didaerah RT 01, 02, 03, dan 04. Tanda-tanda gerakan tanah dijumpai dengan rekahan pada permukaan tanah dengan lebar rekahan 1 cm hingga 5 cm. Rekahan dominan terdapat di RT 01 dan 02, yang mempunyai arah rekahan membujur N 90° E hingga N 180°. Sifat rekahan membuka akibat adanya gaya tarikan dari gerakan tanah yang bergerak perlahan mengikuti kemiringan lereng.

Akibat adanya gerakan perlahan dari gerakan tanah tersebut maka terjadilah rekahan di permukaan tanah dan selanjutnya bangunan

rumah yang berada di daerah rekahan ini maka akan turut rusak dan pecah pecah baik dinding rumah maupun lantai rumah.

Fenomena awal pergerakan tanah diawali dari gangguan kestabilan. Sifat gerakannya lambat akibat adanya infiltrasi air kedalam lapisan tanah melalui rekahan yang ada sehingga tanah menjadi kenyang air hujan yang turun dengan intensitas yang tinggi. Secara umum arah gerakan tanah yang terjadi pada Blok longsor 1 kearah Tenggara (N 130° E). Akibat gerakan tanah ini maka dapat ditengarai dari banyaknya rumah penduduk di wilayah RT 01 yang retak-retak dan rusak berat. Kemudian akibat terjadinya gerakan tanah pada blok longsor 1 maka kestabilan daerah blok 2 ikut terganggu sehingga terjadi gerakan tanah pada blok 2 ini dengan arah umum gerakan tanah ke timur laut (N 45° E). Indikasi kerusakan rumah yang rusak tidak sebanyak di wilayah RT 01 dan arah rekahan menunjukkan utara - selatan dengan sifat rekahan membuka.

Blok longsor 3 (bagian selatan pada peta) gerakan tanah kebanyakan terjadi dengan indikasi rekahan permukaan tanah pada batas kontak antara tanah penutup dengan batu andesit hasil intrusi di daerah ini. Indikasi di lapangan menunjukkan adanya undak-undak akibat penurunan permukaan tanah yang mengikuti kemiringan lereng dengan beda ketinggian yang terjal. Daerah gerakan tanah pada Blok longsor 3 tidak terlalu luas dan kerusakan yang terjadi juga tidak terlalu banyak dibanding dengan rumah yang rusak pada Blok Longsor 1 maupun 2.

Berdasarkan catatan kecepatan gerakan tanah yang dapat dipantau sejak Desember 2004 sampai Maret 2005, pada blok longsor 1 menunjukkan lebar 1,7 cm pada retakan jembatan (1,5 cm/3 bulan atau rata-rata 0,57 cm/bulan) dan pada April 2005 menunjukkan penurunan kecepatan gerakan tanah tercatat 0,2

cm. Penurunan kecepatan ini dimungkinkan penurunan kecepatan gerakan tanah tercatat 0,2 karena sudah menjelang akhir musim hujan cm. Penurunan kecepatan ini dimungkinkan dibandingkan dengan kecepatan gerakan tanah karena sudah menjelang akhir musim hujan yang terjadi pada Desember 2004 hingga Maret dibandingkan dengan kecepatan gerakan tanah 2005. Berdasarkan catatan yang ada di lapangan, yang terjadi pada Desember 2004 hingga Maret kecepatan gerakan tanah di Desa Cibangkong 2005. Berdasarkan catatan yang ada di lapangan rata-rata 0,50 cm/bulan. Sifat gerakan tanahnya kecepatan gerakan tanah di desa Cibangkong termasuk dalam klasifikasi lambat (< 0,3 m/ rata rata 0,50 cm/bulan dan berdasarkan bulan) berdasarkan klasifikasi sifat kecepatan klasifikasi sifat kecepatan gerakan tanah gerakan tanah menurut Buku Petunjuk menurut Buku Petunjuk Perencanaan Penang-Perencanaan Penanggulangan Longsor-an gulungan Longsor-an Departemen PU (SKBI Departemen PU (SKBI 2.3.06.1987 hal B 19). 2.3.06.1987 hal B 19) sifat gerakan tanahnya

Berdasarkan catatan kecepatan gerakan termasuk lambat (< 0,3 m/bulan). tanah yang dapat dipantau sejak Desember 2004 3.4. Upaya Penanggulangan. sampai Maret 2005 pada blok longsor-an 1 Dalam penelitian ini juga dilakukan upaya menunjukkan lebar 1,7 cm pada retakan penanggulangan tanah gerak, dengan membuat jembatan (1,5 cm/3 bulan atau rata-rata 0,57 perbaikan kemiringan lereng berupa bangunan cm/bulan) dan pada April 2005 menunjukkan terasiring serta drainase permukaan.

**PETA TOPOGRAFI DESA CIBANGKONG,
KEC. PEKUNCEN, BANYUMAS
(Survei Maret , 2005)**

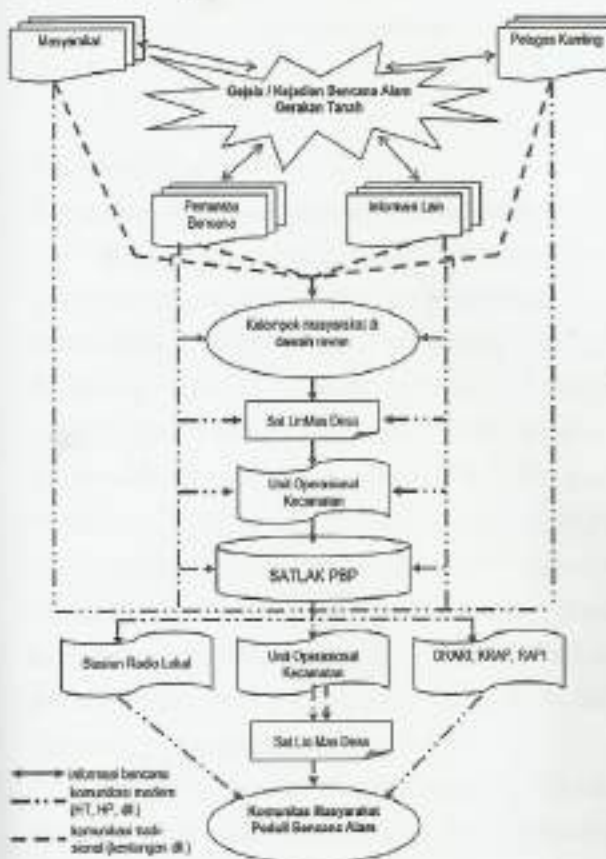


Gambar 6. Perkiraan blok longsor-an Ds. Cibangkong, Kec. Pekuncen, Kab. Banyumas

Stabilitas suatu bangunan penanggulangan juga piping yang disebabkan oleh rembesan bahaya longsor merupakan gambaran tidak serta jatuhnya air yang bercampur material, adanya perubahan tempat kedudukan bangunan terganggunya stabilitas suatu bangunan dapat dalam arah horizontal, vertikal yang disebabkan juga dari bahaya sliding pada tanah dasar tempat oleh gaya yang berkerja padanya. Gaya yang kedudukan suatu pondasi yang terdiri dari berkerja antara lain berat bangun itu sendiri, tekstur tanah liat dan lapisan endapan sedimen gaya geser bangunan, gaya guling (gaya angkat), sangat tipis.



Gambar 7. Bangunan terasering sebagai model percontohan dalam upaya penanggulangan tanah gerak di Dsn Gandusari, Ds. Cibangkong, Kec. Pekuncen, Banyumas



Gambar 8. Sistem Peringatan Dini yang dapat dikembangkan baik secara modern atau tradisional.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Berdasarkan sifat kecepatan pergerakan dari perilaku rekahan permukaan tanah di Dusun Gandusari, Cibangkong termasuk dalam klasifikasi sangat lambat (<10 cm/bln).
2. Dari hasil pemantauan alat terpasang, maka daerah Blok 1 adalah daerah yang banyak mengalami kerusakan akibat deformasi permukaan tanah.
3. Dalam rangka mengantisipasi bencana alam gerakan tanah maka perlu adanya pembentukan organisasi lokal Komunitas Peduli Bencana Alam, yang menangani masalah pengelolaan bencana alam tanah longsor di tingkat Desa di wilayah Kecamatan Pekuncen.

4.2 Saran

1. Perlu pengaktifan masing-masing sistim informasi dan peringatan dini, baik secara tradisional (kentongan dsb) oleh masyarakat maupun dengan peralatan *ektensometer* oleh instansi.
2. Monitoring alat pemantau yang sudah terpasang di lapangan perlu ditindak lanjuti terus dan seyogyanya peran partisipasi aktif warga setempat tetap dibina dalam wadah Komunitas Peduli Bencana Alam tanah longsor.

5. Ucapan Terima Kasih.

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Bapak Kepala PSBA UGM, Redaksi Jurnal PSBA UGM yang telah memberi ijin serta kesempatan dalam penerbitan jurnal ini. Kepada para Bapak Narasumber (Kepala Dinas Sumber Daya Air Pertambangan dan Energi, Kabupaten Banyumas beserta staf), kepada Bapak Narasumber (Asekbang, Setda Kabupaten Banyumas beserta staf) dan kepada seluruh anggota Tim Peneliti Balai Sabo yang telah membantu bekerjasama dengan baik.

Daftar Pustaka

Anonim. 2004. Sistem dan Prosedur Penanggulangan Bencana dan Penanganan

Pengungsi. Kabupaten Banyumas. SATLAK PBP Kabupaten Banyumas

Ariono Poerwanto BP. 2004. Pengelolaan Mitigasi Bencana Alam Gerakan Tanah di Kecamatan Pekuncen, Kabupaten Banyumas.- Tesis Program Program MPBA. Program Studi Teknik Sipil. UGM Yogyakarta (Tidak Publikasi).

BPS Kabupaten Banyumas. 2002. Kecamatan Pekuncen Dalam Angka 2002

Hariyadi Djamal dkk. 2006. Laporan Akhir Uji Coba Perangkat Lunak (Uji Penerapan Sistem Peringatan Dini Bahaya Longsor di Kedu Selatan dan Banyumas, Balai Sabo Puslitbang SDA Departemen PU.

KERUSAKAN TELAGA DOLIN DAN FAKTOR-FAKTORNYA DI WILAYAH PERBUKITAN KARST KABUPATEN GUNUNGKIDUL

Langgeng Wahyu Santosa

Jurusan Geografi dan Lingkungan, Fakultas Geografi, UGM

E-mail: wahyus_72@yahoo.co.id

Abstract

This research aimed to: (1) study the characteristic and problems of doline pond at karst topography in Gunungkidul Regency; (2) analyze the deterioration of doline pond, its influence factors, and the possible conservation method. This research employs survey method to measure every doline pond characteristics. In addition, purposive approach is applied to sample water quality. Afterward, scoring technique is used to analyze the doline pond degradation level that based on the type of the problems.

Research result shows that there are 282 doline ponds include within the research area. Among them, every doline pond experiences more than one problem. In general, 217 doline are dried up within dry season, 205 dolines confirm sedimentation to occur, and 165 dolines include within the critical land. The concentration of colli bacteria in the doline shows that generally dolines are polluted (colli bacteria 1500 s.d. >2400 MPN/100ml). There are 110 dolines contaminated by colli bacteria. Beside caused by colli bacteria, the water pollution in the doline pond is also caused by chemical agents, i.e. detergent, shoap, and shampoo. There are 124 dolines polluted by chemical agents. Lastly, there are 94 dolines that polluted by both colli bacteria and chemical agents. Next, based on by scoring method evaluation among 282 dolines, there are 56 dolines in the lower degradation level with one problem, 142 dolines in the medium level of degradation with 2 - 3 problems, and 84 dolines in the high degradation level by 3 - 4 problems. Hidrologically, there are only 40 potential dolines in the research area.

Key words: Karst, Doline, Deterioration

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang dan Permasalahan

Karst merupakan suatu bentanglahan yang mempunyai relief dan drainase khas, yang disebabkan oleh proses pelarutan batuan. Sweeting (1972), Bogli (1980), Trudgill (1985), dan White (1988), menyebutkan bahwa karst sebenarnya tidak hanya terjadi pada bebatuan karbonat, tetapi juga dapat berkembang pada batugaram dan gypsum. Namun demikian, sebagian besar karst berkembang pada wilayah yang berbatuan karbonat, karena singkapannya yang lebih luas dibanding batugaram dan gypsum.

Proses pelarutan mineral melalui struktur diaklas yang ada, membentuk lubang-lubang pelarutan (*ponor*), yang akhirnya berkembang membentuk ledokan-ledokan berbentuk corong, yang disebut *doline* dan *uvala*. Bentuk ini

yang menjadi ciri utama wilayah bertopografi karst. Air hujan akan banyak tertampung dalam ledokan-ledokan ini secara permanen maupun tidak dan membentuk telaga, yang sering disebut telaga dolin (*logva*). Salah satu wilayah bertopografi karst dengan fenomena dolin yang sangat menarik untuk dikaji adalah Perbukitan Karst Gunung Sewu di Gunungkidul.

Wilayah Perbukitan Karst di Kabupaten Gunungkidul meliputi 11 kecamatan, yaitu: Kecamatan Purwosari, Panggang, Saptosari, Tan-jungsari, Tepus, Girisubo, Rongkop, Semanu, Ponjong, serta beberapa desa di Kecamatan Paliyan dan Playen. Secara umum, potensi telaga di Perbukitan Karst Gunung Sewu ini dikontrol oleh struktur geologi seperti retakan dan diaklas, kondisi kekerasan batuan, dan morfologi permukaan. Air hujan yang jatuh di atas topografi karst sebagian menjadi

limpasan permukaan dan sebagian meresap ke dalam tanah, yang selanjutnya berkumpul dan mengalir menuju sistem sungai bawah tanah.

Di wilayah kajian terdapat >250 telaga yang tersebar secara merata di seluruh Perbukitan Karst. Hingga saat ini, keberadaan telaga dolin di wilayah kajian mempunyai peranan sangat penting, sebagai salah satu sumber air di wilayah Perbukitan Karst Kabupaten Gunungkidul. Namun demikian, hanya sebagian kecil saja yang dapat dimanfaatkan sepanjang tahun, itu pun dengan kualitas air relatif rendah. Pemanfaatan air telaga digunakan untuk keperluan domestik, seperti mandi dan mencuci, serta ternak. Pada beberapa telaga dimanfaatkan penduduk hanya sebagai tempat mandi ternak, karena kebutuhan air telah terpenuhi oleh air bersih yang berasal dari mataair atau gua-gua karst. Ironisnya, pada musim kemarau penduduk dengan terpaksa juga memanfaatkan telaga sebagai sumber air bersih (air minum), walaupun harus dengan cara menggali tanah pada dasar telaga yang mengering. Pada akhir-akhir ini, banyak telaga dolin yang mengalami kerusakan, baik akibat pendangkalan dan kekeringan, yang disebabkan oleh rusaknya daerah tangkapan hujan, hingga pencemaran akibat aktivitas penduduk dalam memanfaatkan air telaga. Oleh karena itu perlu untuk dikaji tingkat kerusakan telaga dolin dan faktor-faktor penyebabnya, serta perumusan cara atau upaya untuk penanganannya.

2. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan penelitian tersebut di atas, maka penelitian ini mempunyai tujuan utama, yaitu:

- (1) mempelajari karakteristik dan permasalahan telaga dolin di wilayah Perbukitan Karst Kabupaten Gunungkidul;
- (2) menganalisis tingkat kerusakan telaga

dolin dan faktor-faktor yang mempengaruhinya, serta merumuskan cara penanganannya.

3. Kerangka Pemikiran Teoritis

3.1 Tinjauan Pustaka

Istilah "Karst" diambil dari suatu nama tempat "Krs" berupa pegunungan Alpen Dinarica di Slovenia - yang sekarang terletak di Baratlaut Yugoslavia - merupakan suatu tipikal dari lahan gersang yang berbatu (Short and Blair, 1986 dalam Haryono, 2000). Beberapa sejarawan juga mengatakan bahwa wilayah tersebut dekat dengan kota Trieste, Italia. Menurut tipikal kata Indo-Eropa, Karst berasal dari kata "Kar" atau "Karra", atau dalam bahasa Italia adalah "Carso" yang berarti batu, kemudian berevolusi menjadi "Kars" atau "Kras" dalam Bahasa Jerman. Selanjutnya, karst dipakai secara ilmiah dan dikenal secara luas untuk mendeskripsikan suatu bentang alam hasil proses pelarutan yang biasanya terjadi pada suatu wilayah berbatuan gamping.

