

Bismillahirrohmanirrohim,

Yang terhormat Ketua dan para Anggota Majelis Wali Amanat Universitas Gadjah Mada,

Yang terhormat Bapak Rektor dan para Wakil Rektor Universitas Gadjah Mada,

Yang terhormat Ketua, Sekretaris dan Anggota Majelis Guru Besar Universitas Gadjah Mada,

Yang terhormat Ketua, Sekretaris dan Anggota Senat Akademik Universitas Gadjah Mada,

Yang terhormat rekan-rekan sejawat, para Dosen dan anggota Sivitas Akademika Universitas Gadjah Mada,

Yang terhormat para Tamu undangan, Hadirin sekalian dan sanak keluarga yang tercinta.

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh,

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala, Tuhan Yang Maha Rohman dan Rohim, atas limpahan rahmat dan karuniaNya, sehingga pada pagi hari ini kita dapat berkumpul di Balai Senat yang agung ini, untuk menghadiri Rapat Majelis Guru Besar Terbuka, Universitas Gadjah Mada.

Merupakan kebahagiaan dan kehormatan bagi saya karena mendapat kesempatan untuk menyampaikan pidato pengukuhan Guru Besar dalam Bidang Teknik Geologi. Untuk itu saya ucapkan terima kasih kepada Majelis Guru Besar, Universitas Gadjah Mada

Pada kesempatan yang sangat berharga ini Insya Allah saya akan menyampaikan Pidato Pengukuhan sebagai Guru Besar, dengan judul:

**PERAN GEOLOGI TEKNIK DAN
LINGKUNGAN DALAM PENGURANGAN
RISIKO BENCANA GERAKAN TANAH**

Hadirin yang terhormat,

Menurut Thompson dan Turk (2008), Geologi adalah ilmu yang mempelajari tentang bumi, yang meliputi materi penyusun bumi, perubahan-perubahan fisik dan kimiawi yang terjadi pada permukaan dan bagian dalam bumi, serta sejarah bumi sebagai planet dan bentuk-bentuk kehidupan di dalamnya. Di dalam Geologi juga dikaji mengenai proses-proses geodinamik yang mengakibatkan berbagai perubahan pada struktur, susunan dan rona muka bumi, di dalam dimensi ruang dan waktu (Hay dkk., 2000). Sementara itu Price (2009) menjelaskan bahwa perkembangan disiplin Geologi dimulai sejak abad ke 18, ketika revolusi industri terjadi di Eropa, yang berdampak pada pesatnya laju pembangunan industri, konstruksi dan pertambangan.

Disiplin Teknik Geologi merupakan pengembangan dari disiplin Geologi yang diterapkan untuk menjawab dan mengatasi berbagai permasalahan keteknikan yang berkaitan dengan bumi. Perkembangan disiplin Teknik Geologi di Indonesia dimulai menjelang tahun 1960, setelah disadari betapa pentingnya Geologi untuk mendukung program pembangunan nasional. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan penyelidikan geologi dalam kegiatan eksplorasi sumber daya mineral, minyak dan gas bumi, serta dalam menunjang pembangunan konstruksi, maka pada tahun 1959 Almarhum Prof. Soeroso Noto Hadiprawiro mulai mengembangkan disiplin ilmu Geologi menjadi Teknik Geologi, sebagai bagian dari rumpun keilmuan Teknik di Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, dan merupakan satu-satunya disiplin Geologi di Indonesia yang dikembangkan untuk kepentingan keteknikan di masa itu. Teknik Geologi lebih menitik beratkan pada “aplikasi” atau “penerapan” Geologi untuk kepentingan kehidupan manusia dan keselamatan lingkungan, berdasarkan hasil observasi, interpretasi, pemodelan, analisis, perhitungan dan prediksi terhadap sistem bumi. Untuk selanjutnya, Teknik Geologi di UGM ini dikembangkan menjadi tiga kelompok bidang keilmuan, untuk mendukung pekerjaan konstruksi teknik dan kelestarian lingkungan (Geologi Teknik dan Geologi Lingkungan), untuk keperluan eksplorasi sumber daya mineral (Geologi Sumber Daya Mineral), dan eksplorasi sumber daya energi

(Geologi Sumber Daya Energi).

Analisis di dalam Teknik Geologi untuk berbagai kepentingan tersebut di atas, dilakukan dengan selalu memperhitungkan skala ruang dan waktu, mulai dari skala kecil yang mencakup suatu wilayah global ataupun regional yang sangat luas (mencapai areal ribuan kilometer), hingga skala besar (skala *rinci*) yang hanya mencakup suatu zone seluas beberapa meter saja, bahkan skala nano untuk menganalisis kondisi mineral-mineral dan molekul/atom-atom penyusun batuan. Selain itu kajian Teknik Geologi juga mencakup dimensi waktu dalam skala jutaan tahun, seperti halnya waktu pembentukan pegunungan atau pembentukan minyak bumi, hingga hanya dalam satuan waktu detik saja seperti halnya waktu kejadian bencana longsor (gerakan tanah), banjir bandang dan gempabumi.

Perkembangan dan peranan bidang ilmu Geologi Teknik dan Geologi Lingkungan

Hadirin yang saya muliakan,

Sebagai dampak lanjut dari revolusi industri, pada akhir abad 19 mulai sering terjadi berbagai permasalahan konstruksi. Diantaranya adalah hambatan kemajuan penggalian tebing kanal Panama, yang sering runtuh ketika digali. Selanjutnya pada abad ke 20, permasalahan dalam pembangunan konstruksi terjadi makin meningkat, diantaranya mengakibatkan runtuhnya fondasi bendungan Malpaset di Perancis pada bulan Desember 1959, dan permasalahan bencana banjir bandang akibat meluapnya air bendungan Vajont yang dipicu oleh longoran pada lereng Gunung Toc di Itali pada bulan Oktober 1963 (Hoek dkk., 1995). Berbagai permasalahan kegagalan konstruksi dan bencana tersebut terjadi karena tidak ada penyelidikan geologi yang memadai sebelum konstruksi dibangun. Permasalahan ini akhirnya mendorong lahirnya bidang ilmu Geologi Teknik, yang menerapkan prinsip-prinsip geologi, dengan didukung oleh data dan metoda/ teknik untuk mempelajari dan menganalisis berbagai faktor geologi yang berpengaruh terhadap perencanaan, desain, pembangunan konstruksi, pengoperasian dan pemeliharaan bangunan teknik, serta berpengaruh terhadap proses pengembangan,

perlindungan dan perbaikan konstruksi (*Association of Engineering Geologist*, 2000; dikutip dari Price, 2009). Demikian pula halnya di Indonesia, pengembangan Bidang Ilmu Geologi Teknik sangat diperlukan untuk mendukung berbagai proyek pembangunan konstruksi penting di awal tahun 1970 an.

