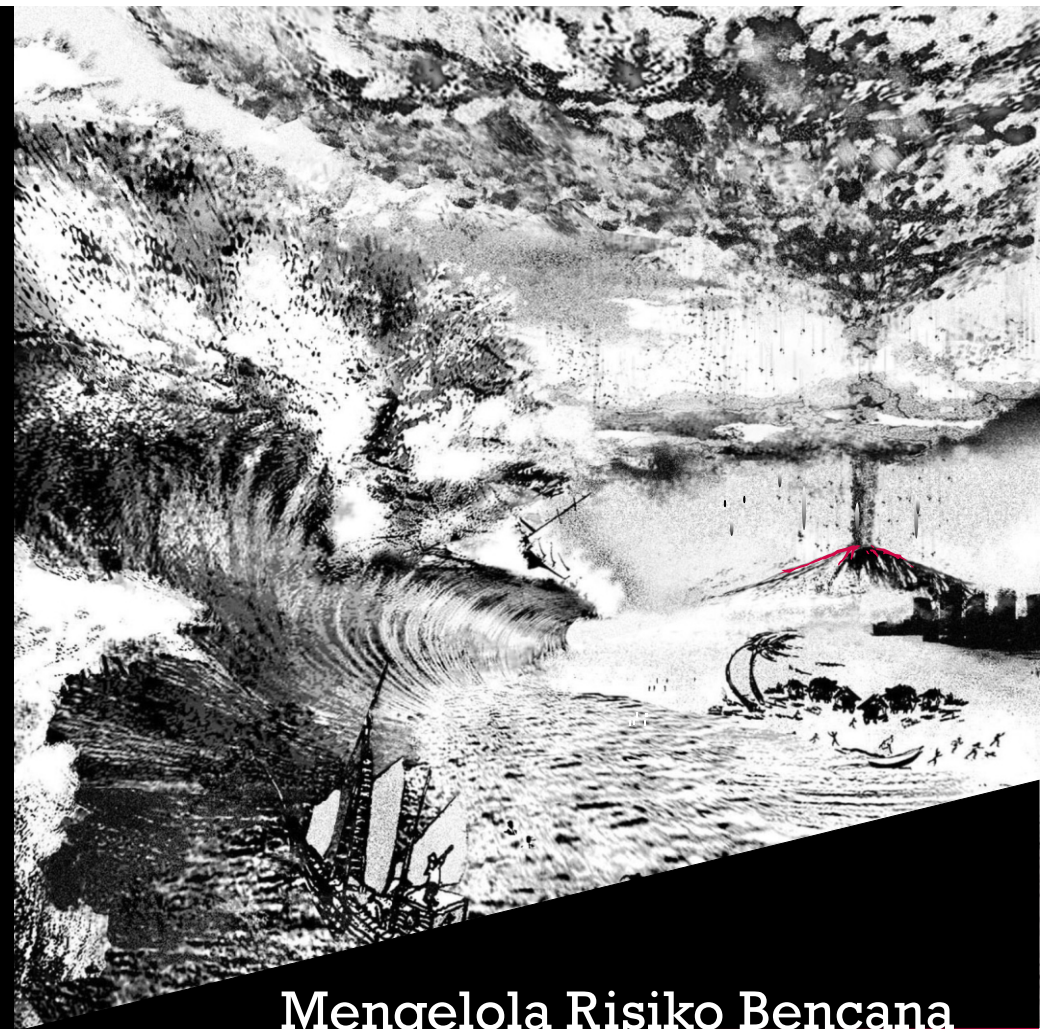


Lembaga Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat ITB



Mengelola Risiko Bencana di Negara Maritim INDONESIA



Institut Teknologi Bandung

Mengelola Risiko Bencana di Negara Maritim Indonesia

Ringkasan



**Majelis Guru Besar
Institut Teknologi Bandung**

Sambutan Rektor Institut Teknologi Bandung

Sebagaimana telah diketahui Indonesia terletak di tempat yang dikenal sebagai busur kepulauan. Busur kepulauan memiliki ciri geodinamika sangat aktif, yaitu kaya akan gunungapi (negara terbanyak jumlah gunungapinya di dunia) dan kaya akan gempabumi. Kedua fenomena geologis ini sering mengakibatkan bencana alam. Secara morfologis muka bumi kepulauan Indonesia terdiri dari pesisir, dataran hingga perbukitan. Sebagian wilayah Indonesia juga dikenal padat penduduknya, sehingga sebagian dari mereka tinggal di daerah pesisir yang pada bagian tertentu rawan bencana tsunami. Sebagian dari penduduk kita juga merambah daerah lereng dan perbukitan. Akibatnya mereka tinggal di tempat rawan akan bencana lereng (gerakan tanah atau longsor). Mereka yang tinggal di dataran juga menempati daerah yang sering merupakan bagian dari dataran banjir dari sungai tertentu, sehingga berpotensi berhadapan dengan bencana banjir. Pada saat sekarang, sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia, yang terletak di daerah tropis, juga memiliki potensi bencana lainnya yaitu kekeringan maupun badai akibat pengaruh perubahan iklim lokal maupun global yang banyak dipengaruhi oleh kegiatan manusia, misalnya pengaruh rumah kaca. Beberapa bencana lain yang juga mungkin terjadi adalah yang terkait dengan usaha pemanfaatan kekayaan alam kita di daerah busur kepulauan, misalnya semburan lumpur Sidoarjo. Dengan demikian, seyogyanya bangsa Indonesia secara alamiah mempunyai kesiapan untuk menghadapi berbagai risiko bencana alam yang akan terjadi.