Formasi batuan ini dapat membentuk topografi karst dengan syarat: batuan mudah larut, lapisan tebal, banyak retakan atau diaklas, curah hujan tinggi, dan terletak pada elevasi yang tinggi. Selain pada batugamping, topografi karst juga dapat terbentuk pada jenis batuan evaporit, seperti: halit, gipsum, dan anhidrat. Pembentukan topografi karst melalui proses yang sangat lama, dalam 3 (tiga) tahapan atau stadium, yaitu: stadium muda, dewasa, dan tua atau lanjut (Cvijic dalam Haryono, 2000).

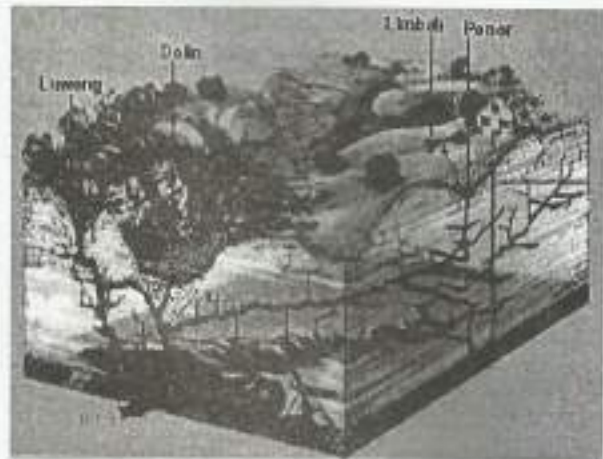
Pada *stadium muda*, terjadi proses pelarutan mineral melalui struktur diaklas yang ada, yang semakin lama semakin membesar membentuk lubang-lubang pelarutan (*ponor*). Perkembangan ponor-ponor dan proses pelarutan yang semakin intensif, pada akhirnya berkembang ledokan-ledokan berbentuk corong, yang disebut *doline*. Pada *stadium*

dewasa terbentuk beberapa ledokan, kemudian runtuh membentuk graben. Pada ledokan sering terjadi konsentrasi aliran air, membentuk pola *polje*. Kondisi drainase permukaan masih dapat dilihat jelas pada stadium ini. Pada *stadium tua* atau *stadium lanjut* permukaan tanah asli telah hilang secara menyeluruh, membentuk permukaan yang tidak rata. Doline banyak yang mengalami kerusakan, mengakibatkan permukaan tanah turun, terbentuk lembah-lembah baru, dan batuan dasar mulai tersingkap. Kondisi demikian menyebabkan drainase bawah tanah tidak berfungsi dan terbentuk drainase permukaan. Proses perkembangan tersebut terus berlanjut, sehingga akhirnya terbentuk ekosistem bentanglahan karst, seperti Gambar 1a dan 1b.

Jankowski (2001) mengungkapkan bahwa terdapat dua syarat utama suatu topografi karst dapat terbentuk karena proses pelarutan oleh air, yaitu: sifat air yang melalui karst haruslah tidak jenuh (*undersaturated*) terhadap batuan karbonat, dan air tersebut haruslah mampu men-transport produk hasil pelarutan ke tempat lain. Kondisi air yang cocok untuk pelarutan batuan karbonat ini adalah air freatik dan juga air hujan (*meteoric water*) yang kaya akan CO_2 . Air ini biasa masuk ke dalam formasi karbonat secara gravitasi, yang kemudian mampu membentuk lorong-lorong solusional.



Gambar 1a. Proses dan Faktor Pembentukan Bentang-lahan Karst. (Sumber: www.google.com 2005)

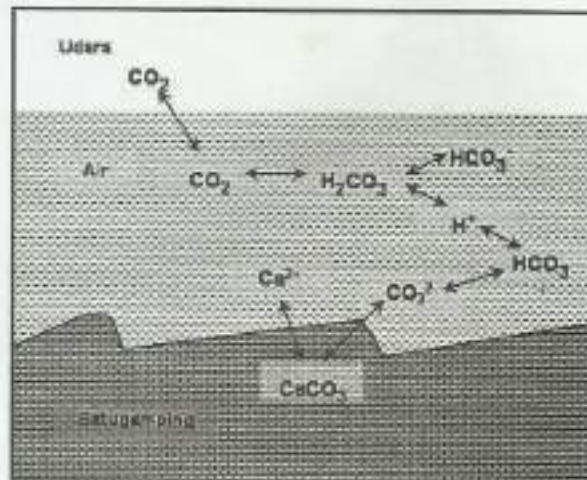


Gambar 1b. Fenomena Umum Ekosistem Bentanglahan Karst. (Sumber: www.google.com, 2002)

Bogli (1980) menjelaskan bahwa pada proses pelarutan batuan karbonat oleh air hujan, terjadi banyak proses fisik dan kimia yang melibatkan unsur gas, cair, dan padatan, yang menyebabkan perpindahan massa antara udara, air, dan batuan. Pada umumnya, proses yang terjadi pada batas (*interface*) adalah transfer massa dan difusi, sementara proses kimia lebih dominan terjadi di air. Sistem transfer massa yang terjadi adalah sistem karbonat yang dikenal sebagai sistem $CO_2-H_2O-CaCO_3$, yang menurut Bogli (1980) mempunyai tahapan proses seperti pada Gambar 2. Air yang mengandung karbondioksida melarutkan batugamping ($CaCO_3$), yang dapat terjadi secara bolak-balik (*reversible*), artinya bahwa dapat terjadi pengendapan kembali karbonat dalam bentuk travertin, stalagtit, stalagmit, atau bentuk-bentuk lainnya.

Faktor yang paling kuat dan aktif dalam pembentukan topografi karst adalah iklim, yang dalam hal ini air hujan merupakan faktor potensial yang berpengaruh terhadap faktor-faktor lainnya. Air hujan yang mengalir di permukaan, sebagian besar meresap ke dalam lapisan-lapisan batugamping melalui retakan (*diaklast*). Selama perjalanannya, air akan melarutkan bagian batuan yang mudah larut (*soluble rock*), akibatnya terbentuk alur-alur

bawah tanah yang mula-mula sempit dan terus berkembang secara tiga dimensional. Pada



Gambar 2. Proses pelarutan Karbonat yang diikuti dengan pembentukan Bikarbonat. (Bogli, 1980)

pertemuan alur, akan terbentuk ruang atau rongga yang semakin berkembang membentuk gua (*cavern*) di bawah permukaan. Sebuah rongga akan dihubungkan dengan rongga lainnya oleh alur sempit atau lorong yang disebut *passages*.

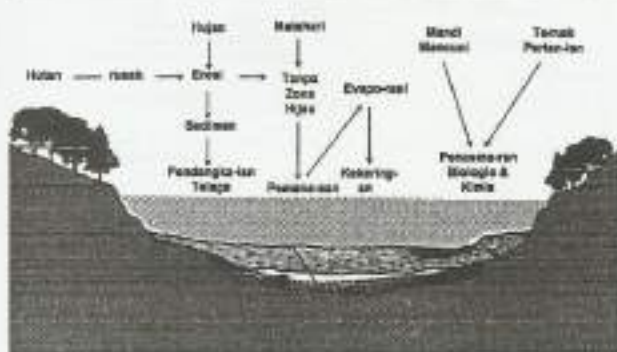
Pada suatu saat, akibat kontinuitas proses pelarutan pada diaklast, atap korosi di bagian atas rongga mendadak runtuh, sehingga terbentuklah sebuah cekungan (*depression*) yang nampak dari permukaan, yang disebut dengan *sinkholes*, dengan bentuk bulat oval berdiameter mencapai ratusan meter. Terdapat dua bentuk sinkhole, yaitu: berbentuk cekungan atau saluran (*tunnel*) yang disebut *doline*, dan berbentuk lorong vertikal atau sumuran yang disebut *ponor*. Pada kejadian lain, gua dapat mengalami perkembangan menjadi lorong memanjang atau terowongan. Apabila atap terowongan ini mengalami keruntuhan, maka akan terbentuk depresi atau cekungan yang panjang mengikuti pola terowongan, yang disebut *uvala*. Uvala akan meluas dengan proses kolaps pada dinding akibat korosi, pelapukan, dan beban air hujan, sehingga terbentuk kenampakan residual sebagai *hums*,

haystack, atau *mogates*. Pada beberapa tempat di daerah humit (iklim basah), uvala dapat tergenang air hujan atau akibat aliran permukaan, sehingga terbentuk telaga uvala atau *pond* atau *logva*. Telaga inilah yang selanjutnya sangat berperan dalam penyediaan sumber air di wilayah topografi karst.

3.2 Landasan Teori

Telah diterangkan di muka bahwa telaga pada wilayah Perbukitan Karst merupakan dolin atau uvala yang tertutup ponornya oleh endapan lempung, yang kemudian terisi air hujan menjadi suatu genangan, baik secara permanen ataupun tidak. Telaga dolin mempunyai peranan yang cukup penting bagi masyarakat di sekitarnya, khususnya dalam penyediaan sumber air bagi kebutuhan sehari-hari, seperti: mandi, mencuci, ternak, perikanan, dan pertanian. Pada kondisi yang ekstrim, yaitu ketika musim kemarau, seringkali air dari telaga dolin juga dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih, walaupun sebenarnya tidak bersih seperti yang disyaratkan untuk air minum.

Perbukitan Karst Gunungkidul merupakan salah satu topografi karst yang kaya akan telaga dolin, dengan pemanfaatan yang bervariasi pula. Pada akhir-akhir ini, banyak permasalahan yang muncul terkait dengan keberadaan telaga dolin secara umum, yang berakibat pada kerusakan telaga dolin. Berbagai permasalahan yang dapat memicu kerusakan telaga dolin di wilayah kajian, antara lain: pendangkalan, kekeringan, dan pencemaran. Mengingat proses pembentukan telaga dolin secara alami, maupun berbagai aktivitas manusia dalam memanfaatkan telaga dan lingkungan sekitarnya, maka dapat dikatakan bahwa faktor-faktor kerusakan telaga merupakan suatu sistem yang saling terkait, seperti disajikan dalam Gambar 3.



Gambar 3. Kerusakan telaga dolin dan faktor-faktornya merupakan sistem yang tak terpisahkan.

4. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *survey*, yaitu penyelidikan secara sistematis yang meliputi pemerian atau deskripsi, klasifikasi, dan pemetaan kerusakan telaga. Untuk mengetahui berbagai permasalahan yang dialami setiap telaga dolin, maka dilakukan secara *sensus*. Sementara untuk mengetahui kualitas kimia air telaga, diambil satu sampel telaga potensial dengan pemanfaatan tinggi pada setiap kecamatan secara *purposive sampling*.

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas, maka dapat diperkirakan bahwa terdapat 3 faktor yang memiliki kontribusi utama terhadap kerusakan telaga dolin di wilayah Perbukitan Karst Kabupaten Gunungkidul, yaitu: sedimentasi yang berakibat pendangkalan telaga, kekeringan telaga, dan pencemaran air telaga secara kimia maupun biologis akibat pemanfaatan air telaga oleh penduduk sekitar. Ditinjau dari aspek penyebab utama dan kontribusinya terhadap kerusakan telaga dolin, maka dibuat skala pembobotan, seperti disajikan pada Tabel 1. Selanjutnya atas dasar kombinasi bobot setiap faktor kerusakan, maka dapat dibuat tiga kelas tingkat kerusakan telaga dolin, seperti disajikan pada Tabel 2.

5. Hasil dan Pembahasan

5.1 Tingkat Kerusakan Telaga Dolin dan Faktor-Faktornya

Berdasarkan hasil survei lapangan, di wilayah Perbukitan Karst Kabupaten Gunungkidul, paling tidak terdapat 282 telaga dolin, seperti disajikan dalam Gambar 4. Karakteristik telaga dolin yang dicermati meliputi: sifat fisik, sifat kimiawi, sifat biologi, potensi telaga, dan lingkungan sekitar, sebagai dasar untuk merumuskan permasalahan yang memicu kerusakan pada masing-masing telaga.

Tabel 1. Faktor Utama Penyebab Kerusakan Telaga dan Pembobotannya

Prioritas	Faktor Kerusakan Telaga	Bobot
I	Kekeringan	4
II	Pendangkalan	3
III	Pencemaran Biologis	2
IV	Pencemaran Kimiawi	2
Jumlah		11

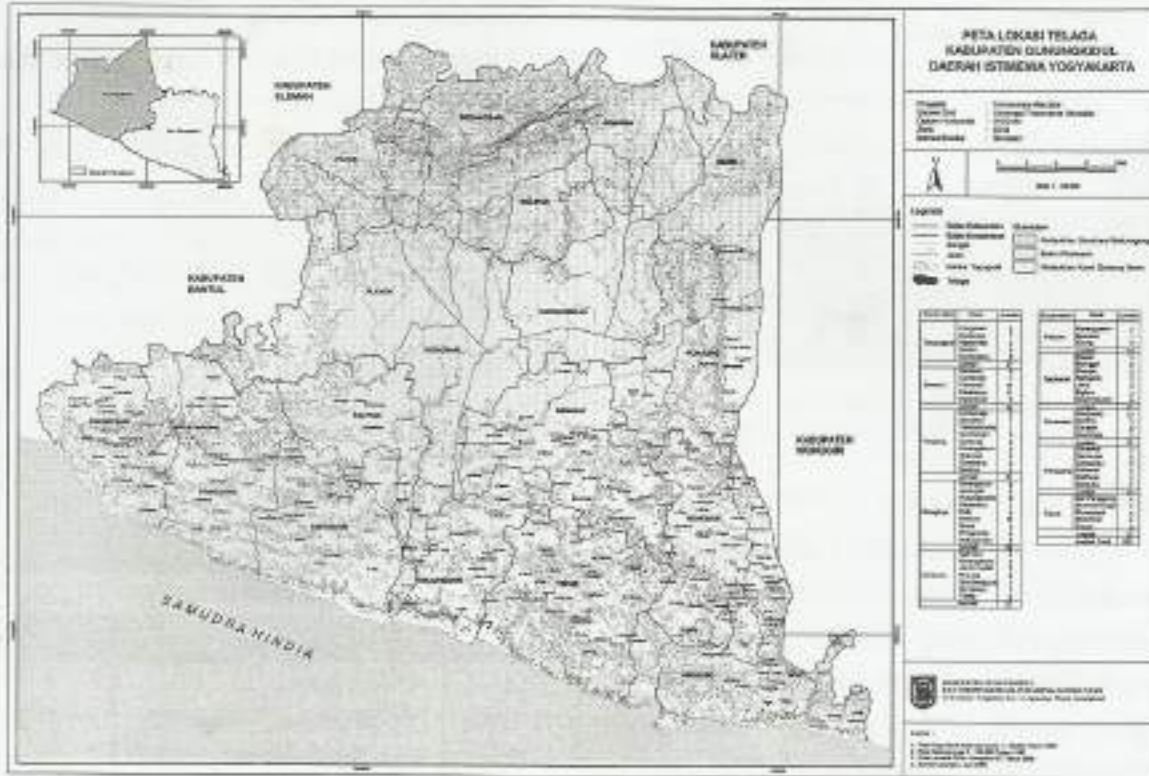
Tabel 2. Julat Skor dan Tingkat Kerusakan

Kelas Kerusakan	Tingkat Kerusakan Telaga	Skor
I	Rendah, 1 faktor pembatas	2 - 5
II	Sedang, 2 faktor pembatas	5 - 8
III	Tinggi, 3 - 4 faktor pembatas	8 - 11

Sumber: Hasil Analisis & Perumusan

A. Kerusakan Akibat Sedimentasi dan Kekeringan

Jika dirinci tiap kecamatan, maka sebagian besar telaga di wilayah kajian mengalami kekeringan di musim kemarau dan juga mengalami pendangkalan pada tingkat yang mengkhawatirkan. Sebagai contoh, dari 31 telaga yang di survei di Kecamatan Purwosari, telaga yang kering di musim kemarau berjumlah 19 dan 17 telaga mengalami pendangkalan. Di Kecamatan Panggang terdapat 22 telaga, yang mengalami



Gambar 4. Peta Persebaran Telaga Dolin di Wilayah Kajian

kekeringan berjumlah 12 telaga dan yang mengalami pendangkalan berjumlah 11 telaga. Distribusi telaga yang mengalami kekeringan dan pendangkalan disajikan pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, faktor-faktor yang menyebabkan pendangkalan dan kekeringan telaga adalah:

- a. sebagian besar bukit-bukit karst di sekitar telaga, yang merupakan daerah tangkapan hujan, dalam kondisi kritis dan gundul;
- b. penduduk lebih banyak membiarkan semak-belukar tumbuh di bukit-bukit sekitar telaga, atau bahkan gundul tanpa vegetasi apa pun, dari pada memanfaatkannya untuk menanam tanaman tahunan, seperti jati, mahoni, atau lainnya;
- c. lahan-lahan pada lereng-lereng bukit karst dimanfaatkan oleh penduduk sebagai lahan pertanian pada musim hujan, sedangkan pada musim kemarau dibiarkan, sehingga ketika turun hujan pertama – terjadi erosi yang cukup intensif yang berakibat pada

Tabel 3. Distribusi Telaga yang Mengalami Kekeringan dan Pendangkalan

Kecamatan	Jumlah Telaga	Telaga yang Kering	Telaga mengalami Pendangkalan
Purwosari	31	19	17
Panggung	22	12	11
Tepus	32	29	32
Tanjungsari	27	26	27
Semanu	42	37	41
Ponjong	21	14	4
Rongkop	49	36	31
Girisubo	27	22	26
Saptosari	21	15	12
Paliyan	10	7	4
Jumlah	282	217	205

Sumber: Kapedal Kabupaten Gunungkidul, 2006

sedimentasi telaga (Gambar 5);

- d. pada beberapa telaga, pendangkalan juga dipicu oleh banyaknya sampah-sampah

organik rumah tangga yang dibuang di pinggir telaga, akibatnya sampah mengalami pembusukan dan mengendap di dasar telaga bersama bahan-bahan sedimen lainnya;

- c. proses sedimentasi yang cukup intensif, menyebabkan telaga cepat mengalami pendangkalan, tanpa dilakukan upaya apa pun oleh penduduk; dan
- f. kondisi bukit-bukit karst di sekitar telaga yang gundul dan kritis, serta tidak adanya sabuk hijau di sekitar telaga, menyebabkan penyinaran matahari sangat kuat di musim kemarau, sehingga air telaga cepat kering karena proses evaporasi yang sangat tinggi.