Selain Geologi Teknik, diperlukan pula Bidang Ilmu Geologi Lingkungan untuk mengatasi permasalahan akibat eksploitasi sumber daya geologi dan pembangunan konstruksi oleh manusia, ataupun sebaliknya, untuk mengatasi dampak fenomena geologi terhadap kegiatan/kepentingan manusia (*American Geological Institute*, dikutip dari Bell, 1998). Dengan studi Geologi Lingkungan pemanfaatan berbagai sumber daya geologi dapat dilakukan tanpa melampaui batas-batas daya dukung lingkungan, dengan senantiasa mempertimbangkan upaya pencegahan, pengendalian ataupun upaya untuk meminimalkan dampak negatif dari berbagai kegiatan eksplorasi dan eskploitasi sumber daya geologi ataupun pembangunan konstruksi, agar terwujud suatu keseimbangan antara kepentingan pemenuhan kebutuhan manusia dengan kepentingan dalam menjaga kelestarian dan keselamatan lingkungan. Fokus utama dalam studi Geologi Lingkungan ini adalah observasi, analisis dan prediksi terhadap aspek “sumber geologi” dan “bahaya geologi”. Sumber Geologi adalah produk dari proses geologi yang dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan manusia, sedangkan bahaya geologi adalah proses geodinamik yang mengancam kehidupan manusia, karena berpotensi menimbulkan kerugian sosial-ekonomi dan mengakibatkan kerusakan lingkungan hidup manusia.

Ibu, bapak dan hadirin yang saya hormati,

Kita sadari bahwa wilayah Kepulauan Indonesia berada di dalam lingkungan geodinamik yang sangat aktif, yaitu pada batas-batas pertemuan berbagai lempeng tektonik aktif, lempeng Indo-Australia dan lempeng Samodra Pasifik yang menumbuk (menunjam) terhadap lempeng benua Asia. Gerak-gerak lempeng tektonik tersebut mengakibatkan terjadi berbagai jenis proses geodinamik seperti gempa bumi, tsunami, letusan gunung api, gerakan tanah (longsor) dan banjir bandang, yang sebenarnya merupakan peristiwa alam yang

terjadi secara periodik dalam kurun waktu ratusan, ribuan, bahkan jutaan tahun, sejak sebelum kehidupan manusia ada di muka bumi ini. Apabila berbagai proses geodinamik tersebut terjadi dalam kurun waktu dan dalam lingkungan kehidupan manusia, sehingga berisiko mengakibatkan kerugian sosial-psikologi dan kerugian ekonomi yang fatal, maka ancaman proses geodinamik ini dikategorikan sebagai **bahaya** geologi, dan apabila benar-benar telah terjadi proses geodinamik yang menimbulkan kerugian sosial ekonomi secara nyata, maka proses geodinamik ini kita sebut sebagai **bencana** geologi.

Geologi Lingkungan sangat diperlukan sebagai upaya untuk mengurangi risiko bencana geologi, khususnya untuk mengkaji dan menganalisis (termasuk memprediksi) potensi kejadian berbagai bencana geologi dalam dimensi ruang dan waktu. Dengan analisis Geologi Lingkungan, maka potensi **tempat** dan **magnitudo**, atau intensitas kejadian serta sebaran dampak gempabumi, tsunami, letusan gunung api, gerakan tanah (longsor), dan banjir bandang dapat diprediksi atau diperkirakan sebelum kejadian, sehingga dapat dilakukan berbagai upaya mitigasi terhadap berbagai potensi proses geodinamik (bahaya geologi). Dengan demikian, risiko kerugian sosial-psikologi-ekonomi dan lingkungan akibat bencana geologi dapat diminimalkan. Akan tetapi, hingga saat ini upaya untuk memperkirakan **waktu kejadian** berbagai proses geodinamik yang berpotensi menimbulkan bencana geologi tidaklah mudah, sehingga kita tidak dapat memperkirakan kapan (tanggal berapa, hari apa, jam berapa) berbagai proses geodinamik tersebut akan terjadi. Perkiraan atau prediksi waktu kejadian berbagai bencana geologi ini hanya dapat dilakukan masih terbatas dalam skala waktu puluhan hingga ratusan tahun (untuk gempa bumi dan tsunami, misal dengan pendekatan probabilistik), maupun dalam skala waktu musim atau bulan khusus untuk gerakan tanah dan banjir bandang.

Studi dan upaya pengurangan risiko bencana gerakan tanah

Ibu, bapak dan hadirin yang saya muliakan,

Di antara berbagai bencana geologi yang diuraikan di atas, gerakan tanah merupakan fokus studi yang saya dalam sejak tahun

1986, saat saya masih menjadi mahasiswa semester enam yang juga bertugas menjadi asisten Geologi Teknik di Jurusan Teknik Geologi UGM. Setelah memperdalam studi gerakan tanah melalui program S2 dan S3, hingga saat ini studi gerakan tanah tetap terus saya kembangkan guna mendukung upaya pengurangan risiko bencana.

a. Jenis dan mekanisme gerakan tanah

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan serta kajian pada beberapa teori gerakan tanah (Chowdhury, 1978), gerakan tanah dapat dipahami sebagai salah satu proses geodinamik, yang berupa proses perpindahan massa tanah atau batuan penyusun lereng, akibat terjadi gangguan kestabilan pada lereng tersebut. Selanjutnya Varnes, 1978; Cruden & Varnes, 1996, membedakan gerakan tanah ini menjadi beberapa jenis berdasarkan mekanisme gerakan dan jenis massa yang bergerak. Apabila gerakan terjadi secara jatuh bebas akibat pengaruh gravitasi bumi, maka gerakan tanah melalui mekanisme ini disebut jatuhnya. Apabila gerakan terjadi melalui bidang luncur (bidang gelincir), yang biasanya merupakan bidang lemah pada lereng, baik berupa bidang perlapisan batuan atau bidang kekar (retakan pada batuan), maka gerakan tersebut disebut luncuran. Namun apabila gerakan terjadi secara mengalir akibat penjumlahan oleh air, maka gerakan tanah ini disebut aliran. Massa yang bergerak dapat berupa massa batuan, tanah atau percampuran antara keduanya (disebut bahan rombakan). Istilah longsoran sebenarnya hanya dipakai untuk menyebut salah satu jenis gerakan tanah berupa luncuran, apabila proses perpindahan massa tanah atau batuan terjadi melalui suatu bidang luncur. Namun akhirnya istilah longsoran ini lebih populer di kalangan masyarakat, yang menganggap seluruh jenis gerakan tanah sebagai longsoran.