Sebagai perguruan tinggi sains dan teknologi terkemuka di Indonesia, Institut Teknologi Bandung (ITB) mempunyai himpunan kepakaran, laboratorium, serta pengalaman dalam menghadapi berbagai jenis bencana alam yang dapat terjadi di berbagai lokasi di Indonesia. Berbagai pemikiran tentang bencana alam dirangkum sebagai ringkasan eksekutif serta dua buah buku yang merupakan pemikiran para staf akademik ITB tentang bencana maupun mitigasi bencana yang dapat terjadi di wilayah Indonesia. ITB berharap buku ini maupun kedua buku tersebut dapat merupakan sumbangan yang sangat penting dari Institut Teknologi Bandung bagi penyelesaian berbagai masalah bangsa Indonesia, khususnya yang berhubungan dengan bencana alam. Selain itu, sesuai dengan fungsi serta tugasnya, melalui berbagai kerjasama yang sinergis, ITB dapat secara terus-menerus dan terencana menyiapkan sumberdaya manusia yang berkualitas serta menggali berbagai ilmu serta

teknologi baru, guna menyelesaikan berbagai permasalahan bangsa Indonesia.

Melalui kesempatan ini kami sampaikan penghargaan serta ucapan terimakasih kepada Majelis Guru Besar ITB (MGB) yang telah menghimpun para staf akademik ITB, sehingga pemikiran dari ITB mengenai bencana maupun mitigasi bencana dapat dituangkan dan disumbangkan bagi kepentingan bangsa Indonesia. Penghargaan serta ucapan terimakasih juga kami sampaikan kepada berbagai pihak/lembaga pemerintah yang telah berkenan memberikan masukan dalam penyusunan buku ini. Kiranya Tuhan Yang Maha Mengetahui selalu memberikan bimbingannya kepada ITB dalam setiap usahanya ikut serta menyelesaikan berbagai permasalahan bangsa Indonesia.

Rektor:

Prof. Djoko Santoso

Prakata
Majelis Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Buku ini adalah pengantar dari dua buku yang bersamaan dengan ini diterbitkan, masing-masing mengenai bencana dan mitigasi bencana, yang keduanya menghimpun pemikiran dari sejumlah staf dosen ITB sesuai dengan kepakarannya masing-masing. Usaha penerbitan buku-buku tersebut merupakan kerja keras dari suatu tim yang dibentuk di bawah Komisi Permasalahan Bangsa pada Majelis Guru Besar ITB (MGB). Pada dasarnya buku pengantar ini merupakan ringkasan eksekutif dari kedua buku yang disebutkan di atas. Versi pertama dari buku pengantar ini telah diterbitkan bersamaan dengan hari peringatan 50 tahun Institut Teknologi Bandung, tanggal 2 Maret 2009.