Gambar 5. Banyak telaga yang mengalami sedimentasi tinggi, seperti di Telaga Widoro Kecamatan Semanu, yang mengakibatkan pendangkalan secara cepat. (Foto: Langgeng, Juni 2006)

Sebenarnya terdapat korelasi positif antara kerusakan daerah tangkapan dengan proses erosi-sedimentasi dan kekeringan telaga. Akibat kerusakan daerah tangkapan ini, maka pada musim kemarau terlihat pemandangan bukit-bukit karst yang gundul, kering, dan menjadi lahan kritis. Kondisi semacam ini akan menyebabkan proses pelapukan batuan secara mekanik tinggi, dan memicu proses erosi yang cukup kuat pada lapisan tanah yang tipis di permukaan bukit, ketika turun hujan pertama kali. Akibatnya limpasan permukaan membawa

sedimen cukup besar dan diendapkan di dasar telaga, sehingga telaga akan mengalami pendangkalan secara intensif dari tahun ke tahun.

Daerah tangkapan yang rusak, tanpa vegetasi, dan lahan kritis, menyebabkan permukaan telaga terbuka bebas, tanpa pelindung hijau apa pun. Kondisi ini menjadikan sinar matahari sangat kuat ke permukaan air telaga ketika musim kemarau, sehingga penguapan sangat tinggi, dan pada akhirnya telaga menjadi kering. Jika dirinci per kecamatan, distribusi rusaknya daerah tangkapan telaga disajikan seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Distribusi Telaga dengan Daerah Tangkapan Rusak

Kecamatan	Jumlah Telaga	Telaga dengan Daerah Tangkapan
Purwosari	31	16
Panggung	22	13
Tepus	32	29
Tanjung Sari	27	25
Semanu	42	26
Ponjong	21	5
Rongkop	49	28
Girisubo	27	20
Saptosari	21	0
Paliyan	10	3
Jumlah	282	165

Sumber: Kapedal Kab. Gunungkidul, 2006

Beberapa faktor yang menyebabkan kerusakan daerah tangkapan telaga adalah:

- a. usaha reboisasi belum maksimal, perlu dipilih jenis tanaman atau pohon-pohon yang sesuai untuk mendukung fungsi konservasi air: daun kecil-kecil tebal dan mempunyai lapisan lilin, akar tunggang yang kokoh dan mampu menembus bebatuan, dan untuk hidupnya pohon ini sedikit memerlukan air, seperti pohon beringin;
- b. masyarakat belum sepenuhnya mengerti pentingnya daerah tangkapan hujan, dan

- kurang berinisiatif memanfaatkan lahan pada bukit-bukit karst untuk ditanami pohon-pohon yang bersifat konservatif sekaligus budidaya tahunan, seperti gayam;
- c. banyak bukit karst telah dilakukan penambangan batugamping, sehingga fungsi konservasi air menjadi terganggu, seperti banyak dijumpai di Ponjong, Rongkop, Panggang, Girisubo, dan Semanu, baik penambangan rakyat tradisional maupun oleh perusahaan penambangan (Gambar 6).



Gambar 6. Penambangan batugamping yang marak terjadi di wilayah kajian merupakan salah satu pemicu kerusakan telaga akibat terganggunya fungsi konservasi air. (Foto: Langgeng, 2005)

Berdasarkan analisis dan interpretasi kondisi geomorfologi, curah hujan, tanah, dan pengaruhnya terhadap tutupan lahan (vegetasi), maka di hampir seluruh wilayah kajian termasuk dalam klas lahan sangat kritis. Lahan-lahan yang tidak kritis tetapi mempunyai potensi untuk kritis hanya dijumpai pada ledok-ledokan atau dolin-dolin saja. Hal ini didukung oleh keberadaan dan perkembangan tanah lebih baik, dan merupakan daerah tampungan air hujan secara alami. Berdasarkan hasil analisis tersebut, wilayah dengan lahan sangat kritis terluas terdapat di Tepus, Girisubo, dan Ponjong. Sementara berdasarkan data Dinas Kehutanan dan Perkebunan (2005), luas lahan kritis aktual di wilayah kajian antara tahun 2003 hingga 2004 mengalami penurunan

sebesar 5.517 hektar, yaitu dari luasan lahan kritis sebesar 13.959 hektar pada tahun 2003 menjadi 8.442 hektar pada tahun 2004, yang terinci dalam Tabel 5.

Tabel 5.. Luas Lahan Kritis Aktual di Ekosistem Perbukitan Karst

Kecamatan	Lahan Kritis (Ha)		Perubahan (Ha)
	2003	2004	
Panggang	1.511	1.483	28
Paliyan	171	70	101
Tepus	1.319	1.319	0
Rongkop	1.594	0	1.594
Semanu	727	429	298
Ponjong	1.752	642	1.110
Saptosari	1.666	1.145	521
Girisubo	2.445	1.562	883
Tanjungsari	1.480	544	936
Purwosari	1.294	1.248	46
Jumlah	13.959	8.442	5517

Sumber: Dinas Kehutanan dan Perkebunan Kab. Gunungkidul, 2005. (Sebagian wilayah masuk Ekosistem Basin Wonosari).

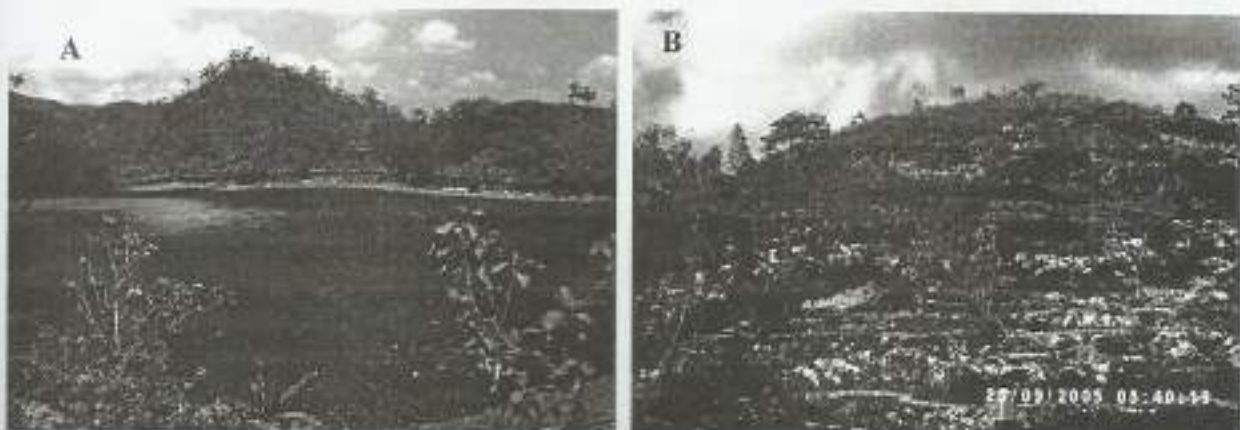
Sementara menurut hasil kajian Kerusakan Kawasan Karst (Kapedal Kabupaten Gunungkidul, 2005) yang disajikan dalam Tabel 6 menunjukkan bahwa hampir di semua wilayah kajian merupakan lahan kritis, dengan kenampakan berupa bukit-bukit karst yang gersang dan kering (Gambar 7).

Masalah kedua yang mempunyai kontribusi besar terhadap kerusakan daerah tangkapan air di sekitar telaga pada wilayah Perbukitan Karst adalah penambangan bahan galian C. Batugamping terumbu lunak (keprus) dan batugamping terumbu keras (bedes) merupakan dua bahan tambang yang menempati urutan terbesar dengan persebaran terluas. Menurut data dari Dinas Perekonomian Sub Dinas Pertambangan Kabupaten Gunungkidul (2005), terdapat 5 perusahaan yang berijin untuk melakukan penambangan di

Tabel 6. Kondisi Lahan Kritis pada Geo-ekosistem Perbukitan Karst

No	Koordinat	Lokasi	Jenis Kerusakan	Area	Faktor Penyebab	Penanganan
1.	0451106 9104961	Wanubelah, Kemadang Tanjungsari	Hutan gundul dan erosi	100 x 200 m ²	Penebangan vegetasi penutup, dan penambangan batu gamping	Belum ada
2.	0444992 9110906	Kepek, Saptosari	Lahan kritis	100 x 100 m ²	Penggundulan hutan	Belum ada
3.	0441354 9111895	Girisekar, Panggang	Erosi dan lahan kritis	80 x 60 m ²	Penggundulan hutan	Belum ada
4.	0434102 9120390	Nawungan II	Lahan kritis	0,5 Ha	Penggundulan hutan	Belum ada
5.	0453256 9107532	Kemari, Tanjungsari	Lahan Kritis	80 x 90 m ²	Penggundulan hutan	Belum ada
6.	0450852 9102473	Kemadang, Tanjungsari	Lahan Kritis dan erosi	100 x 90 m ²	Penggundulan hutan	Belum ada
7.	466660 909414	Manjung, Jepitu, Girisubo	Lahan kritis Longsor sejak 3 tahun lalu	Lebar 50m, Tinggi 35 m Lereng >65°	Hutan gundul, Curah hujan tinggi	Belum ada
8.	465730 909552	Ngandong, Balong, Girisubo	Lahan kritis	% bagian Gunung Batu	Hutan gundul, curah hujan tinggi	Belum ada
9.	478740 909690	Sandeng, Girisubo	Lahan kritis Longsor	Panjang lereng 10m lebar 2m, kemiringan lereng 60°	Padat pepohonan, kemiringan lereng besar	Belum ada
10.	467140 909415	Santren, Girisubo	Lahan kritis	Lebih dari 100 hektar hutan	Deforestation	Belum ada
11.	465200 9095910	Duwet, Purwodadi, Tepus	Lahan Kritis	Lebih dari 4 bukit	Deforestation	Belum ada
12.	465385 9095510	Duwet, Purwodadi, Tepus	Lahan Kritis	Lobih dari 4 bukit	Deforestation	Belum ada
13.	465410 9095765	Duwet, Purwodadi, Tepus	Lahan Kritis	Lebih dari 4 bukit	Deforestation	Belum ada
14.	465385 9095510,	Duwet, Purwodadi, Tepus	Lahan kritis	10 x 3 m ²	Deforestation	Rehabilitasi pantai sungai (mahasiswa KKN)
15.	469168 9121170	Wirik, Umbulejo, Ponjong	Lahan kritis	2 gunung	Longsor	Belum ada

Sumber: Kapedal Kabupaten Gunungkidul, 2005



Gambar 7. Lahan-lahan kritis berupa bukit-bukit karst batugamping terumbu di daerah Tepus (A) dan Girisubo (B). (Foto: Rino, September 2005)

wilayah Ponjong, 3 perusahaan berijin di Tanjungsari, Tepus, dan Rongkop. Semua ijin tersebut adalah untuk eksploitasi batugamping. Sementara terdapat 53 penambangan rakyat berijin, yang umumnya juga untuk eksploitasi batugamping, yang meliputi: Kecamatan Ponjong, Tepus, Purwosari, dan Rongkop. Sejumlah ini baru yang tercatat dan mempunyai SIPD, sedangkan penambang rakyat yang tidak berijin (SIPR) jumlahnya tidak dapat ditafsir secara pasti, yang ternyata juga marak dijumpai di lapangan secara sporadis. Penambangan yang dilakukan secara intensif, baik secara tradisional oleh kelompok penambang rakyat maupun oleh perusahaan, telah memberikan kontribusi besar terhadap kerusakan daerah tangkapan air pada ekosistem ini.

B. Kerusakan Akibat Pencemaran

Berdasarkan pengamatan langsung di lapangan, sebagian besar telaga di wilayah kajian sudah mengalami pencemaran, baik secara biologis maupun kimiawi. Hampir semua telaga dimanfaatkan oleh penduduk untuk mandi, mencuci, irigasi, perikanan, dan memandikan ternak.

Berdasarkan fenomena tersebut, maka dapat dianalisis bahwa sumber pencemar biologis pada umumnya akibat dari kotoran ternak (baik secara langsung atau akibat pupuk organik), limbah rumah tangga, dan MCK (Gambar 8A). Sementara itu, pencemar

kimiawi diasumsikan berasal dari deterjen untuk mencuci, sabun mandi, dan pemupukan secara kimia pada lahan-lahan pertanian di sekitarnya (Gambar 8B). Untuk lebih jelasnya, distribusi jumlah telaga yang tercemar secara kimiawi dan biologis disajikan pada Tabel 7.

Untuk mengetahui kualitas kimia air telaga dilakukan analisis laboratorium kimia terhadap konsentrasi ion-ion terlarut. Dari 282 telaga yang ada, diambil sebanyak 9 sampel air telaga. Kesembilan sampel air tersebut mewakili masing-masing kecamatan (kecuali Kecamatan Tepus karena semua telaga kering pada musim kemarau), dengan mempertimbangkan kompleksitas kondisi telaga, baik dari segi pemanfaatan, kondisi fisik air telaga, maupun kondisi sekitar telaga yang terkait dengan daerah tangkapan hujan dan aktivitas penduduk. Lokasi sampel air telaga meliputi: Telaga Pucanganom (Kecamatan Purwosari), Telaga Luweng Lor (Kecamatan Panggang), Telaga Ngloro (Kecamatan Saptosari), Telaga Namberan (Kecamatan Paliyan), Telaga Depok (Kecamatan Tanjungsari), Telaga Jonge (Kecamatan Semanu), Telaga Bendo (Kecamatan Ponjong), Telaga Randu (Kecamatan Rongkop), dan Telaga Karangkidul (Kecamatan Girisubo). Hasil analisis konsentrasi ion terlarut pada masing-masing sampel air telaga disajikan dan diuraikan pada gambar-gambar berikut ini.