b. Penyebab dan faktor pengontrol gerakan tanah

Suatu lereng mengalami gerakan karena kestabilan tanah/batuan pada lereng tersebut terganggu, baik oleh berbagai proses yang berasal dari dalam lereng ataupun dari luar lereng. Kestabilan suatu lereng dapat dikontrol oleh berbagai faktor, terutama yang meliputi

morfologi (kemiringan dan bentuk lereng), stratigrafi tanah/ batuan penyusun lereng, struktur geologi, kondisi hidrologi lereng dan jenis pemanfaatan lahan pada lereng (Karnawati, 1996, 2005). Apabila lereng terbentuk dengan kemiringan curam (misal lebih dari 30°), dan tersusun oleh perlapisan batuan yang miring mengarah ke arah luar lereng, dengan kemiringan perlapisan lebih landai dari kemiringan lereng (misal 20°), dan batuan tersebut terpotong-potong oleh bidang – bidang kekar yang juga miring ke arah luar lereng, maka lereng tersebut berada pada kondisi batas kestabilan kritis. Hal ini berarti lereng dalam fase rentan, berpotensi untuk mengalami gerakan, meskipun gerakan belum terjadi. Apabila suatu saat lereng tersebut mengalami gangguan kestabilan baik oleh proses yang berasal dari luar lereng ataupun dari dalam lereng, maka kestabilan lereng akan berkurang sehingga kondisi kestabilan tersebut berada di bawah batas kritis, dan akhirnya lereng ini bergerak longsor. Gangguan kestabilan yang berasal dari luar lereng dapat terjadi misalnya akibat infiltrasi air hujan, pembebanan yang berlebihan ataupun terjadi pemotongan pada kaki lereng, sedangkan gangguan yang berasal dari dalam lereng dapat berupa guncangan gempabumi atau kenaikan tekanan air dalam tanah (sebagai akibat lanjut dari infiltrasi air ke dalam lereng).

c. Perkembangan studi gerakan tanah

Untuk mendukung studi gerakan tanah yang saya lakukan, maka telah dilakukan pula analisis mengenai karakteristik dan perilaku pengkerutan (*shrinkage*) dan pengembangan (*swelling*) pada tanah vulkanik (andosol) dari Padalarang, Indonesia dan tanah *laterit* dari Kenya, sebagai kajian dalam Master thesis saya di Leeds University, Inggris (1992). Penelitian ini pun saya lanjutkan dengan studi berjudul ***Mechanism of rain-induced landsliding in allovanic and halloysitic soils in Java***, sebagai disertasi S3 di universitas yang sama (1993 – 1996). Dalam disertasi ini dapat disimpulkan bahwa gerakan tanah di Jawa dapat diprediksi berdasarkan kondisi morfologi, kondisi stratigrafi lereng yang dikontrol juga oleh kondisi batuan/ tanah, kondisi struktur geologi dan karakteristik hujan di suatu daerah. Pada lereng yang tersusun oleh tanah koluvial ataupun tanah residual berupa lempung, lanau, lempung pasir atau lempung lanauan, hujan

pemicu gerakan adalah hujan *antecedent* (hujan dengan curah tidak terlalu deras yang turun dan terakumulasi selama beberapa jam dalam periode beberapa hari sebelum kejadian longsor), dengan batas kritis mencapai 100 mm. Kondisi semacam ini umumnya terjadi di pertengahan musim hujan, pada bulan Desember hingga Maret di wilayah tropis bagian selatan katulistiwa. Namun sebaliknya pada lereng-lereng yang tersusun oleh tanah berbutir pasir atau pasir lanauan dan pasir lempungan, ataupun pada lereng yang tersusun oleh batuan yang retak-retak (terutama di sepanjang zona patahan), hujan deras dengan intensitas tinggi (dengan batas kritis 70 mm/jam) merupakan hujan pemicu gerakan tanah. Kondisi longsor semacam ini relatif lebih sering terjadi di awal musim hujan, misalnya di bulan November hingga Desember, di wilayah tropis bagian selatan katulistiwa.

Penelitian prediksi gerakan tanah ini selanjutnya lebih dikembangkan lagi oleh beberapa bimbingan mahasiswa S3 saya yang telah menyelesaikan disertasi mereka, yaitu Dr. Su Su Ky (dosen di *Mandalay University*, Myanmar) dengan disertasinya berjudul “*The Scoring System for Landslide Risk Microzonation and the Mechanism of Weathered Tuff Layer in the Landslide Phenomena of Tropical Volcanic Area, Yogyakarta, Indonesia*”, lulus tahun 2008; Dr. Nguyen Dinh Tu (dosen di *Ho Chi Minh City University of Technology*, Vietnam) dengan disertasinya berjudul “*Slope Hydrological Modeling Applied for Landslide Preparedness in Kalibawang Channel Km 15.9, Yogyakarta, Indonesia*”, lulus di tahun 2008, dan Dr. Nguyen Minh Trung (dosen di *Ho Chi Minh City University of Technology*, Vietnam) dengan disertasinya berjudul “*Development of appropriate slope protection system for landslide prevention by bioengineering approach in tropical soils in Kalibawang catchment, Indonesia*”, lulus tahun 2009. Seluruh hasil penelitian prediksi gerakan tanah baik yang saya lakukan sendiri, atau melalui pembimbingan S3 tersebut telah dipublikasikan di berbagai publikasi internasional dan nasional, serta disosialisasikan ke masyarakat luas melalui berbagai mass media, poster, leaflet dan kalender longsor di berbagai wilayah di Indonesia.