Sebagaimana diketahui bahwa Negara Maritim Indonesia terletak pada titik temu 3 lempeng utama bumi dan satu lempeng kecil, yakni: Lempeng Pasifik, Lempeng Eurasia, Lempeng Samudra Hindia-Australia dan Lempeng Philipina. Sesuai dengan konsep Tektonik Lempeng, sebagai akibatnya, di wilayah Negara Maritim Indonesia terdapat banyak sekali bencana kebumihan. Sebagai contoh dapat disebutkan bahwa antara tahun 1970–2008 tercatat 20% dari semua kemunculan gempa di bumi ini terjadi di Indonesia. Sementara itu, sejak 2004–2008 telah terjadi enam gempa besar yang merusak sejumlah daerah di wilayah Indonesia, khususnya di wilayah busur depan Pulau Sumatra dan bagian Selatan Jawa yang mengakibatkan kerugian sangat besar. Selain itu, atas dasar kekhasan wilayah yang dimilikinya, terdapat pula bencana-bencana atmosferik seperti kemarau panjang, musim hujan yang berlanjut, badai, puting-beliung yang erat kaitannya dengan bencana kelautan seperti banjir, naiknya muka laut yang bercampur dengan luapan air hujan yang tak dapat lagi terserap oleh bumi Indonesia. Yang berhubungan dengan bencana atmosferik tersebut, sebagai contoh, hampir setiap tahun telah terjadi bencana, yang antara lain berupa terpaan badai bagi para pelaut Indonesia dan penduduk di wilayah pesisir, di samping bencana oleh karena angin puting-beliung di berbagai wilayah daratan maupun lautan.

Hingga sekarang manusia belum dapat meramalkan kemunculan gempa. Tetapi manusia dapat berbuat sesuatu untuk mencegah datangnya bencana, atau mengurangi dampak bencana tersebut. Atas dasar latar belakang di atas,

suatu program nasional dalam pengelolaan bencana alam yang terpadu dan bersistem sudah menjadi keharusan.

Berkaitan dengan umurnya yang telah mencapai 50 tahun, yang dirayakan pada tanggal 2 Maret 2009, Majelis Guru Besar ITB telah menyiapkan sejumlah pemikiran yang komprehensif, yang dikemas dalam bentuk 2 (dua) buah buku mengenai solusi nasional yang berhubungan dengan masalah bencana yang disebutkan di atas. Buku pertama memuat berbagai pemikiran mengenai bencana kebumihan, bencana kelautan, dan bencana atmosferik. Sedangkan buku kedua akan merangkum segala aspek mitigasi bencana alam dalam pengertian sangat luas termasuk masalah peningkatan kesadaran masyarakat terhadap bencana, segala kegiatan yang meliputi prevensi seperti memindahkan penduduk dari wilayah yang terancam bencana, dan memindahkan risiko ke pihak swasta, yakni asuransi.

Hampir 60 dosen ITB telah menyumbangkan pikirannya dalam usaha ini, yang juga memperoleh masukan dari banyak pihak dari luar ITB. Salah satu tujuan penulisan buku tersebut adalah memberikan penjelasan komprehensif mengenai sebab musabab mengenai berbagai bentuk bencana alam dan sekaligus mengingatkan para pelaku pemerintahan agar melakukan langkah-langkah yang terencana dan nyata terhadap berbagai dampak yang dihadapi oleh bangsa Indonesia berkenaan dengan bencana alam tersebut. Pertimbangan lain dari diterbitkannya buku tersebut adalah, di ITB terkumpul sejumlah staf dosen maupun peneliti, serta laboratorium, yang sudah pula memiliki banyak pengalaman dalam berbagai bidang yang terkait dengan permasalahan bencana yang disebutkan. Atas dasar tersebut, akan sangat berarti jika kepakaran maupun pengalaman mereka dapat dihimpun dalam sebuah buku yang komprehensif mengenai bagaimana sebaiknya menanggulangi permasalahan bencana tersebut secara terpadu serta holistik. Selanjutnya, diharapkan pula buku yang berisi kumpulan pemikiran tersebut dapat merupakan persembahan sekaligus bukti bahwa ITB peduli terhadap berbagai permasalahan yang terjadi pada masyarakat bangsa Indonesia oleh karena bencana alam.