A



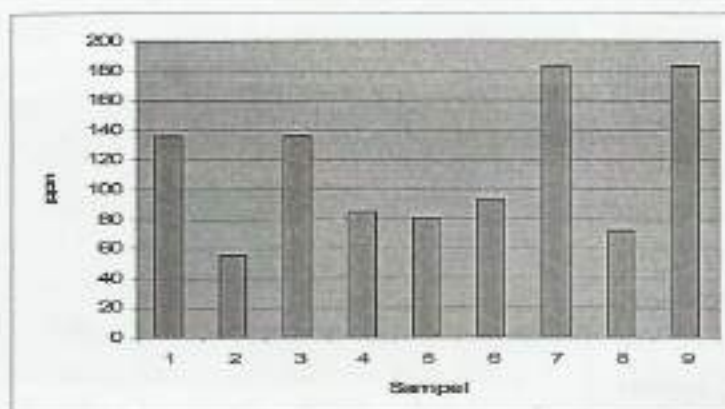
Gambar 8 (A). Pemanfaatan telaga untuk memandikan ternak, memicu pencemaran secara biologis, akibat tingginya kandungan Bakteri Colli. (Foto: Langgeng, Juni 2006)

(B). Pemanfaatan telaga untuk mandi dan mencuci, menyebabkan sisa sabun dan detergen memicu pencemaran secara kimiawi. (Foto: Langgeng, Juni 2006)

Tabel 7. Distribusi Telaga yang Mengalami Pencemaran Kimiawi dan Biologis

Kecamatan	Jumlah Telaga	Tercemar secara Biologis	Tercemar secara Kimiawi	Tercemar secara Biologis dan Kimiawi	Telaga Tidak Tercemar
Purwosari	31	7	6	0	18
Panggung	22	1	3	0	18
Tepus	32	26	32	26	0
Tanjungsari	27	14	19	14	8
Semanu	42	32	32	32	10
Ponjong	21	2	6	1	14
Rongkop	49	6	2	0	41
Girisubo	27	1	3	0	23
Saptosari	21	13	13	13	13
Paliyan	10	8	8	8	2
Jumlah	282	110	124	94	147

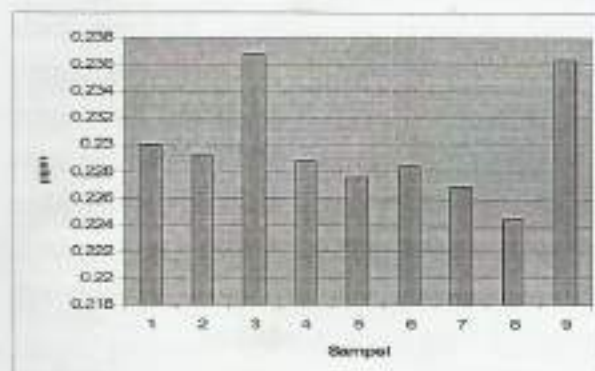
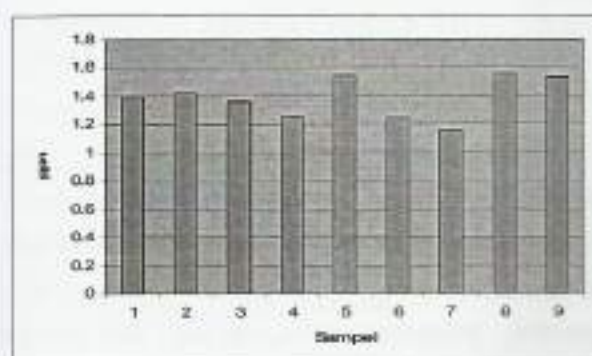
Sumber: Kapedal Kabupsten Gunungkidul, 2006



Keterangan :

- Sampel 1 Telaga Pucanganom, Purwosari
- Sampel 2 Telaga Luweng Lor, Panggang
- Sampel 3 Telaga Ngloro, Saptosari
- Sampel 4 Telaga Namberan, Paliyan
- Sampel 5 Telaga Depok, Tanjungsari
- Sampel 6 Telaga Jonge, Semanu
- Sampel 7 Telaga Bendo, Ponjong
- Sampel 8 Telaga Randu, Rongkop
- Sampel 9 Telaga Karangkidul, Girisubo

Gambar 9a. Konsentrasi Kesadahan Total Pada Sampel Air Telaga



Gambar 9B. Konsentrasi Amonium pada Sampel Air Telaga

Gambar 9C. Konsentrasi Phospat pada Sampel Air Telaga

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium Hidrologi & Kualitas Air. Fak. Geografi UGM, Agustus 2006

Berdasarkan gambar tersebut, konsentrasi CaCO_3 pada air telaga di wilayah kajian berkisar antara 85,10–182,97 ppm. Konsentrasi tertinggi terdapat pada sampel 7 (Telaga Bendo, Ponjong) dan sampel 9 (Telaga Karangkidul, Girisubo), sebesar 183 ppm. Variasi nilai kesadahan total pada air telaga tersebut dipengaruhi oleh kondisi geologi maupun zat-zat yang terlarut dalam air telaga.

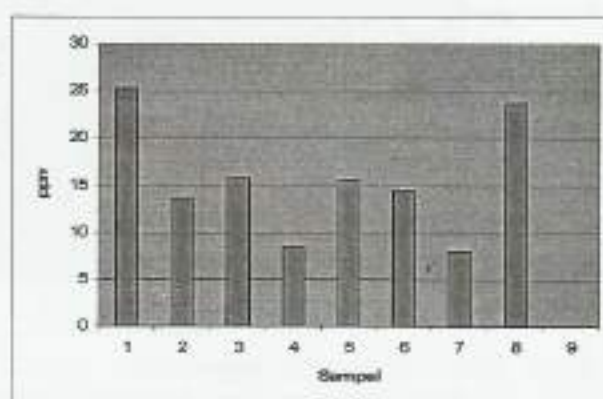
Hasil analisis laboratorium (Gambar 9b) menunjukkan bahwa konsentrasi amonium dari 9 sampel yang diambil berkisar 1.16–1.56 ppm, dan tidak terdapat perbedaan yang tegas antara satu sampel dengan lainnya. Secara umum kandungan amonium tersebut termasuk rendah.

Phospat terdapat di perairan alami atau air limbah sebagai senyawa ortophospat, poliphospat, dan phospat organis. Phospat organis adalah P yang terikat dengan senyawa organis, sehingga tidak berada dalam larutan secara lepas. Setiap senyawa phospat terdapat dalam bentuk terlarut, tersuspensi, atau terikat dalam sel organisme dalam air. Dalam air limbah senyawa phospat dapat berasal dari limbah penduduk, industri (yang menggunakan detergen yang mengandung phospat), dan pertanian (pupuk). Berdasarkan hasil analisis laboratorium (Gambar 9c) menunjukkan bahwa nilai konsentrasi phospat berkisar 0,22–0,24 ppm. Nilai konsentrasi unsur tersebut termasuk tinggi. Konsentrasi tertinggi terdapat pada sampel 3 (Telaga Ngloro Kecamatan Saptosari) dan sampel 9 (Telaga Karangkidul Kecamatan Girisubo). Tingginya konsentrasi phospat pada air telaga di wilayah kajian menunjukkan bahwa pemanfaatan air telaga untuk mandi, cuci, pengairan, dan perikanan, memberikan pengaruh yang cukup signifikan.

COD menyatakan jumlah oksigen terlarut yang digunakan untuk mengoksidasi zat organis dalam air oleh oksidator kimia. COD ini merupakan indikator pencemaran yang

hampir sama dengan BOD. Nilai COD biasanya lebih tinggi dari nilai BOD, karena bahan-bahan yang stabil dalam reaksi biologi dan mikroorganisme dapat teroksidasi dalam uji COD ini. Dengan demikian analisis COD ini memberikan informasi lebih banyak dari pada analisis BOD, karena zat yang dirombak tidak hanya zat organik saja, tetapi juga zat anorganik, reduktor, dan zat tersuspensi.

Berdasarkan hasil analisis (Gambar 9d), variasi konsentrasi COD berkisar 7,90 – 25,28 ppm. Hasil tersebut menunjukkan bahwa nilai tertinggi terdapat pada sampel 1 (Telaga Pucang Anom Kecamatan Purwosari) dan sampel 9 (Telaga Karangkidul Kecamatan Girisubo). Secara umum konsentrasi COD di wilayah kajian termasuk tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa telaga tersebut mengalami pencemaran.



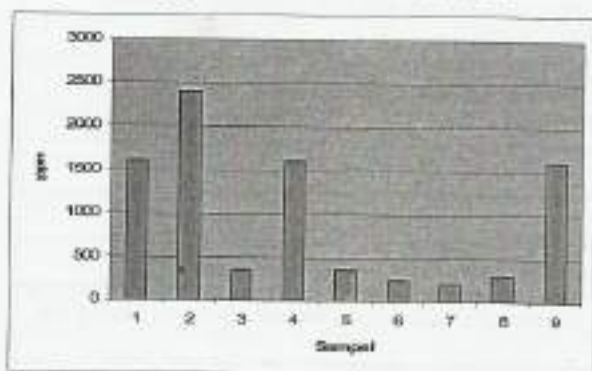
Gambar 9D. Konsentrasi COD pada Sampel Air Telaga

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium Hidrologi & Kualitas Air, Fakultas Geografi, UGM, Agustus 2006

Berbagai macam organisme baik yang bersifat patogen maupun bukan, dapat berkembang di dalam perairan termasuk telaga. Organisme yang bersifat pathogen adalah bakteri, protozoa, virus, cacing, dan semua organisme yang dapat menyebabkan penyakit. Sumber utama organisme yang bersifat pathogen adalah berasal dari kotoran manusia dan kotoran hewan. Sifat biologi air telaga yang

dianalisis dalam hal ini adalah Bakteri Colli, yang merupakan organisme yang biasa hidup dalam pencernaan manusia atau hewan berdarah panas. Bakteri ini digunakan sebagai indikator organisme, karena mudah ditemukan dengan cara sederhana, tidak berbahaya, dan sulit hidup lebih lama dari pada organisme pathogen yang lain.

Berdasarkan hasil analisis laboratorium dari ke 9 sampel air telaga yang diambil menunjukkan bahwa kandungan Bakteri Colli terendah 220 MPN/100ml, dan tertinggi lebih besar dari 2400 MPN/100ml. Pada Gambar 10 dapat dilihat jumlah tertinggi Bakteri Colli terdapat pada sampel 2 (Telaga Luweng Lor Kecamatan Panggang), yang diikuti oleh Telaga Pucanganom Kecamatan Purwosari, Telaga Namberan Kecamatan Paliyan, dan Telaga Karangkidul Kecamatan Girisubo.



Gambar 10. Konsentrasi Bakteri Colli pada Sampel Air Telaga

Keterangan:

- Sampel 1 Telaga Pucanganom, Purwosari
- Sampel 2 Telaga Luweng Lor, Panggang
- Sampel 3 Telaga Ngloro, Saptosari
- Sampel 4 Telaga Namberan, Paliyan
- Sampel 5 Telaga Depok, Tanjungsari
- Sampel 6 Telaga Jonge, Semanu
- Sampel 7 Telaga Bendo, Ponjong
- Sampel 8 Telaga Randu, Rongkop
- Sampel 9 Telaga Karangkidul, Girisubo

Sumber: Hasil Analisis Laboratorium Hidrologi & Kualitas Air, Fakultas Geografi, UGM, Agustus

C. Tingkat Kerusakan Telaga Dolin

Berdasarkan penilaian dengan metode skoring terhadap parameter-parameter penentu kerusakan telaga di Kawasan Karst Kabupaten Gunungkidul, yaitu: parameter kekeringan, pendangkalan, pencemaran biologis, pencemaran kimiawi, dan kerusakan daerah tangkapan, maka klasifikasi tingkat kerusakan telaga di wilayah kajian dapat dirinci seperti disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Distribusi Tingkat Kerusakan Telaga di Wilayah Kajian

Kecamatan	Jumlah Telaga	Telaga Rusak Ringan	Telaga Rusak Sedang	Telaga Rusak Berat
Purwosari	31	14	17	0
Panggang	22	17	5	0
Tepus	32	0	3	29
Tanjungsari	27	0	9	18
Semanu	42	1	14	27
Ponjong	21	5	14	2
Rongkop	49	9	40	0
Girisubo	27	1	26	0
Saptosari	21	7	8	6
Paliyan	10	2	6	2
Jumlah	282	56	142	84

Sumber: Kapedal Kabupaten Gunungkidul, 2006

D. Telaga Doline Potensial

Berdasarkan kuantitasnya volume air yang dapat tertampung di telaga, menunjukkan variasi untuk masing-masing kecamatan. Dengan demikian dari sisi kuantitas memang terdapat telaga yang sangat potensial karena mampu menampung air dalam jumlah yang banyak, demikian sebaliknya. Telaga-telaga yang terdapat di Kecamatan Saptosari mempunyai volume yang besar dibanding telaga yang terdapat di kecamatan lain. Selanjutnya diikuti telaga-telaga yang berada di

Kecamatan Paliyan dan Ponjong. Hal tersebut juga terkait dengan tipikal morfologi karst yang ada di masing-masing kecamatan. Berdasarkan sifat kontinuitas air tahunan, maka telaga yang potensial dalam arti tidak mengalami kekeringan dan dapat dimanfaatkan pada musim kemarau, sebanyak 40 telaga, seperti terinci dalam Tabel 9. Beberapa contoh telaga-telaga potensial yang tidak mengalami kekeringan, sehingga air dapat dimanfaatkan ketika musim kemarau, disajikan pada Gambar 11.

telaga), dan Purwosari (17 telaga). Sementara telaga yang mengalami kerusakan tingkat rendah sebanyak 56 telaga, dengan data terbanyak di Panggang (17 telaga) dan Purwosari (14 telaga).

Banyak faktor yang berpengaruh terhadap kualitas air, yaitu: waktu, kondisi geologi, vegetasi, iklim, dan aktivitas manusia. Faktor terakhir ini yang mempunyai kontribusi besar terhadap perubahan kualitas air. Dilihat dari aktivitas penduduk dalam menggunakan air telaga, hal itu sebenarnya dapat diketahui

Tabel 9. Telaga Potensial yang Tidak Mengalami Kekeringan pada Musim Kemarau

Kecamatan	Telaga Potensial	Nama Telaga
Paliyan	3	Bromo, Jambeanom, dan Namberan, yang ketiganya terletak di Desa Karangasem.
Saptosari	4	Kemesu (Jetis), Ngloro (Ngloro), Oraang (Planjan), dan Winong (Kepek).
Purwosari	7	Bembem (Girisih), Joembor (Giricahyo), Klumpit dan Ploso (Giritirto), Miriledok, Plagading, dan Pucanganom (Giripurwo)
Panggang	6	Gandu (Giriharjo), Lawenglor (Girimulyo), Mataendra (Girisuko), Pakem dan Towet (Girisekar), dan Sumurwani (Giriwungu)
Tepus	0	Tidak ada
Tanjungsari	0	Tidak ada
Semanu	4	Bogosari (Candirejo), Jonge dan Ledok (Pacarejo), dan Mijahan (Semanu)
Ponjong	5	Beton (Umbulrejo), Kepleng (Sumbergiri), Kedokan dan Mendak (Bedoyo), dan Ngrijek (Gambang)
Rongkop	7	Banteng (Melikan), Buhkulon (Bobol), Kerdonmiri, Klipo, dan Randu (Karangwuni), Nguluran (Semugih), dan Ploso (Petir)
Girisubo	4	Luwengombo dan Wuni (Nglindur), Wotawati 1 dan 2 (Pucung)
Jumlah	40	-

Telaga potensial bukan berarti tidak bermasalah, khususnya menyangkut kualitas air telaga. Berdasarkan hasil analisis tersebut, ternyata telaga yang mengalami kerusakan dengan tingkat berat sebanyak 84 telaga, terbanyak terdapat di Tepus (29 telaga), Semanu (27 telaga), dan Tanjungsari (18 telaga). Telaga yang mengalami kerusakan tingkat sedang sebanyak 142 telaga, terbanyak terdapat di Rongkop (40 telaga), Girisubo (26

sumber pencemaran pada telaga tersebut. Telaga di wilayah kajian secara umum digunakan untuk mandi, cuci, ternak, perikanan, dan pertanian. Karakteristik air telaga yang terbentuk tidak terlepas dari penggunaan air telaga itu sendiri, baik ditinjau dari sifat fisik, kimiawi, dan biologi.