Bapak, ibu dan hadirin yang saya muliakan,

Keberhasilan untuk menerapkan hasil penelitian longsor demi keselamatan manusia dan lingkungan hidup, di wilayah Indonesia ataupun di negara berkembang lainnya di Asia ataupun Afrika, masih merupakan suatu impian bagi saya. Untuk mewujudkan impian tersebut sejak tahun 2004, penelitian prediksi dan mitigasi longsor ini makin dikembangkan melalui berbagai kerjasama riset dengan beberapa negara ASEAN, seperti Malaysia (dengan *University of Sains Malaysia*), Vietnam (dengan *Ho Chi Minh City University of Technology*), Cambodia (dengan *Institute of Technology Cambodia*) dan Myanmar (*Yangon University*), serta didukung oleh *Kyoto University* dan *Kyushu University* Jepang, juga *University of East Anglia* Inggris dan *Oklahoma University*, USA.

d. Permasalahan dan solusi untuk pengurangan risiko bencana gerakan tanah

Dengan berjalannya proses penelitian yang saya uraikan di atas, akhirnya semakin saya sadari bahwa seluruh rangkaian penelitian prediksi dan mitigasi gerakan tanah tersebut masih kurang efektif diterapkan di lapangan, apabila saya hanya fokus pada studi Geologi Teknik ataupun studi Geologi Lingkungan saja. Meskipun berbagai publikasi dan sosialisasi telah dilakukan, baik secara sendiri ataupun secara terkoordinasi dengan berbagai instansi yang relevan, namun jumlah korban jiwa dan kerugian materiil ataupun kerusakan lingkungan akibat gerakan tanah tetap saja makin meningkat. Tercatat sejak tahun 2000 hingga 2009, jumlah korban jiwa akibat gerakan tanah telah mencapai 1121 orang meninggal, 310 luka-luka, 77 hilang dan 1327 rumah rusak (Karnawati, 2009d). Suatu angka yang sangat memprihatinkan apabila dibandingkan dengan berbagai upaya penelitian prediksi yang telah dilakukan. Mengapa hal ini dapat terjadi? Kerentanan kondisi geologi, luasnya sebaran titik – titik longsor dengan berbagai dimensi, mulai dari dimensi kecil (areal longsor kurang dari 10 hektar/titik) seperti longsor di Desa Ledoksari, Kabupaten Karanganyar, ataupun dengan dimensi besar (areal longsor lebih dari 10 hektar/titik) seperti luncuran dan aliran tanah di Nagari Tandikek, Kabupaten Pariaman, serta kondisi kepadatan penduduk dan kesiapan masyarakat yang relatif masih rendah dalam

mengantisipasi longsor, merupakan penyebab jumlah korban dan kerugian yang selalu meningkat. Hal ini diperparah dengan kondisi tata ruang wilayah/tata guna lahan yang kurang mempertimbangkan kerentanan geologi setempat, ataupun kontrol pengawasan tata guna lahan yang kurang ketat.

1) Pemetaan bahaya gerakan tanah berbasis partisipasi masyarakat

Upaya pengurangan risiko bencana gerakan tanah merupakan permasalahan yang kompleks, yang tidak hanya dikontrol oleh kondisi geologi saja. Permasalahan bencana gerakan tanah tentunya juga dikontrol oleh berbagai permasalahan sosial, psikologi, ekonomi, hukum dan lingkungan. Berbagai upaya teknik untuk pengendalian dan pencegahan gerakan tanah tidak dapat diterapkan secara efektif dan berkelanjutan, apabila masyarakat setempat tidak memahami dan bahkan tidak peduli terhadap teknologi ataupun upaya untuk pencegahan dan pengendalian tersebut. Tantangan yang paling sulit diatasi dalam mengurangi risiko bencana gerakan tanah adalah membuat masyarakat peduli dan termotivasi untuk berpartisipasi aktif dalam berbagai upaya mitigasi gerakan tanah.

Untuk menjawab tantangan tersebut, maka mulai tahun 2007, dengan didukung oleh *British Council* melalui program *Development Partnership in Higher Education (DePHE)*, serta didukung oleh program Kuliah Kerja Nyata-Pembelajaran dan Pengabdian Masyarakat (KKN PPM) UGM, telah dikembangkan suatu metoda inovatif untuk “Pemetaan Bahaya Gerakan Tanah berbasis Partisipasi Masyarakat” (Karnawati dkk., 2008b; 2009a dan 2010d). Penerapan konsep Geologi Teknik yang didukung oleh pemikiran dari disiplin Psikologi dan disiplin Sosiologi terbukti efektif dalam proses pengembangan metoda pemetaan bahaya longsor melalui partisipasi masyarakat. Dengan peta bahaya longsor ini, masyarakat dapat mengetahui zona aman dan zona yang terancam bahaya longsor di wilayah desa mereka, sehingga mereka dapat selalu berupaya untuk memelihara lingkungan, agar zona bahaya tidak berkembang menjadi zona bencana longsor. Peta tersebut juga bermanfaat untuk penyusunan rencana pengembangan wilayah atau

penataan lahan desa, sehingga potensi sumber daya lahan dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan masyarakat desa, dengan sekaligus tetap meminimalkan potensi kejadian longsor. Partisipasi masyarakat mutlak diperlukan dalam proses pemetaan ini, untuk menjamin bahwa peta yang dihasilkan benar-benar dapat dipahami dan efektif dimanfaatkan oleh masyarakat desa (Karnawati dkk., 2008b & 2010d).

Selanjutnya, untuk menyebarluaskan metode inovatif dalam pemetaan ini, agar dapat dimanfaatkan oleh masyarakat di berbagai negara berkembang lainnya di dunia, maka paper ilmiah yang merinci inovasi konsep, justifikasi, dan prosedur standard pemetaan dengan metoda geologi berbasis partisipasi masyarakat ini, telah diajukan ke *International Association of Engineering Geology* (IAEG), dan akhirnya konsep dan metoda pemetaan ini dapat diterima untuk dipresentasikan dan dikaji lebih lanjut dalam *International Congress* yang akan diselenggarakan oleh IAEG pada bulan September 5 – 10, 2010 di Auckland, New Zealand.