Melalui kesempatan ini, kami menyampaikan penghargaan yang sangat tinggi, sekaligus ucapan terima kasih kepada semua dosen ITB yang telah menyumbangkan pemikirannya. Penghargaan serta ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada berbagai pihak serta lembaga pemerintah yang telah berkenan memberikan masukannya dalam penyusunan buku ini. Tidak lupa disampaikan penghargaan serta ucapan terima kasih kepada Prof. M.T. Zen yang telah bertindak sebagai Ketua Tim Editor. Penghargaan serta ucapan

terima kasih juga kami sampaikan kepada Ikatan Alumni ITB yang telah membantu banyak hal untuk dapat terkumpulnya seluruh pemikiran yang akan dimasukkan ke dalam buku tersebut. Akhirnya, penghargaan serta ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Komisi Permasalahan Bangsa Majelis Guru Besar ITB yang diketuai oleh Prof. Safwan Hadi, yang telah mengkoordinasikan berbagai kegiatan sehingga buku persembahan ITB mengenai bencana yang dikemukakan di atas dapat diterbitkan. Kami berharap kiranya, melalui buku-buku tersebut, ITB dapat mempersembahkan sumbangan pemikiran yang bermakna bagi penyelesaian berbagai permasalahan yang sedang dihadapi oleh bangsa Indonesia.

Ketua :

Prof. Harijono A. Tjokronegoro

Sambutan Dewan Editor

Sidney Poitier, seorang bintang film Hollywood keturunan Amerika-Afrika, sewaktu memenangkan Oscar sebagai the Best Actor beberapa tahun lalu berkata pada acara penganugerahan Oscar tersebut:

“Bagi seorang yang melakukan perjalanan jauh, mencapai tujuannya menjadi obsesi terbesar sejak awal. Semua pikiran dan ikhtiar dikerahkan untuk dapat sampai dengan selamat ke tujuan. Setelah dia mencapai tujuan ternyata jalan berliku-liku yang ditempuh dalam waktu yang lama selama perjalanan itu jauh lebih manis dan jauh lebih memberikan makna kepadanya. Cita-cita dan hasrat sampai ke tempat tujuan jauh lebih indah dan berwarna kepada orang yang menjalaninya.”

Dalam batas-batas tertentu dan dalam skala lebih kecil, saya merasakan hal yang sama. Sebelum mengumumkan batas akhir bagi para penyumbang tulisan buku “Bencana ITB” terasa bahwa dalam batas-batas tertentu hal itu menandakan bahwa “we are nearly there”. Hari Kamis tanggal 4 September 2008, kami bertemu di ruang rapat MGB sewaktu saya ditunjuk menjadi Ketua Editor buku yang ditulis ini 7 bulan yang lalu.

Sejumlah 25 buah tulisan sudah disumbangkan oleh warga ITB dan kesemuanya telah dipersiapkan dengan baik dan seksama. Kepada para penyumbang tulisan yang sudah melakukan tugasnya dengan baik saya mengucapkan banyak terimakasih. Sumbangan saudara sangat saya hargai.

Kepada Prof. Harijono A. Tjokronegoro selaku Ketua MGB dan Prof. Safwan Hadi selaku Ketua Komisi Permasalahan Bangsa di MGB yang selalu bersedia jika saya minta diadakan rapat mendadak, saya ucapkan banyak terima kasih. Perhatian kedua tokoh ini sangat membesarkan hati saya dalam proses mengamati, mengikuti dan menjaga agar “proyek” ini akan selesai tepat waktu dengan sasaran tercapai. Warga ITB, khususnya para anggota Majelis Guru Besar ITB patut berbangga mempunyai kedua orang tokoh seperti pak Harijono A. Tjokronegoro dan pak Safwan Hadi. Disamping itu tidak kalah pentingnya adalah peran dan kerja keras Prof. Doddy Abdassah yang selalu mengawal berjalannya proses penulisan buku ini. Atas semua bantuannya saya ucapkan banyak terima kasih.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang tulus kami sampaikan pula kepada para pembahas yang telah meluangkan waktunya untuk membaca, menelaah dan memberikan masukan-masukan yang sangat berharga, yang disampaikan pada seminar “Mengelola Risiko Bencana di Negara Maritim