Berdasarkan sifat fisik air telaga terutama warna dan suhu, dapat diketahui bahwa penggunaan air telaga tersebut berpengaruh



Gambar 11A. Telaga Omang di Saptosari yang potensial dan tidak pernah kering sepanjang tahun. (Foto: Langgeng, Juni 2006)



Gambar 11B. Telaga Jonge di Semanu yang potensial dan tidak pernah kering sepanjang tahun. (Foto: Langgeng, Juni 2006)

terhadap sifat fisik air. Warna air telaga pada umumnya tampak coklat, coklat keruh, hijau tua, dan kehijauan. Hal itu mencerminkan zat terlarut pada air telaga, yang dapat berasal dari sisa-sisa sampah, kotoran ternak, dan sabun untuk mandi maupun detergen untuk mencuci. Suhu air dapat dijadikan sebagai indikasi terjadinya pencemaran. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu air telaga cenderung melebihi suhu air normal. Hal itu berkaitan dengan kondisi air telaga tersebut, baik secara fisik maupun kimiawi.

Demikian halnya dengan sifat kimiawi maupun biologis air yang menunjukkan adanya konsentrasi tinggi dari beberapa parameter yang dapat mengindikasikan adanya pencemaran. Parameter tersebut adalah fosfat dan COD. Dari sifat biologis air telaga yang dalam hal ini adalah hasil analisis kandungan Bakteri Colli juga menunjukkan nilai yang tinggi. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh banyaknya telaga yang digunakan oleh penduduk setempat untuk memandikan ternak, yang sangat dimungkinkan kotoran ternak bercampur dalam air telaga tersebut. Di samping itu, sampah-sampah organik-domestik yang dibuang ke dalam telaga juga dapat meningkatkan kandungan Bakteri Colli dalam telaga. Kandungan Bakteri Colli dalam air telaga juga mengindikasikan bahwa penyakit

dari hewan-hewan tertentu telah menyebar, yang dapat menular ke manusia apabila air telaga masuk dalam tubuh manusia atau dimanfaatkan sebagai sumber air minum.

Beberapa sampel telaga yang harus diwaspadai karena kandungan Bakteri Colli yang tinggi (>1500 MPN/100ml) adalah: Telaga Pucanganom di Kecamatan Purwosari, Telaga Luweng Lor di Kecamatan Panggang (mendekati 2500 MPN/100ml), Telaga Namberan di Kecamatan Paliyan, dan Telaga Karangkidul di Kecamatan Girisubo.

6. Rekomendasi Penanganan

Secara alami dan naluri, masyarakat sebenarnya telah mengarifi untuk melakukan upaya konservasi atau langkah-langkah lain guna mempertahankan keberadaan dan kontinuitas air telaga. Beberapa tindakan yang telah dilakukan masyarakat sekitar antara lain: reboisasi di sekitar telaga, pembuatan tanggul batu di sekitar telaga, pembangunan talut bersemen, pembuatan cek dam dan sumur saringan, dan pengerukan telaga. Namun demikian perlu lebih dicermati dan diarahkan, agar apa yang dilakukan masyarakat tidak berdampak lebih buruk pada kelestarian telaga. Konsep inilah yang lebih dikenal dengan upaya mengoptimalkan kearifan budaya lokal. Untuk itu, perlu disusun rencana program pembangun-

an dan pemulihan kerusakan telaga, dengan melibatkan masyarakat secara lebih intensif, seperti dirinci dalam Tabel 10.

sedimentasi dan pendangkalan akibat kerusakan daerah tangkapan, kekeringan, dan pencemaran. Telaga yang mengalami

Tabel 10. Rumusan Program Kegiatan dan Pembangunan Pemulihan Kerusakan Telaga dan Kualitas Lingkungan di Kabupaten Gunungkidul

No	Program & Lokasi	Penanggung Jawab	Jangka Waktu
1.	Rehabilitasi bukit karst sebagai daerah tangkapan telaga, melalui program Reboisasi/Penghijauan. Lokasi: Telaga-telaga yang mengalami kekeringan dan pendangkalan (Prioritas I: Kecamatan Tepus, Tanjungsari, dan Semanu; Prioritas II: Kecamatan Rongkop, Girisubo, dan Ponjong).	Dinas Kehutanan dan Perkebunan KAPEDAL (sebagai pendamping)	Setiap tahun dan berkesinambungan
2.	Penetapan Zona Sabuk Hijau Telaga dan Penghijauan dengan Pohon Beringin atau Akasia. Lokasi: Telaga-telaga yang mengalami kekeringan dan pendangkalan (Prioritas I: Kecamatan Tepus, Tanjungsari, dan Semanu; Prioritas II: Kecamatan Rongkop, Girisubo, dan Ponjong).	BAPPEDA (Tata Ruang Lindung) Dinas Kehutanan dan Perkebunan KAPEDAL (sebagai pendamping)	Setiap tahun dan berkesinambungan
3.	Pengendalian Penambangan dan Reklamasi Lahan Bekas Penambangan Bahan Galian C pada Geo-ekosistem Perbukitan Karst. Prioritas: Kecamatan Ponjong, Rongkop, dan Tepus	Sub Dinas Pertambangan KAPEDAL (sebagai pendamping)	Setiap tahun dan berkesinambungan
4.	Penyusunan Design dan Pembangunan Infrastruktur Telaga: bronjong pembatas telaga, saluran drainase, bak pemandian & mencuci, kolam ternak, saluran limbah dan bak sampah. Lokasi: Diutamakan pada telaga-telaga yang potensial dan tidak pernah kering sepanjang tahun.	Dinas Kimpraswil KAPEDAL (sebagai pendamping)	Jangka panjang secara berkala
5.	Program Pengerukan Telaga yang mengalami pendangkalan atau kekeringan, dengan kedalaman yang harus disesuaikan dengan tebal sedimen di dasar telaga.	Dinas Kimpraswil KAPEDAL (sebagai pendamping)	Jangka panjang secara berkala
6.	Pengembangan Perikanan Darat dan Pengelolaan Wisata Pemancingan. Lokasi: Diutamakan pada telaga-telaga yang potensial dan tidak pernah kering sepanjang tahun.	Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Perikanan KAPEDAL (sebagai pendamping)	Jangka panjang secara berkala
7.	Pembentukan Kelompok Masyarakat Pemerhati Telaga dan Penyuluhan tentang Telaga di semua wilayah.	KAPEDAL	Jangka pendek dan berkala secara berkelanjutan
8.	Penerapan Teknologi Tepat Guna untuk Pengolahan Air Telaga sebagai Sumber Air Bersih di semua wilayah.	KAPEDAL bekerjasama dengan LPPM UGM	Jangka pendek dan berkala secara berkelanjutan

Sumber: Hasil Analisis & Perumusan

7. Kesimpulan

1. Di wilayah Perbukitan Karst Kabupaten Gunungkidul terdapat 282 telaga dolin. Pada umumnya sebuah telaga menghadapi lebih dari satu permasalahan, berupa:

kekeringan sebanyak 217, pendangkalan serius sebanyak 205 telaga, dan kerusakan perbukitan karst di sekitarnya sebagai daerah tangkapan hujan karena mengalami lahan kritis sebanyak 165 telaga. Telaga yang mengalami pencemaran secara

biologis sebanyak 110 lokasi, yang mengalami pencemaran secara kimiawi sebanyak 124 telaga, dan sebanyak 94 telaga di antaranya mengalami pencemaran keduanya. Pencemaran kimiawi lebih disebabkan oleh penggunaan deterjen dalam mencuci pakaian, sabun dan sampo untuk mandi dan keramas, serta bahan-bahan kimia lain yang terkait dengan pertanian di lereng-lereng bukit sekitar telaga. Pencemaran biologis disebabkan oleh pembusukan sampah-sampah organik di sekitar telaga dan kotoran hewan ternak saat dimandikan, serta pupuk organik bagi lahan-lahan pertanian di sekitarnya. Tingginya pencemaran biologis ditunjukkan oleh nilai kandungan bakteri coli mencapai 1500 - >2400 MPN/100ml.

2. Tingkat kerusakan di antara 282 telaga yang ada di wilayah kajian, sebanyak 56 telaga mengalami kerusakan tingkat ringan, 142 telaga mengalami kerusakan tingkat sedang, dan 84 telaga mengalami kerusakan tingkat berat dengan 3-4 permasalahan yang dialami. Ditinjau dari kondisi hidrologinya, hanya terdapat 40 telaga yang cukup potensial untuk menyediakan sejumlah air selama satu tahun, sedangkan yang lainnya mengalami penyusutan air secara drastis atau bahkan kering.
3. Wilayah dengan kondisi telaga yang perlu mendapatkan prioritas dan perhatian tinggi untuk dilakukan konservasi adalah:
 - a. Prioritas tahap I, meliputi: Kecamatan Semanu, Tepus, dan Tanjungsari;
 - b. Prioritas tahap II, meliputi: Kecamatan Rongkop, Girisubo, dan Ponjong;

- c. Prioritas tahap III, meliputi: Kecamatan Purwosari, Saptosari, Paliyan, dan Panggang.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada Kantor Pengendalian Dampak Lingkungan Kabupaten Gunungkidul atas pembiayaan dan kerjasama yang baik dalam pelaksanaan penelitian ini. Penghargaan yang tinggi juga saya sampaikan kepada Saudara Tjahyo Nugroho Adji, M.Sc.Tech., Dra. M. Widyastuti, M.T., dan para asisten yang telah banyak membantu selama penelitian ini berlangsung.

Daftar Pustaka

- Atkinson, T.C., 1985, *Present and Future Direction in Karst Hydrology*, Ann. Soc. Geology Belgique. 108, 293-296.
- Balazs, D., 1971, Intensity of the Tropical Karst Development Based on Cases of Indonesia, *Karszt-Es Barlangkutatas*, Volume VI, Budapest, Globus nyomda, 67p
- Bogli, 1980, *Karst Hydrology and Physical Speleology*, Springer-Verlag
- Dinas Kehutanan dan Perkebunan Kabupaten Gunungkidul, 2005, *Laporan Tahunan*
- Dinas Perekonomian, Sub Dinas Pertambangan, Kabupaten Gunungkidul, 2005, *Laporan Pertambangan di Kabupaten Gunungkidul*
- Haryono, E., 2000, Kajian Mintakat Epikarst Untuk Penyediaan Air Bersih di Daerah Gunungkidul, *Laporan Penelitian*, HB VIII/1 Perguruan Tinggi tahun 1999-2000, Fakultas Geografi, UGM, Yogyakarta
- Jankowski, J., 2001, *Groundwater Environment, Short Course Note*, School

- of Geology, University Of New South Wales, Sydney, Australia
- Kantor Pengendalian Dampak Lingkungan Kabupaten Gunungkidul, 2005, Identifikasi dan Cara Penanganan Kerusakan Sumberdaya Alam dan Lingkungan Hidup di Kawasan Karst Kabupaten Gunungkidul, *Laporan Akhir*, Kabupaten Gunungkidul
- Kantor Pengendalian Dampak Lingkungan Kabupaten Gunungkidul, 2006, Identifikasi Kerusakan Sumber Air (Telaga) dan Cara Pemulihannya di Kabupaten Gunungkidul, *Laporan Akhir*, Kabupaten Gunungkidul
- Sweeting, M. M., 1972, *Karst Landforms*, Macmillan, London
- Trudgil, S., 1985, *Limestone Geomorphology*, Longman, New York
- White, 1988, *Geomorphology and Hydrology of Karst Terrain*, Oxford University Press, London

Aktivitas Tektonik dan Vulkanik Hubungannya dengan Perubahan Aliran "Bengawan Solo" Purba di Daerah Wonogiri, Jawa Tengah

Helmy Murwanto, Sutarto,^{1,2}

^{1,2} Teknik Geologi Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

Abstract

Based on the research, indicates that Bengawan Solo river had ever flowed to the south empties into Hindia Ocean at Early Quaternary. Bengawan Solo streaming flow before reach the Giritirto valley, some of it's watercourses that coming from Old Mountain slope (Tertiary) would empties into Baturetno Lake, which it's stands as base level erosions temporarily for drainage system at Bengawan Solo upstream.

Change of Bengawan Solo's streaming flow, was caused by tectonic activity that occurred at the Middle Pleistosen period, due to increased intensity of South Mountain uplift followed by some faults formed that cut the Baturetno basin, which the north block move to downward relatively to the south block of it's fault. Tectonic process which is followed by faulting caused some of Bengawan Solo's watercourses stream flow were changed, it's flow through the new fault structure zone. At the same time, Old Lawu volcano erupted, partly of it's explosion matter was deposited and stemmed north a part of Baturetno basin. It's stemming process caused overwhelming swamp was formed widely in Baturetno Basin, left the trace such as black claystone which is spreaded widely, deposited overlying on lake deposit and tuff deposit of Old Lawu volcano's product.

Tectonic process and Old Lawu volcanic activities, due to The Bengawan solo didn't stream into southward. But, streamed at north direction of Baturetno basin "outlet", while eroded Old Lawu deposit, then stream through Solo plain, and finally stream to northward and empties into Java Sea until present.

Keywords: stream flow changed, Early Quaternary Bengawan Solo, tectonic and volcanic activity

1. Pendahuluan

Bengawan Solo merupakan sungai terpanjang di Pulau Jawa, yang banyak menyimpan data geologi dan data-data sejarah masa lalu. Berbagai data yang tersimpan di sepanjang aliran Bengawan Solo, mempunyai sumbangan yang sangat besar nilainya bagi ilmu pengetahuan alam yang erat kaitannya dengan bidang geologi, geografi, arkeologi maupun sejarah peradaban manusia.

Maksud dari penelitian ini, untuk menyempurnakan penelitian penulis (tahun 2000) tentang kajian jejak Bengawan Solo purba, yang menyatakan aliran Bengawan Solo purba, pada pada awalnya mengalir dan bermuara di Samudera Hindia. Tujuan dari penelitian kali ini adalah untuk menyingkap salah satu dari sejarah panjang Bengawan Solo yakni mencari bukti penyebab perubahan aliran bengawan solo, dengan cara mendapatkan data-data stratigrafi, struktur geologi, geomorfologi di lapangan. Hasilnya diharapkan dapat memecahkan

misteri tentang penyebab terjadi perubahan aliran Bengawan Solo, dari mulanya mengalir menuju Samudera Hindia berubah mengalir ke utara menuju Laut. Jawa.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2. Kajian Pustaka

Tidak sedikit literatur yang membahas tentang keberadaan lembah Giritontro yang diinterpretasikan sebagai jejak aliran Bengawan Solo, yang pada mulanya mengalir menuju

Samudra Hindia. Perubahan aliran ini berkaitan dengan proses tektonik berupa proses pengangkatan dan pensesaran bongkah pegunungan selatan pada kala plistosen tengah (Bemmelen, 1949), dimana kecepatan pengangkatan (*up lift*) tidak dapat diimbangi oleh proses penggerusan aliran Bengawan Solo. Akibatnya aliran Bengawan Solo menjadi terbendung dan terbentuk lingkungan danau, di sekitar daerah Baturetno sampai Eromoko. Lambat laun genangan tersebut menemukan jalan keluar (*outlet*) menuju daerah yang lebih rendah ke arah utara, aliran Bengawan Solo menjadi bermuara di laut Jawa hingga sekarang.

Hipotesis serupa juga disampaikan Pannkoek (1949) dalam tulisannya "*Out Line Of Geomorphology Of Java*". Dia menyebutkan bahwa perubahan aliran Bengawan Solo, disebabkan oleh proses penurunan cekungan Baturetno, sehingga aliran yang melewati zona pegunungan selatan tertahan, akibatnya terbentuk aliran baru yang memotong beberapa anak sungai Bengawan Solo mengalir menuju ke arah utara.

Dengan demikian kedua ahli tersebut sependapat, bahwa pada mulanya Bengawan Solo mengalir ke arah selatan, memotong jalur Pegunungan Selatan, melewati suatu lembah yang dikenal dengan lembah Giritontro dan akhirnya bermuara di Samudera Hindia, sedangkan aliran Bengawan Solo ke Samudra Hindia sudah berlangsung sejak awal zaman Kuartar (Murwanto, 2000)

Sejarah aliran Bengawan Solo untuk mendapatkan jalan keluar ke arah utara menuju laut Jawa, tidak dilalui dengan proses yang mudah dan sederhana. Hal ini disebabkan, di sebelah utara dari zona Solo juga mengalami proses tektonik, yang menyebabkan cekungan Jawa utara terlipat dan terangkat membentuk jalur Pegunungan Kendeng dan Pegunungan Rembang (Sartono, 1976). Proses tektonik yang

pada dasarnya menghambat aliran Bengawan Solo, untuk mencapai muara dapat di lewati dengan meninggalkan jejak, berupa teras-teras sungai dan lembah curam yang memotong batuan tersier di Zona Pegunungan Kendeng. Hal ini dapat dijelaskan karena daya gerus dari Bengawan Solo dapat mengimbangi kecepatan proses pengangkatan yang berlangsung sampai sekarang. Proses antesedensi Bengawan Solo menuju laut Jawa, meninggalkan jejak berupa teras-teras sungai berumur tua (kala Plistosen Tengah) sampai berumur muda (kala sub-Resen), berada pada ketinggian 2-97 meter dari dasar lembah Bengawan Solo sekarang.