2) Inovasi program pembelajaran berbasis penelitian

Sejalan dengan proses pemetaan berbasis partisipasi masyarakat tersebut, akhirnya dapat pula dikembangkan suatu model “Pembelajaran Berbasis Penelitian untuk Mitigasi Bencana Longsor”, yang dapat diterapkan sebagai kegiatan *Summer School* atau KKN PPM (Karnawati dkk.2010b dan c), yang juga telah disetujui oleh UNESCO *International Program on Landslide* sebagai salah satu model *Education for landslide mitigation with respect to Sustainable Development*, pada tanggal 18 November 2009 yang lalu. Jadi pengembangan model pembelajaran untuk mitigasi bencana longsor ini perlu dipantau dan dilaporkan untuk dievaluasi secara menerus tiap tahun, antara lain melalui serangkaian pertemuan koordinasi yang akan dilakukan di *FAO Headquater*, Roma pada bulan Mei 2010 dan di *UNESCO Headquater* pada bulan September 2010, serta di dalam *the 2nd World Landslide Forum* yang akan dilaksanakan *FAO Headquater*, Roma pada bulan November 2011. Diawali dengan pengembangan model pembelajaran mitigasi bencana longsor ini, akhirnya dapat saya usulkan konsep pengembangan program

Landslide School Network di bawah koordinasi *International Program on Landslide UNESCO*, sebagai suatu media penting untuk mendukung pengembangan kapasitas para mahasiswa dan peneliti muda, dalam upaya mitigasi dan pengurangan risiko bencana longsor di berbagai negara rawan longsor di dunia.

3) Inovasi pengembangan sistem deteksi dini berbasis partisipasi masyarakat dan teknologi tepat guna

Sering kita jumpai bahwa suatu lahan yang rawan longsor terpaksa tetap menjadi suatu lahan hunian, karena berbagai alasan sosial-ekonomi. Dalam kondisi demikian diperlukan suatu peralatan dan sistem deteksi dini longsor, yang merupakan suatu rangkaian peralatan yang diterapkan untuk memantau pergerakan tanah pada lereng, agar dapat diketahui bahwa lereng sudah berada dalam kondisi kritis, sebelum longsor terjadi (Fathani dkk., 2008, serta Karnawati dkk., 2009c dan d). Maka dengan terpasangnya sistem ini penduduk yang tinggal di lahan rawan ini dapat segera menyingkir untuk menyelamatkan diri, sebelum longsor terjadi.

Dengan pendekatan multi-disiplin, dan setelah melalui serangkaian uji coba di laboratorium dan di lapangan, akhirnya mulai tahun 2007 dapat dikembangkan suatu sistem deteksi dini bahaya longsor berbasis teknologi tepat guna dan pemberdayaan masyarakat, seperti yang diuraikan dalam Karnawati dkk. (2008a dan 2009e). Inovasi yang telah dikembangkan dalam sistem ini terutama dalam hal integrasi antara jaringan teknis (yang terdiri dari beberapa unit alat extensometer, alat takar hujan dan solar panel) dengan jaringan sosial (yang dimotori oleh Tim atau Forum Penanggulangan Bencana Desa), yang merupakan andalan utama agar sistem tersebut dapat berkerja efektif (Karnawati dkk., 2009e). Selain inovasi ini, berhasil pula diintegrasikan beberapa fungsi alat pemantau gerakan tanah pada lereng, untuk pergerakan secara lateral, vertikal dan rotational yang semula dioperasikan dengan tiga unit alat yang terpisah. Dengan inovasi yang telah dilakukan ini, ketiga unit peralatan yang berbeda tersebut dapat digabungkan ke dalam satu sistem terpadu, yang dioperasikan oleh 1 unit alat deteksi berupa extensometer (Fathani dkk., 2008). Extensometer ini telah dikembangkan dengan akurasi

yang cukup handal. Untuk pergerakan tanah pada lereng secara lateral dapat diukur dengan akurasi 1 mm untuk maksimal pergerakan sejauh 30 cm, pergerakan secara rotasional ke arah vertikal dapat terukur dengan akurasi 0,1 derajat untuk maksimal pengukuran 90 derajat, dan secara rotasional ke arah horisontal dapat terekam dengan akurasi 2,0 derajat dengan maksimal pengukuran 360 derajat. Mekanisme kerja dan inovasi dari sistem yang telah dikembangkan ini secara singkat telah diuraikan di dalam Karnawati dkk. (2008a), serta telah dipatenkan oleh Fathani dan Karnawati (no Paten 0020080030). Hingga saat ini sistem peringatan dini bahaya longsor ini telah terpasang di Desa Kalitelaga, Kabupaten Banjarnegara (berhasil menyelamatkan 35 keluarga dari longsor yang terjadi pada bulan November 2007); Desa Ledoksari Kabupaten Karanganyar; Desa Campoan, Kecamatan Mlandingan, Kabupaten Situbondo; serta di lokasi pertambangan PT INCO dan PT Arutmin. Selanjutnya, untuk kepentingan riset dan pemantauan secara telemetri, sistem ini telah dikembangkan menjadi sistem digital online berbasis internet (Karnawati dkk., 2009b).

4) Pendekatan multi disiplin

Meskipun sangat penting dan bermanfaat untuk penyelamatan jiwa manusia dari bencana gerakan tanah, kenyataannya pengembangan dan penerapan sistem peringatan dini gerakan tanah cukup kompleks dan penuh tantangan akibat berbagai kendala yang terjadi, mulai dari tahap penyiapan teknis hingga pada tahap penerapan sistem tersebut dalam komunitas masyarakat yang tinggal di daerah rawan longsor. Serentetan tantangan yang harus dipecahkan antara lain meliputi : ketepatan pemilihan lokasi pemasangan dan penentuan design jenis peralatan deteksi dini longsor, keakuratan dalam penentuan kondisi kritis yang menetapkan kapan sirene harus berbunyi, serta jaminan efektifitas dan keberlanjutan penerapan sistem deteksi dini tersebut. Oleh karena itu diperlukan pendekatan multi disiplin yang terdiri dari disiplin Teknik Geologi (bidang ilmu Geologi Teknik dan Geologi Lingkungan), Teknik Sipil dan Lingkungan, Teknik Elektro, Teknik Geodesi, serta Ilmu Sosial dan Ilmu Psikologi. Penerapan bidang ilmu Geologi Teknik dan Geologi

Lingkungan sangat diperlukan terutama untuk mengidentifikasi dan memprediksi model dan mekanisme gerakan, sehingga desain jenis peralatan dan jaringan sistem yang harus dipasang dapat ditentukan secara tepat. Kemudian hasil pemetaan bahaya gerakan tanah sangat diperlukan untuk menentukan prioritas lokasi pemasangan alat serta sistem pemantauan dan deteksi dini longsor.

Jadi jelaslah bahwa upaya pengurangan risiko bencana gerakan tanah sangat memerlukan pendekatan multi disiplin, dimana Geologi Teknik dan Geologi Lingkungan merupakan dua bidang ilmu kunci yang perlu disinergikan dengan berbagai disiplin atau bidang ilmu lainnya, guna mendukung upaya pengurangan risiko bencana secara efektif.