Indonesia, Pemikiran Selangkah ke Depan Kearifan ITB” pada hari Sabtu, tanggal 24 Januari 2009. Para pembahas tersebut antara lain adalah: Dr. Hery Harjono (LIPI), Dr. Fauzi (BMG), Dr. Subandono (DKP), Dr. Iwan Wangsadinata (BPLHD Jabar), Dr. Eddy Hermawan (LAPAN Bandung), Dr. Heru Santoso, Dr. Pariatmono (Ristek), Dr. Haryadi Permana (LIPI), dan Ir. B. Wisnu Widjaja, MSc. (BNPB Jakarta). Tak lupa kami sampaikan juga ucapan terima kasih dan penghargaan yang sama kepada Dr. Djoko S. A. Suroso yang telah melakukan review buku ini secara menyeluruh dan memberikan masukan serta komentar yang telah menyempurnakan sumbangan pemikiran yang terkandung di dalam buku ini.

Satu proyek penulisan buku sudah diselesaikan. Kita boleh berbangga. Akan tetapi seharusnya kita sudah menyelesaikan 100 proyek serupa dalam bidang lain.

Buku ini hanya mengambil tempat sekitar 30 cm dari satu papan di lemari perpustakaan ITB, akan tetapi ia merupakan awal dari suatu ”perpustakaan-maya jauh lebih besar yang memperkaya khazanah pengetahuan manusia”. Oleh karena itu mari kita mulai perjalanan baru, yang mungkin jauh lebih panjang, lebih menantang dan jauh lebih indah.

The prospect of reaching one's far away destination is more exciting and thrilling than the destination itself. Man's journey into the great adventure of ideas is a never ending journey. Let us embark into a very meaningful life... into “Im Ganzen, Schönen Resolut zu leben (Göethe)”.

Ketua,

Prof. M.T. Zen

DAFTAR ISI

PRAKATA DAN SAMBUTAN	i
DAFTAR ISI	ix
DEWAN EDITOR	xi
KONTRIBUTOR	xiii
PROLOG	1
KERANGKA GEOTEKTONIK BENUA MARITIM INDONESIA	21
BENCANA KEBUMIHAN	43
1. Gempa Bumi	43
2. Longsor	47
3. Erupsi Gunung Api	51
4. Penurunan Tanah di Wilayah Jakarta: Karakteristik, Penyebab dan Dampaknya	55
5. Kasus Semburan Lumpur Sidoarjo	60
BENCANA KELAUTAN	65
1. Fenomena Tsunami, Kajian Bahaya, Kerentanan dan Risiko dan Upaya Mitigasinya	65
2. Gelombang Badai Pasang	69
3. Kenaikan Permukaan Laut Akibat Pemanasan Global	73
BENCANA ATMOSFERIK	79
1. Pendahuluan	79
2. El Nino dan La Nina	80
3. Banjir	84
4. Kekeringan	85

UPAYA-UPAYA UNTUK MENGURANGI RISIKO BENCANA	91
1. Pendahuluan	91
2. Upaya Pengurangan Risiko Gempa Bumi	94
3. Penataan Ruang sebagai Alat Mitigasi Bencana	106
4. Pengurangan Risiko Bencana dalam Pembangunan Infrastruktur ·	110
5. Mitigasi Bencana dalam Perencanaan dan Penyelenggaraan Kepariwisata	115
6. Pemodelan Katastrofi, Asuransi dan Konsep Kemitraan Publik-Swasta dalam Penanggulangan Bencana: Menuju Masyarakat Berdaya ·	117
7. Peningkatan Kapasitas Masyarakat dalam Membangun Kesiapsiagaan	125
8. Pengalaman ITB dalam Kegiatan Tanggap Darurat Bencana Gempa Bumi 27 Mei 2006 di Yogyakarta	133
EPILOG	137

DEWAN EDITOR

Ketua : Prof. M.T. Zen
Sekretaris : Prof. Doddy Abdassah dan Dr. Hendra Grandis
Anggota : Prof. Sri Widiyantoro, Prof. Safwan Hadi,
Prof. Indratmo Soekarno, Prof. Bayong Tjasyono
Dr. Krishna S. Pribadi, Dr. I Wayan Sengara.

Catatan:

Makalah-makalah yang disajikan dalam buku ini, telah diseminarkan pada tanggal 24 Januari 2009 di Gedung Balai Pertemuan Ilmiah ITB. Dalam seminar tersebut, telah banyak masukan yang diterima dari para pembahas dan peserta seminar.