3. Hipotesis

1. Aliran Bengawan Solo purba ke selatan dan bermuara di Samudra Hindia, tentu akan meninggalkan jejak bekas alur lembah sungai, memotong pegunungan selatan "Perbukitan Seribu" memanjang sampai pantai selatan.
2. Pada alur lembah bekas aliran Bengawan Solo purba, akan banyak ditemukan bahan-bahan rombakan "detritus", materialnya berasal dari daerah hulu, yakni daerah tinggian tempat cabang-cabang sungai/anak sungai Solo berawal.
3. Proses geologi yang mengakibatkan terjadinya pembendungan aliran Bengawan Solo dan perubahan arah aliran ke utara, akan dapat dibuktikan berdasarkan data stratigrafi dan struktur geologi, disekitar daerah aliran Bengawan Solo maupun di cekungan Baturetno.

4. Interpretasi Peta dan Pengamatan Data Lapangan

Sebelum melakukan pengamatan lapangan, kegiatan diawali dengan interpretasi peta topografi maupun peta geologi untuk membantu menentukan lokasi pengamatan

antara lain lokasi cekungan Baturetno, lokasi daerah tinggian yang diperkirakan dahulu sebagai pusat berawalnya alur-alur anak sungai Bengawan Solo Purba, maupun lokasi yang diperkirakan berkembangnya struktur geologi di daerah penelitian. Dari hasil interpretasi topografi dan peta geologi tersebut diatas, kemudian dilakukan pembuktian lapangan untuk mendapatkan data-data lapangan, diperlukan metode sebagai berikut:

- Mengamati gejala geologi dan geomorfologi yang berkembang di sepanjang lembah sungai purba dan cekungan Baturetno
- Mendapatkan data, stratigrafi dan struktur geologi, dari daerah yang diperkirakan sebagai wilayah terjadinya perubahan aliran Bengawan Solo purba, sebelum mendapatkan jalan keluar menuju laut Jawa.

5. Cekungan Kuarter Baturetno

Cekungan Baturetno di daerah penelitian, mempunyai ekspresi topografi berupa dataran rendah yang dikelilingi oleh bentuk lahan perbukitan. Dataran rendah Baturetno tersebut memperlihatkan kenampakan bergelombang, menempati ketinggian antara 150 sampai 170 m dpl. Struktur geologi dataran rendah Baturetno terletak pada struktur sinklin, dimana lapisan-lapisan batuan sedimen yang tersingkap di perbukitan sekelilingnya, memperlihatkan arah kemiringan dip menuju dataran rendah Baturetno.

Secara stratigrafis di cekungan Baturetno terendapkan sedimen-sedimen berumur kuarter, sedimen tersebut terendapkan secara tidak selaras "*Angular Unconformity*" di atas batuan yang berumur Tersier. Sedimen Kuarter tersebut tersusun dari batulempung abu-abu dengan ciri-ciri banyak mengandung cerat karbonat, di beberapa tempat batulempung terpotong oleh lensa-lensa batupasir konglo-

meratan maupun konglomerat, fragmennya terdiri dari batugamping, batuan beku, rijang dan kadang-kadang dijumpai fragmen fosil vertebrata. Satuan batulempung abu-abu tersebut, di atasnya tertutup oleh tufa gunung-api berwarna putih kecoklatan dengan ketebalan antara 40-50 cm. Di atas tufa terendapkan satuan batulempung hitam yang pelamparannya sangat luas di Cekungan Baturetno, batulempung hitam tersebut ke arah tepi cekungan, akan berubah fasies dengan batupasir dan konglomerat, perubahan tersebut sangat jelas tersingkap di sisi bagian barat maupun sisi timur cekungan Baturetno. Konglomerat dan batupasir konglomeratan yang berubah fasies dengan batulempung hitam, fragmennya di dominasi batuan beku, batupasir vulkanik, fosil kayu terkarsikan, merupakan hasil transportasi dari aliran sungai-sungai yang hulunya berasal dari perbukitan vulkanik berada di sekitar cekungan Baturetno.



Gambar 2. Kenampakan foto satelit dan lapangan dataran rendah Baturetno

Beberapa sungai yang mengalir dan bermuara di cekungan Baturetno tersebut, meninggalkan jejak topografi berupa punggung-punggungan memanjang terletak diantara dataran rendah, bentuk punggung akan menjadi semakin landai ke arah bagian tengah cekungan Baturetno, menyerupai bentuk



(A). singkapan endapan Kuartar danau Baturetno. (B). ketebalan endapan danau \pm 6 meter, tersusun dari bawah berupa batulempung abu-abu muda \pm 2 m dengan lensa-lensa konglomerat, tufa \pm 75 cm dan endapan termuda batulempung hitam endapan rawa \pm 4 meter. Lokasi utara dusun Jimbar, Giritontro.



(C). Endapan Kuartar bagian atas terdiri dari batulempung hitam kecoklatan endapan rawa, terpotong "Scour" oleh lensa-lensa Konglomerat. Lokasi di sebelah timur dusun Panekan. (D). Konglomerat dengan fragmen-fragmen batugamping, batuan beku dan fosil vertebrata.

Gambar 4. Bukti-bukti yang diamati pada daerah penelitian

fragmen batuan beku, batugamping, rijang, kayu terkersikan, pecahan-pecahan fosil vertebrata. Fragmen-fragmen yang terkandung di dalam konglomerat, menunjukkan hasil endapan fluvial dan dari berbagai macam fragmen, memperlihatkan sumber sedimen berasal dari batuan Tersier dan gambaran kehidupan di daerah tinggian sekitar cekungan Baturetno masa lalu.

Danau Baturetno pada waktu itu berperan sebagai filter terhadap material sedimen yang akan ditransport menuju beberapa alur keluar "outlets" ke arah selatan. Beberapa alur kemudian menyatu di lembah utama Giritontro,

dengan meninggal-kan jejak undak-undak sungai pada kedua dinding lembah. Undak-undak sungai tersebut tersusun dari perselingan endapan yang bebutir lanau dengan pasir halus, di dalamnya terkandung fosil-fosil vertebrata, diantaranya dari *famili Cervidae* dan *Suidae* menunjukkan umur Pliosen sampai Plistosen (Murwanto, 2000). Lembah sungai kering dapat ditelusuri mulai dari sebelah timur dusun Sumur Kecamatan Giritontro, berkelok-kelok ke arah selatan berakhir di teluk Sadeng Kabupaten Gunungkidul. Proses pembentukan lembah Bengawan Solo purba, sudah dimulai sejak batugamping Formasi Wonosari mulai



(A) Jejak alur lembah Giritontro "Bengawan Solo Purba" memperlihatkan endapan undak sungai pada kedua dinding lembahnya. Lokasi di sebelah selatan dusun Sumur Giritontro.
 (B) Jejak alur lembah Giritontro "Bengawan Solo Purba" memanjang ke arah selatan sampai teluk Sadeng, berperan sebagai outlet danau Baturetno pada awal zaman Kuartar. Lokasi di sebelah timur dusun Pucung Girisubo.

Gambar 5. Bekas alur lembah Sungai Bengawan Solo Purba

tersingkap di permukaan, pada saat kondisi batugamping masih berupa koloni kehidupan karang maupun dalam bentuk endapan hancuran terumbu karang. Kondisi batugamping masih mudah tererosi oleh aliran Bengawan Solo purba, karena masih bersifat lunak belum mengalami proses lithifikasi atau diagenesa.

Perubahan aliran Bengawan Solo purba, disebabkan oleh peningkatan intensitas pengangkatan Pegunungan Selatan, pada kala Plistosen Tengah. Proses tektonik tersebut

diikuti oleh terbentuknya sesar-sesar baru, memotong cekungan Baturetno dengan arah barat laut-tenggara, dimana blok bagian utara bergerak relatif turun terhadap blok di sebelah selatannya, sesar-sesar baru tersebut di antaranya adalah sesar Pucunglangan, sesar Sungai Tirtomoyo, sesar Keduwan. Sesar Pucunglangan mengakibatkan berpindahnya aliran sungai Bengawan Solo dan sungai Lanang, mengalir mengikuti zona struktur baru, aliran sungai lama yang ditinggalkan



(A) singkapan yang memperlihatkan antara arah kemiringan lapisan dari perselingan batugamping kalkarenit dengan kalsilitut yang miring ke arah timur menuju cekungan Baturetno, dengan kedudukan $N 5^{\circ} E/10^{\circ}$. Lokasi terletak di dusun Gunungsari sebelah barat Pracimantoro.
 (B) singkapan perselingan batugamping kalkarenit dengan napal yang memperlihatkan kemiringan ke arah utara sebesar $N 95^{\circ} E/15^{\circ}$. Lokasi di sebelah selatan desa Sumur, Giritontro.

Gambar 6. Singkapan batuan pada lokasi penelitian

meninggalkan jejak alur lembah sungai kering di sekitar gunung Bromo memanjang sampai giritontro. Sesar Sungai Tirtomoyo mengubah aliran sungai Tirtomoyo mengikuti lembah sesar ke arah barat laut, sesar Keduwan menjadikan bukit-bukit Tersier yang berada di sebelah utara gunung Gajah Mungkur, gunung Gandul, dan gunung Pegat, menjadi tenggelam atau merosot terhadap pegunungan di sebelah selatannya tersebut. Kemudian blok yang tenggelam terisi oleh material-material vulkanik Lawu tua yang berumur lebih muda.

Proses tektonik plistosen tengah diikuti pula oleh aktivitas vulkanik Lawu tua, sebagian hasil letusannya akan terendapkan di cekungan Baturetno berupa endapan tufa setebal 0,5 meter, sebagian endapan lahar dan fluvio-vulkaniknya akan mengisi blok sesar Keduwan yang mengalami penenggelaman, akibatnya cekungan Baturetno bagian utara akan terbendung oleh material vulkanik Lawu tua, terjadilah genangan rawa yang sangat luas, dengan meninggalkan jejak endapan batulempung hitam setebal 4 sampai 5 meter tersebar luas di cekungan Baturetno.

Endapan lempung hitam tersebut terendapkan di atas lapisan tufa, dari hasil aktivitas letusan gunung Lawu tua yang terjadi pada kala Plistosen tengah. Proses pembendungan aliran Bengawan Solo oleh material vulkanik Lawu tua, lambat laun dapat terlewati dan akhirnya menemukan jalan keluar, ke arah barat laut melewati dataran Solo, kemudian ke arah utara menuju laut Jawa sampai sekarang.

7. Kesimpulan

1. Cekungan Baturetno merupakan depresi topografis yang dikelilingi oleh bentuk lahan pegunungan, sisi sebelah timur dibatasi oleh pegunungan Rahtawu dan pegunungan Semiling, di sisi sebelah utara dibatasi oleh

pegunungan Pegat dan pegunungan Kukusan, di sisi sebelah barat dibatasi oleh pegunungan Panggung dan di sisi selatan dibatasi oleh pegunungan scribu. Topografi depresi terjadi akibat proses tektonik membentuk struktur sinklinal pada akhir zaman Tersier.

2. Struktur sinklinal Baturetno berperan sebagai cekungan sedimentasi kuartar, pada saat Bengawan Solo mengalir dan bermuara di Samudera Hindia, cekungan Baturetno merupakan tempat bermuaranya sungai-sungai besar maupun kecil yang berasal dari lereng-lereng pegunungan di sekelilingnya membentuk lingkungan danau, danau Baturetno berperan juga sebagai erosi dasar sementara "*base level erosion temporary*", bagi kawasan di sekitar cekungan Giritontro.

3. Danau Baturetno sebagai zona penyaring bagi material-material sedimen yang akan tertransport melalui beberapa alur keluar "*out lets*", menuju lembah sungai utama Giritontro. Proses penyaringan material sedimen tersebut tercermin dari halusnya ukuran butiran fragmen dari endapan undak-undak sungai yang tersingkap di kedua dinding lembah Giritontro.

4. Proses tektonik Plistosen tengah mengakibatkan meningkatnya intensitas proses pengangkatan pegunungan selatan, disertai dengan terbentuknya struktur-struktur sesar yang memotong cekungan Baturetno dengan arah barat laut-tenggara, sesar-sesar tersebut antara lain: sesar Pucunglangan, sesar S. Tirtomoyo, dan sesar Keduwan. Struktur sesar mengakibatkan blok bagian utara bergeser relatif turun terhadap blok di bagian selatannya, akibatnya anak-anak sungai Bengawan Solo akan berpindah aliran, mengikuti lembah-lembah sesar yang baru, aliran aliran lama akan ditinggalkan dan menjadi lembah sungai kering, seperti yang terjadi di sekitar gunung Bromo sampai

Giritontro.

5. Proses tektonik Plistosen tengah juga diikuti oleh aktivitas vulkanik Lawu Tua, material letusannya sebagian terendapkan di danau Baturetno, material laharnya terendapkan dan membendung cekungan Baturetno bagian utara, akibatnya terbentuk genangan rawa yang sangat luas di cekungan Baturetno, dengan meninggalkan jejak berupa endapan batulempung hitam yang tersebar sangat luas, terendapkan selaras di atas batulempung abu-abu endapan danau dan endapan tufa hasil letusan Lawu Tua, di beberapa tempat batulempung hitam terendapkan di atas batuan tersier secara tidak selaras.

Daftar Pustaka

- Bemmelen, R.W. Van. 1949. "The Geology of Indonesia". Govt Printing office. the-Haque, 732 pp.
- Mark, P. 1961. "Stratigraphic Lexicon of Indonesia". Departemen Perindustrian Dasar/Pertambangan Djawatan Geologi-Bandung.
- Murwanto dkk. 2000. "Kajian Jejak Bengawan Solo Purba di Daerah Wonogiri Selatan, Jawa Tengah".
- Pannekoek, A.J. 1949. "Outline of the Geomorphology of Java". TAG th 1949.
- Samodra dkk. 1992. "Geologi Lembar Pacitan, Jawa", Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Sartono, S. 1976. "Genesis of the Solo Terraces", Departemen Geologi, Institut Teknologi Bandung.
- Surono dkk. 1992. "Geologi Lembar Surakarta-Giritontro, Jawa", Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

**SIFAT LETUSAN GUNUNGAPI KELUD, KRAKATAU, DAN SOPUTAN
SERTA PEMANFAATAN SUMBER DAYA PASCALETUSAN**

Sunarto

Pusat Studi Bencana (PSBA) – UGM

Abstract

After harvested earthquake, now Indonesia harvesting of volcanic eruption. Both natural phenomena are normal event, because based on geographic and geologic, earthquake and volcanic eruption have a real connection. Based on geospatial view, most of Indonesian islands are located at subduction range as the center tectonic of earthquake. In front of subduction areas, there are many strato volcanic which active and dormant. Kelud volcano is strato volcanic with freatic and magmatic eruption characteristic, as strombolian eruption type. Krakatau volcano has unique morphohistory. It change from large volcanic strato to be large caldera and one island build by three volcanoes (Rakata, Danan, and Perboewatan volcano). Explosive and catastrophic eruption in august 27th 1883 as the consequences of Danan, and Perboewatan volcano erupt all together. After the catastrophic explosion, anak Krakatau appears up to now. Strato soputan is a mountain with freatomagmatics and as strombolian volcanic type.

Some benefit profit that can be taken from mountain phenomena are fertile soil, shallow groundwater, pleasure location, beautiful and interesting objects as tourism objective, like lava or volcanic tour.

Key words : volcanic, eruption, resources.

1. Pendahuluan

Wilayah Indonesia yang terletak pada *the ring of fire* atau sabuk gunungapi Pasifik, memiliki sebanyak 129 gunungapi. Dari sejumlah 129 gunungapi di Indonesia tersebut, yang pernah meletus pada tahun 1600 hingga sekarang (gunungapi tipe A) sebanyak 76 gunungapi. Jumlah daerah yang terancam oleh letusan gunungapi seluas 16.620 km², dan jumlah penduduk yang terancam lebih dari 2 juta jiwa (Kusumadinata, 1979; Katili dan Siswawidjojo, 1994; Prihadi, 2005). Dua bulan terakhir ini sedikitnya ada empat gunungapi yang meningkat kegiatannya, yaitu Gunungapi Kelud (Jawa Timur), Gunungapi Krakatau (Selat Sunda), Gunungapi Soputan (Sulawesi Utara), dan Gunungapi Semeru (Jawa Timur).