Refleksi dan pengembangan Geologi Teknik dan Geologi Lingkungan

Bapak, ibu dan hadirin yang saya muliakan,

Dari seluruh uraian yang saya sampaikan di atas membuat saya merasa perlu merefleksikan kembali konsep geologi legendaris yang dikembangkan pada akhir tahun 1700 an, oleh James Hutton dari Scotlandia, yang melahirkan Teori *Uniformitarianism*, “*The present is the key to the past*”. Artinya proses geologi pada saat ini merupakan kunci untuk menguak sejarah bumi dan proses-proses geologi yang terjadi pada permukaan dan interior bumi di masa lalu. Teori ini merupakan suatu konsep pemikiran yang berhasil membangun pola pikir dan pendekatan analisis para ahli geologi dunia di masa lalu hingga saat ini. Namun apabila kita cermati lagi seluruh rangkaian perkembangan permasalahan dalam bidang geologi yang telah saya uraikan di atas, maka sudah saatnya di abad milenium ini dikembangkan pula konsep pemikiran yang merupakan inovasi dari konsep yang sudah ada sebelumnya. Di abad milenium ini, sudah saatnya kita bangun suatu konsep “*The present is the key to the future*” yang berarti bahwa proses-proses dan fenomena geologi yang terjadi pada saat ini, merupakan kunci untuk memprediksi dan mengantisipasi fenomena geologi di masa mendatang, demi menjaga keberlanjutan lingkungan hidup dan keselamatan/kesejahteraan umat manusia. Bahkan kegiatan manusia pada saat ini, apabila tidak

terkendali dengan memperhitungkan batas-batas daya dukung geologi, dapat berdampak penting terhadap lingkungan dan membahayakan bagi keselamatan hidup kita di masa mendatang.

Implikasi lanjut dari konsep *the present is the key to the future* ini sangatlah penting untuk selalu menyadarkan kita para ahli Geologi Teknik dan Geologi Lingkungan agar jangan sampai terlena dengan melewatkan, atau bahkan mengabaikan berbagai fenomena geologi yang sangat dinamis, yang makin sering terjadi di sekitar kita akhir-akhir ini. Misalnya fenomena gempa bumi, tsunami, erupsi gunung api, longsor dan banjir bandang, ataupun fenomena *mud volcano* serta kemunculan berbagai jenis gas/ mineral yang secara tiba-tiba ke permukaan bumi. Seluruh fenomena tersebut perlu diobservasi, dipantau dan dianalisis untuk menjawab berbagai misteri bumi yang belum kita ketahui, dan untuk memprediksi dampak lanjut dari fenomena tersebut di masa mendatang, demi keselamatan umat manusia dan lingkungannya, serta demi kesejahteraan manusia. Para ahli Geologi juga perlu selalu berupaya membantu Pemerintah dan menyadarkan masyarakat untuk bertindak tanpa melampaui batas-batas daya dukung geologi, sehingga berbagai kejadian bencana geologi dapat dihindari/ dicegah. Jadi jelaslah bahwa disiplin Teknik Geologi dengan didukung oleh Bidang Ilmu Geologi Teknik dan Geologi Lingkungan sangat penting untuk selalu dikembangkan, demi tercapainya proses pembangunan berkelanjutan dan *Millennium Development Goals*.

Ucapan terima kasih dan penghargaan

Ibu, Bapak dan Hadirin sekalian yang saya hormati,

Demikian pidato pengukuhan Guru Besar ini saya sampaikan, semoga dapat memberikan kontribusi pemikiran bagi kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan/ teknologi di bidang Geologi Teknik dan Geologi Lingkungan, yang dapat didedikasikan untuk kepentingan masyarakat dan bangsa Indonesia. Dalam kesempatan ini perkenankanlah saya sampaikan ucapan terima kasih dan penghormatan kepada Pemerintah Republik Indonesia yang telah mengangkat saya dalam jabatan Guru Besar di Bidang Teknik Geologi pada tanggal 30 Desember 2008 yang lalu,

serta kepada Senat Akademik dan Majelis Guru Besar Universitas Gadjah Mada yang telah menyetujui, mengusulkan dan memproses pengangkatan saya.

Terima kasih dan penghargaan perlu pula saya sampaikan kepada para guru saya di TK Teladan Pengok, Yogyakarta; SD. Ungaran di Yogyakarta; SMP Negeri 5, Yogyakarta; dan SMA 1 Teladan Yogyakarta, serta para dosen di Jurusan Teknik Geologi UGM, terutama dosen wali saya Ir. Soetoto SU, dan dosen pembimbing saya Almarhum Dr. Ir. Suharto Tjojudo, M.Sc. yang banyak memberikan arahan dan bimbingan selama pendidikan S1, S2 dan S3 saya, juga kepada Ir. Sukardi dan Ir. Marno Datun yang banyak mendukung saya pada proses penyiapan tugas belajar saya ke Inggris, serta Almarhum Ir. Almuhran Kaderie yang sangat membantu dalam mempromosikan kepegawaian saya di UGM. Penghargaan dan hormat perlu saya sampaikan pula kepada para dosen dan peneliti di *Leeds University*, *Bristol University* dan *British Geological Survey* Inggris, yang telah memberikan bimbingan dan membuka wawasan saya selama melakukan studi S2 dan S3. Juga kepada Prof. Ir. Sukandarrumidi, M.Sc., Ph.D., Ir. Wartono Rahardjo, Dr. Ir. Subagyo Pramumijoyo, DEA., Ir. Suharyadi M.S., Ir. Djoko Wintolo, DEA., Dr. Teddy Boen, Dr. Surono dan Ir. Untung Sudarsono, M.App.Sc. yang banyak memberikan pencerahan selama saya meniti karir. Saya akui pula bahwa peranan berbagai mitra dari Badan Geologi, terutama Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Pusat Lingkungan Geologi, Pusat Survey Geologi, serta seluruh mitra dari *ASEAN University Network/SEED Net*, dari berbagai Universitas di Jepang (*Kyoto University*, *Kyushu University*, *Tokyo University of Agriculture*), dari Inggris (*Bristol University* dan *University of East Anglia*), dari Amerika (*San Diego State University*, *California Geological Survey*, *California Safety Seismic Commission*, dan *US Geological Survey*) sangatlah penting dalam menunjang efektifitas dan relevansi program mitigasi bencana yang telah saya uraikan di atas. Selanjutnya, penghargaan yang mendalam perlu kami sampaikan kepada Universitas Gadjah Mada, terutama kepada Prof. Dr. Retno Sunarminingsih, M.Sc. Apt., serta Kementerian Negara Pembangunan Daerah Tertinggal, Badan Nasional Penanggulangan