Masyarakat Indonesia merasakan, bahwa sejak kejadian gempabumi Nabire pada 26 November 2004 hingga kini November 2007 masih terus dicemaskan oleh ancaman bencana, baik bencana gempabumi, banjir,

longsor, angin rebut (puting beliung), maupun letusan gunungapi. Jika bencana banjir, longsor dan angin rebut merupakan bencana di Indonesia yang bersifat rutin, musiman pada setiap tahun, maka bencana gempabumi dan letusan gunungapi dapat dikatakan sebagai bencana yang bersifat bukan musiman pada setiap tahunnya.

2. Sifat Letusan Gunungapi Kelud dan Pemanfaatan Sumberdaya Pascaletusan

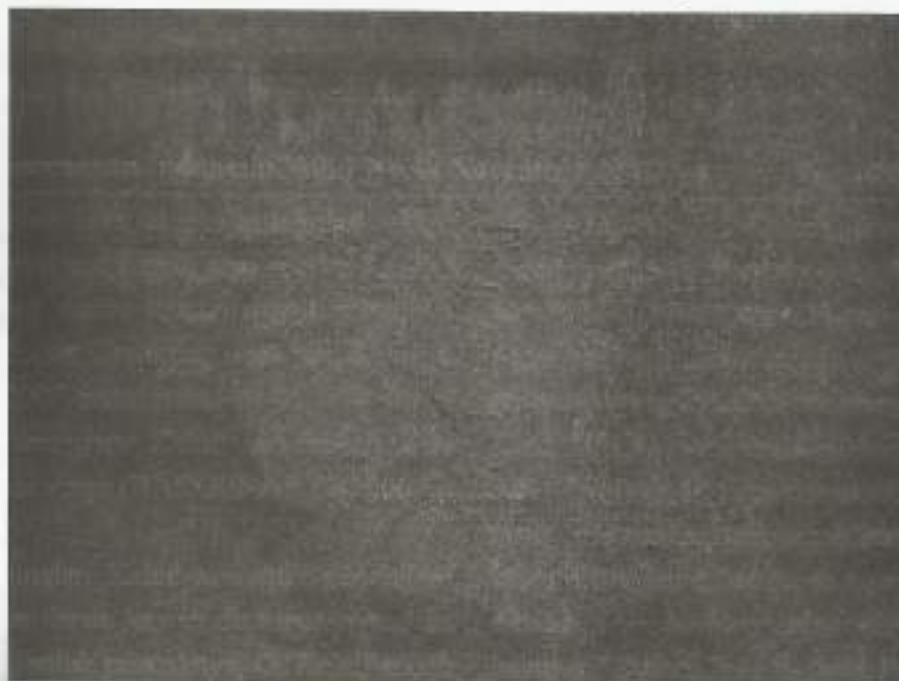
Status aktivitas Gunungapi Kelud pada bulan 11 September 2007 dinyatakan waspada. Sejak 16 Oktober 2007 pukul 17.26 WIB, status aktivitas Gunungapi Kelud ditingkatkan dari siaga ke awas. Pada hari Sabtu 3 November 2007 pukul 16.00 WIB Gunungapi Kelud dinyatakan telah meletus. Pada hari itu masyarakat mendengar suara dentuman. Suhu air danau Kawah Kelud pada kedalaman 15 m mencapai 74,8° C. Pada tanggal 5 November 2007 diketahui di danau Kawah Kelud

terbentuk kubah lava dengan ketinggian sekitar 38 meter dari dasar kawah atau sekitar 5 meter dari muka air danau kawah dan diameternya sekitar 100 meter. Terhitung sejak hari Kamis 8 November 2007 mulai pukul 04.05 WIB status aktivitas Gunungapi Kelud diturunkan dari awas menjadi siaga (BAKORNAS PB, 2007 a dan b).

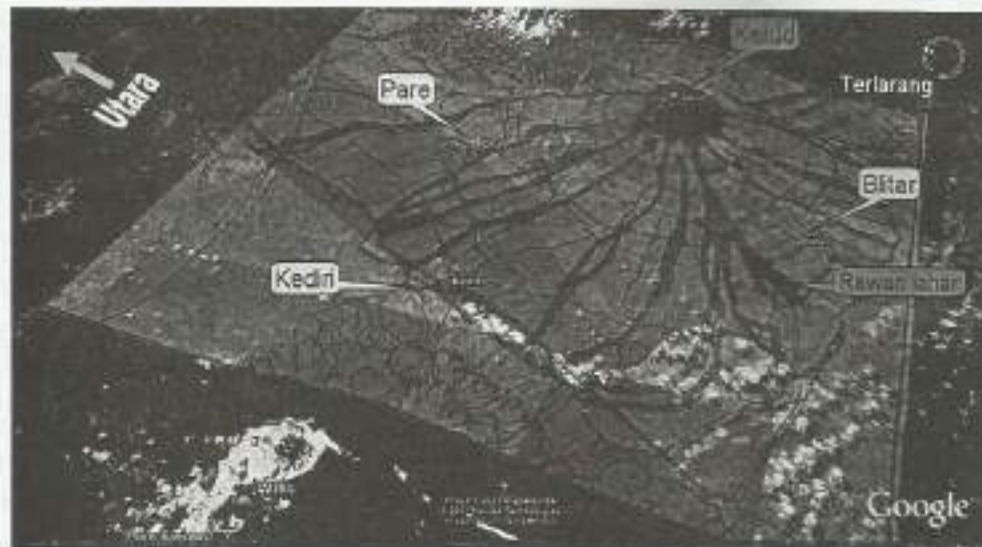
Gunungapi Kelud termasuk gunungapi strato dengan danau kawah di puncaknya. Jika dilihat dari bentuk puncaknya, G. Kelud sudah tidak berbentuk kerucut lagi, tetapi bentuk puncaknya tidak beraturan. Puncak sisi timur (G. Kelud) berketinggian 1.724 m dpal., puncak sisi utara (G. Kambang) berketinggian 1.561 m dpal., puncak sisi selatan (G. Sumbing) mempunyai tinggi 1.506 m dpal, dan puncak sisi barat mempunyai ketinggian 1.347 m dpal. Ketinggian danau kawah sekitar 1.179 m dpal (lihat Peta RBI pada Gambar 1). Ketidakteraturan bentuk puncak G. Kelud dapat mengindikasikan bahwa G. Kelud pernah meletus dahsyat, sehingga letusannya sampai merusak bentuk kerucutnya.

Letusan G. Kelud yang merusak dan menimbulkan korban itu oleh Katili dan Siswowodjojo (1994) dijuluki sebagai gunungapi penyebar maut. Pada tahun 1901 aliran lahar (letusan) yang besar telah menerobos hingga Kota Blitar menimbulkan korban sebanyak 5.110 jiwa dan 104 desa hancur. Menurut penuturan masyarakat, wilayah Blitar seringkali dilanda aliran lahar, sehingga wilayah yang telah dibangun berubah kembali lagi menjadi seperti halaman. Dalam bahasa Jawa dikatakan sebagai: "*bali dadi latar*" atau diucapkan secara cepat menjadi "*Blitar*". Kerawanan wilayah Blitar terhadap aliran lahar dapat dilihat pada Gambar 2.

Berdasarkan hasil wawancara dengan masyarakat wilayah Kediri pada hari Sabtu, 27 Oktober 2007, bahwa masyarakat telah lama mempunyai pendapat letusan G. Kelud memiliki periode ulang sekitar 2 – 4 windu atau 16 – 32 tahun. Katili dan Siswowodjojo (1994) mengemukakan, bahwa masa istirahat G. Kelud berkisar 15 – 32 tahun atau rata-ratanya 23,5 tahun, sedangkan Matahelumual (1974, di

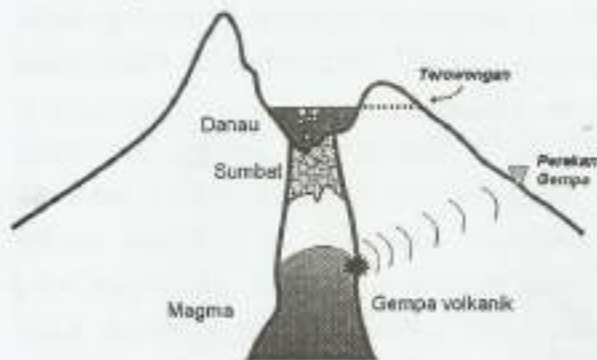


Gambar 1. Puncak dan Danau Kawah G. Kelud (Peta RBI Lb 1508-321, 2001)



Gambar 2. Wilayah Blitar sangat rawan terhadap aliran lahar (Endra, 2007)

dalam: Katili dan Siswamidjojo, 1994) mengemukakan bahwa rata-rata masa istirahat G. Kelud sekitar $20,2 \text{ tahun} \pm 2,5 \text{ tahun}$. Di samping itu, letusan G. Kelud tanpa ada gejala awal yang jelas dan letusannya biasanya mengosongkan isi kawah, sehingga umumnya diawali dengan letusan freatik. Setelah mengosongkan air danau kawahnya dengan letusan freatik, terjadinya letusan G. Kelud harus merombak sumbat lava yang ada di dasar danau kawah (lihat Gambar 3).



Gambar 3. Letusan G. Kelud terjadi dengan terlebih dahulu merombak sumbat lava (Endra, 2007)

Menurut Stehn (1929, di dalam: van Padang, 1951; Kusumadinata, 1979) proses letusan G. Kelud melalui tahapan-tahapan sebagai berikut.

1. Air disemburkan dari danau kawah, se-

- hingga terjadi aliran lahar-letusan dari air danau kawah dengan suhu semula rendah kemudian suhunya meninggi.
2. Isi pipa kepundan terlontar dari kawah, yang berupa fragmen dan bahan rombakan pipa kepundan, sehingga terjadi awan panas.
3. Terjadi letusan gas yang mengandung abu vulkanik. Setelah letusan ini aktivitas G. Kelud menurun.
4. Terjadi tahapan sofataru.
5. Terjadi pengisian danau kawah oleh air hujan.

Sejak hari Minggu 4 November 2007, letusan G. Kelud memunculkan kubah lava yang menyebabkan berkurangnya air danau kawah Kelud (lihat Gambar 4). Pembentukan kubah lava sebenarnya bukan hanya terjadi pada letusan saat ini saja, karena letusan pada tahun 1376 (Kusumadinata, 1979) dan tahun 1385 juga membentuk kubah lava (Katili dan Siswamidjojo, 1994).



Gambar 4 Danau kawah G. Kelud sebelum terbentuk kubah (A), kubah lava G. Kelud yang muncul dari danau kawah sejak 4 November 2007 (B)

Pada waktu sebelum G. Kelud meningkat aktivitasnya, danau kawah ini telah dijadikan objek wisata. Memang secara alami, manusia selalu menginginkan suasana yang berbeda dari yang dialami sehari-hari. Variasi suasana sangat diperlukan dalam kehidupan. Variasi suasana yang biasa dikehendaki manusia antara lain mencari udara sejuk, mencari tempat di tepi air, atau mencari tempat yang lebih tinggi agar dapat menikmati pandangan cakrawala yang luas. Oleh karena itu, berwisata merupakan alternatif untuk mencari variasi suasana tersebut.

Danau kawah G. Kelud memenuhi ketiga variasi suasana tersebut, sehingga danau kawah tersebut dapat dijadikan alternatif sebagai tempat wisata. Bahkan kondisi saat ini berbeda dengan kondisi sebelumnya, yakni munculnya kubah lava dari dasar danau kawah G. Kelud. Fenomena ini sangat dinanti masyarakat untuk lebih dekat mengetahui fenomena kubah lava tersebut, tetapi status aktivitas G. Kelud

sekarang masih siaga, sehingga masyarakat belum dapat menikmati fenomena alam tersebut.

Pascaletusan G. Kelud pada tahun 1990 meninggalkan material *pumice* atau batu apung yang luar biasa banyaknya. Material ini memiliki banyak manfaat, seperti untuk rancangan interior ruangan sebagai peredam suara, untuk pembersih porselin, atau sebagai sumber daya pertambangan golongan C.

3. Sifat Letusan Gunungapi Krakatau dan Pemanfaatan Sumberdaya Pascaletusan

Morfohistori Gunungapi Krakatau sangat unik. Menurut Verbeek (1885, di dalam van Padang, 1951) dan Escher (1919, di dalam van Padang, 1951) Gunungapi Krakatau semula berupa sebuah gunungapi dengan ketinggian 2.000 m. Sebuah gunungapi yang sangat tinggi itu telah meletus dahsyat meninggalkan bentuk kaldera dengan tiga pulau. Ketiga pulau sisa itu adalah Pulau Rakata, Pulau Sertung (*Verlaten Island*), dan Pulau Rakata Kecil (*Lang Island*). Pulau Rakata berupa rangkaian tiga gunungapi, yaitu G. Rakata, G. Danan, dan G. Perboewatan (lihat Gambar 5).

Sekarang G. Krakatau berupa kepulauan gunungapi di Selat Sunda. Kepulauan gunungapi ini terdiri atas empat pulau, yaitu P. Rakata, P. Panjang, P. Sertung, dan Pulau Gunungapi Anak Krakatau (lihat Gambar 6). Kepulauan gunungapi ini terbentuk setelah letusan dahsyat tahun 1883. Gunungapi yang sangat aktif adalah G. Anak Krakatau. Katili dan Siswamidjojo (1994) mengemukakan, bahwa berdasarkan fase dan periode aktivitasnya dapat diurutkan sebagai berikut.

1. Kegiatan awal setiap periode berupa tipe letusan ultravulkanian atau tipe vulkano;
2. Kegiatan G. Anak Krakatau pada periode 1927 – 1981 merupakan periode awal setelah letusan katastrofik 1883. Karena kegiatan tersebut sekarang ini telah

Katili dan Siswawidjojo (1994) memperkirakan letusan dahsyat G. Anak Krakatau berdasarkan Teori *Scoring out - collapse* dari Escher dan Teori *Emptying out-breaking-down* dari van Bemmelen dengan menghitung volume hasil letusan. Dugaannya, bahwa letusan katastrofik G. Anak Krakatau akan terjadi lagi jika volume letusan yang baru sama dengan jumlah volume G. Danan dan G. Perboewatan, sehingga kemungkinan G. Krakatau akan meletus katastrofik lagi besok pada tahun 2340.

Gambaran tentang G. Danan dan G. Perboewatan yang masih serangkaian dengan G. Rakata sebelum letusan katastrofis tahun 1883 dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7: Sketsa G. Krakatau sebelum letusan katastrofik 1883 (van Padang, 1951)

Letusan dahsyat G. Krakatau diawali pada tanggal 20 Mei 1883 dan berakhir pada Februari 1884. Letusan pertama diawali dari G. Perboewatan, yang merupakan gunungapi paling utara dan paling rendah daripada G. Danan dan G. Rakata (Kusumadinata, 1979). Menurut van Padang (1951), awan abu dan uap air mencapai ketinggian 1.100 m dpal dan dentumannya terdengar sejauh lebih dari 200 km.

Pada bulan Juni 1883 G. Danan mulai menunjukkan aktivitasnya. Letusan dahsyat terjadi pada hari Senin 27 Agustus 1883 pukul 10.02 WIB. Dentuman yang menyertai eksplosi terdengar pada pukul 10.02 dan 10.52 hingga

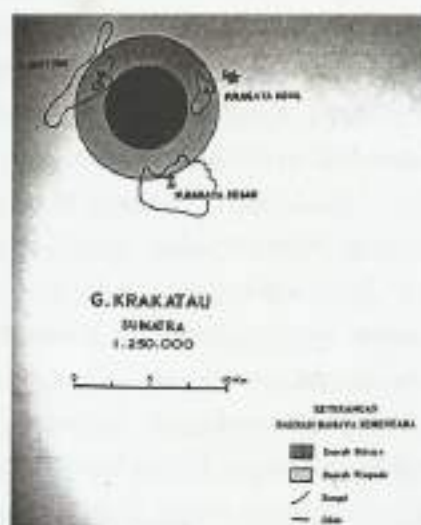
Singapura dan Australia. Selama itu batuapung dan abu vulkanik halus terlontar hingga setinggi 70 - 80 km dan menutupi daerah seluas 827.000 km² (Kusumadinata, 1979).