Bencana, International Consortium on Landslide, Pemerintah Daerah Kabupaten Karanganyar, Banjarnegara dan Situbondo, atas dukungan mereka sehingga berbagai riset untuk pengembangan deteksi dini dan mitigasi longsor dapat dilakukan. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan atas dukungan ilmiah dari Dr. Teuku Faisal Fathani, Dr. Subagyo Pramumijoyo, Prof. Kabul Basah Suryo Lelono, Ir. Ign. Sudarno, MT, Dr. Salahudin, Dr. Wahyu Wilopo, Dra. Budi Andayani, Msi., Drs. Suharto serta para dosen dan asisten di Laboratorium Geologi Tata Lingkungan dan Laboratorium Geodinamik, Jurusan Teknik Geologi, FT-UGM, juga atas dukungan pendanaan riset dari *JICA/AUN Seed Net* dan *British Council*. Selain itu, sangat saya hargai perhatian dan kepedulian dari berbagai perusahaan minyak di bawah koordinasi BP Migas, terutama dari Chevron, Exxon Mobil, Pertamina, serta berbagai perusahaan pertambangan, terutama Newmont dan Bukit Makmur, yang sangat berarti dalam mendukung proses penyebarluasan hasil riset saya melalui berbagai pertemuan ilmiah internasional.

Tentu saja tidak saya lupakan ucapan terima kasih dan penghormatan yang sangat mendalam kepada kedua orang tua saya, Bp. Ir. Mulyadi Nojotjandono dan Ibu Titi Sumaryati. Pidato ini juga saya persembahkan sebagai kado ulang tahun ke 78 Bapak saya, yang Alhamdulillah diberi usia panjang, sehingga dapat mengikuti pengukuhan saya sebagai Guru Besar. Selanjutnya ucapan terima kasih juga disampaikan kepada kedua bapak dan ibu mertua saya Almarhum Bapak dan Ibu Prawoto, serta kakak dan adik-adik saya atas doa dan dorongan yang diberikan. Akhirnya ucapan terima kasih saya tujukan kepada suami saya tercinta Sigit Priyanto, yang selalu memotivasi dan membimbing saya dalam bekerja. Berkat pengertian, dukungan dan bantuannya, saya dapat memperoleh jabatan tertinggi di bidang akademik ini. Demikian pula terima kasih kepada kedua anak saya Amiluhur dan Umayra, yang selalu memberikan pengertian dan kesabaran untuk ditinggal sementara manakala saya harus pergi untuk menjalankan tugas akademik.

Akhirnya ucapan terima kasih saya sampaikan kepada hadirin sekalian atas perhatian dan kesabarannya dalam mengikuti pidato

ini. Saya mohon doa restu, semoga Tuhan Yang Maha Esa membimbing saya dalam meniti karir saya selanjutnya.

Wassalamu'alaikum Warahmatunahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 5 Mei 2010.

Daftar Pustaka.

- Bell, F.G. 1998. *Environmental Geology; Principles and Practice*. Blackwekk Science Ltd. Oxford.
- Chowdhury, R.N. 1978. *Development of Geotechnical Engineering*, Vol 22, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam
- Cruden, D.M. & D.J. Varnes. (1996). "Landslide Types and Processes. In *Special Report 247 : Landslides: Investigation and Mitigation*. A.K. Turner and R.L. Schuster (eds). TRB, National Research Council, Washington D.C. 36 – 75.
- Hay, E.A., Nehru, C.E., Schran, P.G. dan Stolar, J. 2000. "Geologic Perspectives of a Global System"; *Laboratory Manual in Physical Geology*. 5th Edition. R.M. Busch (ed). American Geological Institute, National Association of Geoscience Teachers. Prentice Hall, New Jersey.
- Hoek, E., Kaiser, P.K. dan Bawden, W.F. 1995. *Supports of Underground Excavation in Hard Rock*. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Fathani, T.F., Karnawati, D., Sassa, K. & Fukuoka, H. 2008. Development of landslide monitoring and early warning system in Indonesia. *Proc. of the 1st World Landslide Forum*, Global Promotion Committee of The Int. Program on Landslide (IPL) – ISDR: Tokyo, pp. 195 - 198.
- Karnawati, D. 1996. "Mechanism of Rain-induced Landsliding in Allovanic and Halloysitic Soils in Java", *Ph.D Dissertation*. Leeds University. Unpublished.
- Karnawati, D., I. Ibriam, Anderson, M.G., Holcombe, E. A., Mummery, G.T., Renaud, J-P, and Wang, Y., 2005, An initial approach to identifying slope stability controls in Southern Java and to providing community-based landslide warning information, *Landslide Hazard and Risk*, Ed; Thomas Glade, M.G. Anderson and Michael J. Crozier, John Wiley and Sons, ISBN 0-471-48663-9, 733-763.
- Karnawati, D., Fathani, T.F., Sudarno, Ign., and Andayani. B. 2008a. "Development of Community-based Landslide Early Warning System in Indonesia". *Proceeding of the First World Landslide Forum*, 18-21 Nov. 2008. United Nation University, Tokyo,

- Japan. Global Promotion Committee of The Int. Program on Landslide (IPL) – ISDR. p. 305 – 308.
- Karnawati, D., Fathani, T.F. dan Burton, P.W. 2008b. “Seismic and Landslide Hazard Mapping for Community Empowerment”. *Report of Development of Partnership in Higher Education Program* – The British Council. Unpublished.
- Karnawati, D., Pramumijoyo, S., Hussein, S., Andayani, B. and Burton. P.W. 2009a. “A New Approach of Earthquake Hazard Mapping as A Tool to Facilitate Public and Non Technical Decision Maker; A Pilot Study in Bantul, Yogyakarta Province, Indonesia”. *Proceeding of Geohazard and Geo-Disaster Mitigation RC-GeoEnvi 2009*. March 2 – 4, 2009, Kuala Lumpur, Malaysia. p. 32-38.
- Karnawati, D., Fathani, T.F., Aditya, T. and Suharyanto. 2009b. “Development of Landslide Early Warning System based on GPS On-line at Tengklik Village, Tawangmangu District, Karanganyar Regency, Central Java”. *Cluster Research; Final Project Report*. Gadjah Mada University, Yogyakarta. unpublished.
- Karnawati, D., Fathani T.F., Andayan, B. and P.W. Burton, 2009c. “Landslide Hazard and Community-based Risk Reduction Efforts in Karanganyar and the Surrounding Area, Central Java, Indonesia”, published in the Proceeding of the 7th Regional Conference of IAEG (Int. Assoc. Of Engineering Geology), 9-11 September 2009, Chengdu, China. p.436-441
- Karnawati, D., Fathani, T.F., Andayani, B., Burton P.W. and Sudarno. I. 2009d. “Strategic program for landslide disaster risk reduction; a lesson learned from Central Java, Indonesia”, in *Disaster Management and Human Health Risk; Reducing Risk, Improving Outcomes*. Eds : K. Duncan and C.A. Brebbia. WIT Transactions on the Built Environment, WIT Press, Southampton, UK. p.115-126.
- Karnawati, D. and Fathani, T.F. 2009e. “Pengembangan Sistem Peringatan Dini Bahaya Longsor berbasis Pemberdayaan Masyarakat dan Teknologi Tepat Guna”. *Laporan Akhir Hibah Kompetitif sesuai Prioritas Nasional Tahun Anggaran 2009*, Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Ditjend Dikti.

Departemen Pendidikan Nasional. Tidak dipublikasikan.

- Karnawati, D., Sudarno, I., Fathani, T.F., Andayani, B and Burton, P.W. 2010a. "Development of Community-based Rainstorm induced Landslide Early Warning System in Indonesia". *Proceeding (Extended Abstracts) of Global Center of Excellence – ARS Workshop*, January 12 – 14, 2010. DPRI – Kyoto University, Japan.
- Karnawati, D., Wilopo, W., Fathani, T.F., Andayani, B and Suharto. 2010b. "Promoting Research-based Education Model for Developing Resilient Society Adaptable to Extreme Weather Conditions". *Proceeding (Extended Abstracts) of Global Center of Excellence – ARS Workshop*, January 12 – 14, 2010. DPRI – Kyoto University, Japan.
- Karnawati, D., Wilopo, W., Inderawan, I.G.B. and Barianto, D. H. 2010c. "Promoting a Model of Research-Based Education in Disaster Mitigation", *Proceeding on the International Symposium on Disaster Mitigation (the 2nd Regional Conference of Disaster Mitigation – AUN/SEED Net)*. Eds: D.P.E. Putra and W. Wilopo. Bali, February 25 – 26, 2010.
- Karnawati, D., Wilopo, W. And Andayani, B. 2010d. "Development of community hazard map for landslide risk reduction". Accepted in the *Proc. of the 11th International Association of Engineering Geologist Congress*, Auckland, New Zealand, September 5 - 10, 2010. In press.
- Price, D.G. 2009. *Engineering Geology; Principles and Practice*. Ed : M.H. de Frietas. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Thompson & Turk (2008). *Introduction to Physical Geology*. Saunders Golden Sunburst Series.
- Varnes, D.J. (1978). *Slope Movement Types and Processes. In Special Report 176: Landslides: Analysis and Control*. Schuster, R.L. and Krizek, R.J. (eds). TRB, National Research Council, Washington D.C. : 11-33.

Curriculum Vitae



Nama : Dwikorita Karnawati
 Tempat dan Tgl Lahir : Yogyakarta, 6 Juni 1964
 NIP : 19640606 199003 2 002
 Jabatan : Guru Besar
 (30 Desember 2008)
 Unit Kerja : Fakultas Teknik UGM

Alamat Kantor : Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik UGM.
 Jl. Grafika No.2 Kampus UGM Yogyakarta,
 Telp /Fax 62 274 513668

Alamat Rumah : Jl. Abimanyu A3, Krikilan, Sariharjo Ngaglik
 Sleman, Telp/Fax : 62 274 883919

Nama Suami : Sigit Priyanto
 Anak : 1. Amiluhur Priyanto
 2. Umayra Priyanto

Riwayat Pendidikan

1. Sekolah Dasar Teladan Ungaran II Yogyakarta : lulus 1976
2. Sekolah Menengah Pertama Negeri V Yogyakarta : lulus 1980
3. Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Yogyakarta : lulus 1983
4. Perguruan Tinggi
 - a. Ir. Jurusan Teknik Geologi FT-UGM : lulus 1988
 - b. M.Sc Engineering Geology, Leeds University, UK : lulus 1992
 - c. Ph.D Engineering Geology, Leeds University, UK : lulus 1996

Riwayat Pekerjaan:

Staf Pengajar dan Peneliti di Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada (1990 – sekarang).

Karya Ilmiah terpilih.

- Karnawati, D., Wilopo, W., Husein, S., Sudarno, I., and Burton, P.W. 2009. "Geological investigation and analysis in response to earthquake induced landslide in West Sumatra". *Proceedings of AGU Fall Meeting, San Francisco, CA*, 14-18 December, 2009.
- Karnawati, D. , T.F. Fathani, Budi Andayani, P.W. Burton and I. Sudarno. 2009, "Strategic program for landslide disaster risk reduction; a lesson learned from Central Java, Indonesia" , in *Disaster Management and Human Health Risk; Reducing Risk, Improving Outcomes*. Eds : K. Duncan and C.A. Brebbia. WIT Transactions on the Built Environment, WIT Press, Southampton, UK. p.115-126.
- Karnawati, D. 2008. Earthquake Induced Landslide at Sengir , Prambanan District, Yogyakarta Province, Indonesia. Published in *The Yogyakarta Earthquake of May 27, 2006*. Eds. D. Karnawati, S. Pramumijoyo, R. Anderson and S. Hussein. STAR Publishing Company Inc., Belmont, CA. ISBN 978 – 0 – 89863 – 304 – 7. p 9-1 to 9-11.
- Karnawati, D., I. Ibriam, Anderson, M.G., Holcombe, E. A., Mummery, G.T., Renaud, J-P, and Wang, Y., 2005, An initial approach to identifying slope stability controls in Southern Java and to providing community-based landslide warning information, *Landslide Hazard and Risk*, Ed; Thomas Glade, M.G. Anderson and Michael J. Crozier, John Wiley and Sons, 733-763.