Letusan katastrofik ini menyebabkan runtuh gunungapi dan menimbulkan tsunami setinggi lebih-kurang 30 m. Kejadian tsunami ini menimbulkan korban meningga 36.417 jiwa. Ada pendapat lain dari Matahelumual (Kusumadinata, 1979), bahwa runtuhnya gunungapi ini bukan disebabkan oleh letusan katastrofik, melainkan disebabkan pada saat yang sama terjadi gempabumi tektonik di Selat Sunda. Akibat letusan dahsyat tersebut, kini G. Perboewatan dan G. Danan telah hancur dan yang muncul adalah G. Anak Krakatau (lihat Gambar 8).



Gambar 8. G. Krakatau setelah letusan katastrofik 27 Agustus 1883. Peta yang menggambarkan Krakatau kehilangan G. Perboewatan dan G. Danan (Atas) Sketsa G. Anak Krakatau dengan latar belakang G. Rakata (Bawah) (Pararas-Carayannis, 1977)

Gunungapi Anak Krakatau sejak hari Sabtu 27 Oktober 2007 menunjukkan peningkatan aktivitasnya. Pada saat itu, selama 6 jam (dari pukul 00.00 sampai ke pukul 06.00 WIB) telah terjadi 9 kali gempa vulkanik dalam, 7 kali gempa vulkanik dangkal, 96 kali letusan yang disertai dua letusan tremor. Oleh karena itu, status aktivitas G. Krakatau dinaikkan oleh PVMBG dari Waspada menjadi Siaga (Anonim, 2007a). Semburan lava dari kawah Anak Krakatau bagian selatan terus berlanjut, berupa lontaran lava pijar, gas beracun, dan asap kelabu setinggi 700 m (Anonim, 2007b). Daerah bahaya letusan G. Anak Krakatau seluas 19,63 km² atau radius 2,5 km dari pusat letusan kawah Anak Krakatau, sedangkan daerah waspada seluas 58,91 km² atau radius 5 km dari kawah Anak Krakatau (lihat Gambar 9).



Gambar 9: Peta Daerah Bahaya G. Krakatau (Kusumadinata, 1979)

Lontaran-lontaran lava pijar berarti menunjukkan bahwa Anak Krakatau tidak dalam kondisi tersumbat. Oleh karena itu, kondisi semacam ini tidak menunjukkan akan terjadinya letusan katastrofik seperti letusan 1883. Justru dengan adanya letupan dan lontaran lava menjadikan Anak Krakatau indah dipandang pada malam hari (lihat Gambar 10).



Gambar 10. Letusan gunungapi Anak Krakatau menjadi daya tarik objek wisata alam (Kirbani dan Wuryadi, 2003)

Keadaan ini sangat menarik bagi wisatawan yang di negara asalnya tidak memiliki gunungapi aktif seperti Anak Krakatau di Selat Sunda atau G. Merapi di Yogyakarta. Pengembangan kegiatan *Lava Tour* dengan sumber daya wisata berupa lontaran-lontaran lava yang menyerupai kembang api perlu dikembangkan terus.

4. Sifat Letusan Gunungapi Soputan dan Pemanfaatan Sumerdaya Pascaletusan

Gunungapi Soputan merupakan salah satu gunungapi strato yang sangat aktif di Sulawesi. G. Soputan memiliki dua kawah (K₁ dan K₂) serta dua kerucut parasit (Aeseput dan Aeseput Weru). Kawah Soputan bergeser sekitar 100 meter ke arah selatan-baratdaya dari K₁ ke K₂, sedangkan Aeseput terjadi dari kubah lava setinggi 150 m dan Aeseput Weru muncul di selatan-tenggara dari kerucut parasit Aeseput (van Padang, 1951, Kusumadinata, 1979, dan Anonim, 2005a).

Mulai tanggal 19 April 2005 pukul 17.00 WITA, G. Soputan menunjukkan peningkatan aktivitasnya dengan menghembuskan asap abu-abu setinggi sekitar 75 m dan tampak sibar api di puncak. Pada tanggal 27 Desember 2005 pukul 04.00 WITA

sebuah letusan Strombolian berlangsung selama 50 menit. Erupsi Strombolian berlangsung terus dan mengeluarkan material vulkanik pijar dengan ketinggian 200 m di atas puncak. Pada tanggal 28 Desember 2005 terjadi letusan yang menghasilkan kolom abu hingga ketinggian 1 km di atas puncak. Karena semakin meningkat aktivitasnya, maka sejak tanggal 28 Desember 2005 status aktivitas G. Soputan dinaikkan dari aktif normal menjadi waspada (Anonim, 2005b).

Kegempaan G. Soputan didominasi oleh gempa akibat guguran lava. Dalam sehari rata-rata terjadi 75 guguran lava. Sejak tanggal 11 Desember 2006 terjadi peningkatan jumlah kejadian gempa oleh guguran lava, sehingga pada tanggal 14 Desember 2006 pukul 14.00 WITA, PVMBG meningkatkan status aktivitas G. Soputan dari Waspada menjadi Siaga (Anonim, 2006).

Verstappen (2000) menggambarkan keadaan geomorfologis Sulawesi Utara (lihat Gambar 11). Wilayah Sulawesi Utara didominasi oleh gunungapi, salah satunya G. Sopotan. Gunungapi Sopotan ini terletak di antara dua sesar, yaitu Sesar Manado dan Sesar Tombatu. Dari aspek morfogenetik, tampak bahwa G. Sopotan, G. Rindengan, G. Lokon, G. Mahawu, dan beberapa gunungapi kecil di sebelah barat Danau Tondano merupakan kompleks gunungapi yang muncul setelah terjadi Kaldera Tondano. Sisa Kaldera Tondano tampak sebagai gawir melengkung di sebelah timur Danau Tondano.

Melihat peta geomorfologi seperti yang disajikan pada Gambar 11 tersebut sangat jelas, bahwa G. Sopotan dan sekitarnya merupakan wilayah yang sangat potensial untuk pertanian, perkebunan, dan perhutanan. Hal ini dapat diketahui, bahwa wilayah tersebut dikelilingi oleh banyak gunungapi, sehingga merupakan lembah antargunung (*intermountainous*



Gambar 11. Peta geomorfologi sebagian Sulawesi Utara (Verstappen, 2000)

basin). Lembah antargunung merupakan wilayah lahan yang subur karena tersedia air tanah tawar yang dangkal. Di samping itu, jika gunung yang mengelilingi wilayah itu gunungapi aktif, seperti G. Sopotan, G. Lokon, dan G. Mahawu, maka peremajaan (*rejuvenation*) material selalu terjadi dari hasil letusan. Oleh karena itu, wilayah lembah antargunung tersebut tanahnya subur dan air tanahnya dangkal.

Peta geomorfologi tersebut juga memberikan informasi, bahwa wilayah tersebut dapat dijadikan objek wisata, baik wisata minat khusus maupun wisata alam lainnya. Hal ini didukung pula oleh pernyataan Wittiri (2007), bahwa G. Sopotan dapat dijadikan objek wisata gunungapi. G. Sopotan pada bulan Mei 2000 meletus dengan sifat freatomagmatis. Letusan tersebut ditandai dengan adanya letusan Strombolian berupa semburan material pijar di sekitar kawah. Fenomena ini sangat menarik dilihat di malam hari.

5. Kesimpulan

1. Gunungapi Kelud memiliki sifat letusan freatik dengan memanaskan air danau kawah sehingga terjadi semburan uap air yang membumbung (tipe letusan Strombolian). Kemudian diikuti pembongkaran sumbat lava oleh magma yang bergerak naik, sehingga dapat terjadi letusan eksplosif. Sumber daya yang tersedia pascaletusan umumnya adalah bahan tambang golongan C, memberikan lahan yang subur, dan dapat untuk *lava tour* (wisata lava) atau *volcanic tour* (wisata kegunungapian).
2. Gunungapi Krakatau memiliki morfologi yang unik, dari satu bentuk gunungapi strato meletus dahsyat menjadi kaldera besar dengan salah satu pulau adalah Pulau Rakata. Pulau ini terjadi dari tiga gunungapi, yaitu G. Rakata, G. Danan, dan G. Perboewatan. Mei 1883 aktivitas G. Perboewatan meningkat dan Juni 1883 aktivitas G. Danan meningkat pula. Pada 27 Agustus 1883 pukul 10.02 WIB terjadi letusan katastrofik yang meruntuhkan G. Perboewatan dan G. Danan, dan akhirnya yang muncul adalah G. Anak Krakatau. Sifat letusannya magmatik dan eksplosif dengan tipe letusan Plinian. Sumber daya wisata alam (*lava tour* dan *volcanic tour*) perlu terus dikembangkan. Wilayah pantai Anyer, Carita, dan Kalianda Lampung tidak terpengaruh oleh letusan 2007 ini.
3. Gunungapi Soputan memiliki sifat letusan freatomagmatik dengan tipe letusan Strobolian. Sumber daya lahan yang sangat subur terutama di lembah antargunung. Letusan gunungapi ini juga dapat menjadi objek dan daya tarik wisata alam *lava tour* maupun *volcanic tour*.

Daftar Pustaka

- Alzwar, M., H. Samodra, dan J.I. Tarigan, 1988, *Pengantar Dasar Ilmu Gunungapi*, Penerbit Nova, Bandung.
- Anonim, 2005a, Berita Bencana Geologi, *Buletin Berkala Merapi*, Vol. 2, No. 1, Edisi April 2005: 40-41.
- Anonim, 2005b, Berita Bencana Geologi, *Buletin Berkala Merapi*, Vol. 2, No. 3, Edisi Desember 2005: 35.
- Anonim, 2006, Berita Bencana Geologi, *Buletin Berkala Merapi*, Vol. 3, No. 3, Edisi Desember 2006: 35 – 36.
- Anonim, 2007a, Anak Krakatau Bergolak, *Harian Kedaulatan Rakyat*, Th. LXIII, No. 29, Minggu 28 Oktober 2007: 1 dan 23.
- Anonim, 2007b, Letusan Anak Krakatau Terus Meningkat, *Harian Kedaulatan Rakyat*, Th. LXIII, No. 40, Kamis 8 November 2007: 1 dan 27.
- BAKORNAS PB, 2007a, *Antisipasi Dampak Letusan Gunung Kelud*, <http://www.bakornaspb.go.id>.
- BAKORNAS PB, 2007b, *Perkembangan Aktivitas Gunung Api Kelud di Jawa Timur s/d tgl 24 Oktober 2007*, <http://www.bakornaspb.go.id>.
- Bird, E.C.F. dan N.J. Rosengren, 1983, Volcanicity and Coastal Geomorphology in the Krakatau Islands, di dalam: E.C.F. Bird, A. Soegiarto, dan K.A. Soegiarto (Eds.), *Proceedings of the Workshop on Coastal Resources Management of Krakatau and the Sunda Strait Region, Indonesia*, The Indonesian Institute of Sciences and The United Nations University, Jakarta.
- Endra S., 2007, *Indonesia raises alert at volcano to highest level*, <http://www.rovicky.wordpress.com>.

- Katili, J.A. dan S.S. Siswowardjojo, 1994, *Pemantauan Gunungapi di Filipina dan Indonesia*, Ikatan Ahli Geologi Indonesia, Bandung.
- Kirbani dan Wuryadi, 2003, Possible Potential Energy and Hazard of the Krakatau Volcano's Future Catastrophic Eruption, *Tayangan Presentasi*, International Seminar on Tsunami, in Memoriam 120 years of Krakatau Eruption, Jakarta.
- Kusumadinata, J., (Ed.), 1979, *Data Dasar Gunungapi Indonesia*, Volcanological Survey of Indonesia, Bandung.
- Pararas-Carayannis, G., 1997, *The Great Tsunami of August 26, 1883 from the Krakatau Volcano ("Krakatoa") in Indonesia*, http://www.Dr_George_Pararas-Carayannis.htm
- Prihadi S.A., 2005, Vulkanologi dan Geotermal, *Catatan Kuliah*, Penerbit ITB, Bandung.
- van Padang, Neumann, 1951, *Catalogue of the Active Volcanoes of Indonesia*, Part I, the International Volcanological Association, Napoli.
- Verstappen, H. Th., 2000, *Outline of the Geomorphology of Indonesia*, ITC, Enschede.
- Wittiri, S.R. (Ed.), 2007, *Soputan, Sulawesi Utara*, <http://www.vsi/esdm.go.id>.



PETUNJUK UNTUK PENULIS

Redaksi Jurnal Kebencanaan Indonesia menerima tulisan atau hasil penelitian tentang kebencanaan di Indonesia. Naskah harus belum pernah di publikasikan dalam media lain. Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia baku atau bahasa Inggris berupa ketikan asli atau rekaman dalam disket atau CD, dengan panjang tulisan maksimum 20 halaman, ketikan pada halaman kuarto spasi ganda. Redaksi berhak mengurangi panjang naskah yang dianggap terlalu panjang dan tidak penting bagi pembaca, dan berhak menolak naskah yang dianggap tidak memenuhi ketentuan-ketentuan yang dipersyaratkan. Persyaratan naskah disusun mengikuti ketentuan sebagai berikut:

1. *Judul*, ditulis singkat, informatif, dan menggambarkan isi pokok tulisan
2. *Nama pengarang* ditulis lengkap tanpa gelar dan instansi tempat bekerja
3. *Abstrak/Intisari*, dibuat tidak lebih dari 250 kata yang merupakan uraian singkat tulisan secara menyeluruh, yang memuat tujuan, metode dan hasil penelitian, dalam bahasa Inggris
4. *Kata kunci*, dicantumkan di bawah intisari, maksimal 6 kata
5. *Pendahuluan*, menguraikan latar belakang masalah, tujuan penelitian dan teori-teori yang melandasi penelitian tersebut.
6. *Metode penelitian*, yang mencakup materi, alat, cara penelitian dan cara analisis data
7. *Hasil dan Pembahasan*, hasil penelitian ditampilkan dalam bentuk tabel, grafik, peta, diagram, model, kemudian langsung dibahas dengan kaidah-kaidah ilmiah.
8. *Kesimpulan*, merupakan pernyataan singkat dan tepat yang disarikan dari hasil dan pembahasan yang merupakan jawaban atas pertanyaan penelitian.
9. *Ucapan terima kasih* bila perlu
10. *Daftar Pustaka*, mencantumkan pustaka-pustaka yang dirujuk dalam teks uraian (naskah) memuat antara lain: Nama pengarang, tahun terbit, judul, penerbit dan kota terbit. Contoh:
Hamblin, W.K., 1992, *Earth's Dynamic Systems*, Macmillan Publ. Co., New York.
Sudibyakto, 1996, The Eruption of Merapi Vulcano, *The Indonesian Journal of Geography*, Vol.28, No.72, Faculty of Geography, Gadjah Mada University, Yogyakarta, pp. 23-38.
Bramton, A.H., 1992, Beaches-the Natural Way to Coastal Defence, In: *Coastal Zone Planning and Management*, M.G. Barret (Ed.), Thomas Telford, London.
Meijerink, A. M. J., 1975, Basic Principles of Interpretation of Imagery for Hydrologic Surveys with Examples of Interpretation of MSS Satellite Imagery, In: *Proceeding of the Joint UN and FAO Regional Seminar on Remote Sensing Application*, Lapan, Jakarta, Indonesia.
Setiawan P, 1993, Studi Air Tanah Dungeon Menggunakan Teknik Geolistrik di Graben Bantul, Yogyakarta. Laporan Penelitian, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
Yokota's, 1988, " *Posthumous Text on Sabo Works*", Volume II, Ministry of Public Works Directorate General of Water Resources Development Directorate of Rivers Volcanic Sabo Technical Centre, Yogyakarta.
Chazine, Jean-Michel, *Discovery of New Orvated Caves in Borneo (East Kalimantan)*, <http://www.kalimantanthrope.com>, update 27 Juli 2004.



Bidang Kerja:

Penelitian dan Survei Kebencanaan . Pemetaan Daerah Rawan Bencana
Mitigasi Bencana . Pengembangan Sistem Informasi Kebencanaan
Pelatihan & Pengembangan SDM Bidang Kebencanaan
Konsultasi Publik Masalah Kebencanaan

ISSN 1978-3450



9 771978 345066