Kepada para pembaca dan pemerhati yang budiman; Dewan Editorial memohon dengan hormat masukan, kritik dan saran untuk perbaikan lebih lanjut buku **Mengelola Risiko Bencana di Negara Maritim Indonesia** ini.

Segala kritik dan saran dapat disampaikan ke alamat Sekretariat Majelis Guru Besar ITB di Jalan Surapati No. 1 Bandung 40132, dengan email: sekretariat@mgb.itb.ac.id atau da@tm.itb.ac.id.

Terima kasih.

Kontributor Buku Mengelola Risiko Bencana di Negara Maritim Indonesia

Nama	Kelompok Keahlian/Keilmuan	Fakultas/Instansi
A. Aziz Djajaputra, Prof., Dr., Ir.	Rekayasa Geoteknik	Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Afnimar, Ph.D., MSc.	Ilmu dan Teknik Geofisika	Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Andi Oetomo, M.PI, Ir.	Pengelolaan Pembangunan dan Pengembangan Kebijakan	Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan
Aria Maryani	--	Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Armi Susandi, Dr., MT	Sains Atmosfer	Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian
Bajong Tjasjono, Prof., Dr., DEA	Sains Atmosfer	Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian
Bambang Budiono, Prof., Dr., Ir.	Rekayasa Struktur	Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Bambang Hidayat, Prof. Dr.	Astronomi	Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam
Benjamin Sapiie, Dr., Ir.	Geologi	Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian
Bigman Hutapea, Ph.D., MSc.	Rekayasa Geoteknik	Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Chalid Idham Abdullah, Dr., Ir.	Geologi	Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian
Dimas B.E. Dharmowijoyo, MT., ST.	Rekayasa Transportasi	Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Dhemi Harlan, ST., MT., MSc., Ph.D.	Teknik Sumberdaya Air	Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Djoko Santoso, Prof., Dr., MSc.	Ilmu dan Teknik Geofisika	Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Djoko Sujarto, Prof., Dr., Ir.	Sistem Infrastruktur Wilayah dan Kota	Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan
Djoko S. A. Suroso, Dr.	Pengembangan Wilayah dan Perdesaan	Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan
Doddy Abdassah, Prof. Ir., M.Sc. Ph.D.	Teknik Reservoir	Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan

Nama	Kelompok Keahlian/Keilmuan	Fakultas/Instansi
Dradjat Hoedajanto, Ph.D., M.Eng., Ir.	Rekayasa Struktur	Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Dyah Kusumastuti, Ph.D., MT., ST.	Rekayasa Struktur	Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Hadi Kardana, ST. MT. Dr. Eng.	Teknik Sumberdaya Air	Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Hamzah Latief, Dr. Eng.	Oceanografi	Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian
Haris Sunendar, S. Si., MT.	--	Pusat Pengembangan Kawasan Pesisir & Laut
Harkunti P. Rahayu, Dr., Ir., MSc.	Pengelolaan Pembangunan dan Pengembangan Kebijakan	Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan
Hasanuddin Z. Abidin, Prof. Dr., Ir.	Geodesi	Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian
Hendra Grandis, Dr.	Ilmu dan Teknik Geofisika	Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Heri Andreas, MT., ST.	Geodesi	Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian
Hernawan Mahfudz, Ir., MT.	Teknik Sumberdaya Air	Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Ibnu Sofian, Dr.	--	Balai Geomatika, Bakosurtanal
I Wayan Sengara, Ph.D., MSCE., Ir.	Rekayasa Geoteknik	Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Imam A. Sadisun, Dr., Ir.	Geologi Terapan	Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian
Indratmo Soekarno, Prof., Dr., Ir.	Teknik Sumberdaya Air	Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Ivonne M Radjawane, Ph.D.	Oceanografi	Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian
Iwan Krida Santausa, Dr, MSc. Ir.	Teknik Sumberdaya Air	Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Iwan P. Kusumantoro, MSc., Ir.	Sistem Infrastruktur Wilayah dan Kota	Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan
Joko Nugroho, ST., MT., Ph.D.	Teknik Sumberdaya Air	Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Ketut Wikantika, M.Eng., Ph.D.	Inderaja dan Sains Informasi Geografis	Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian
Kosasih Prijatna, Ir., M.Sc	Geodesi	Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian
Krishna S Pribadi, Dr., Ir.	Manajemen dan Rekayasa Konstruksi	Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan

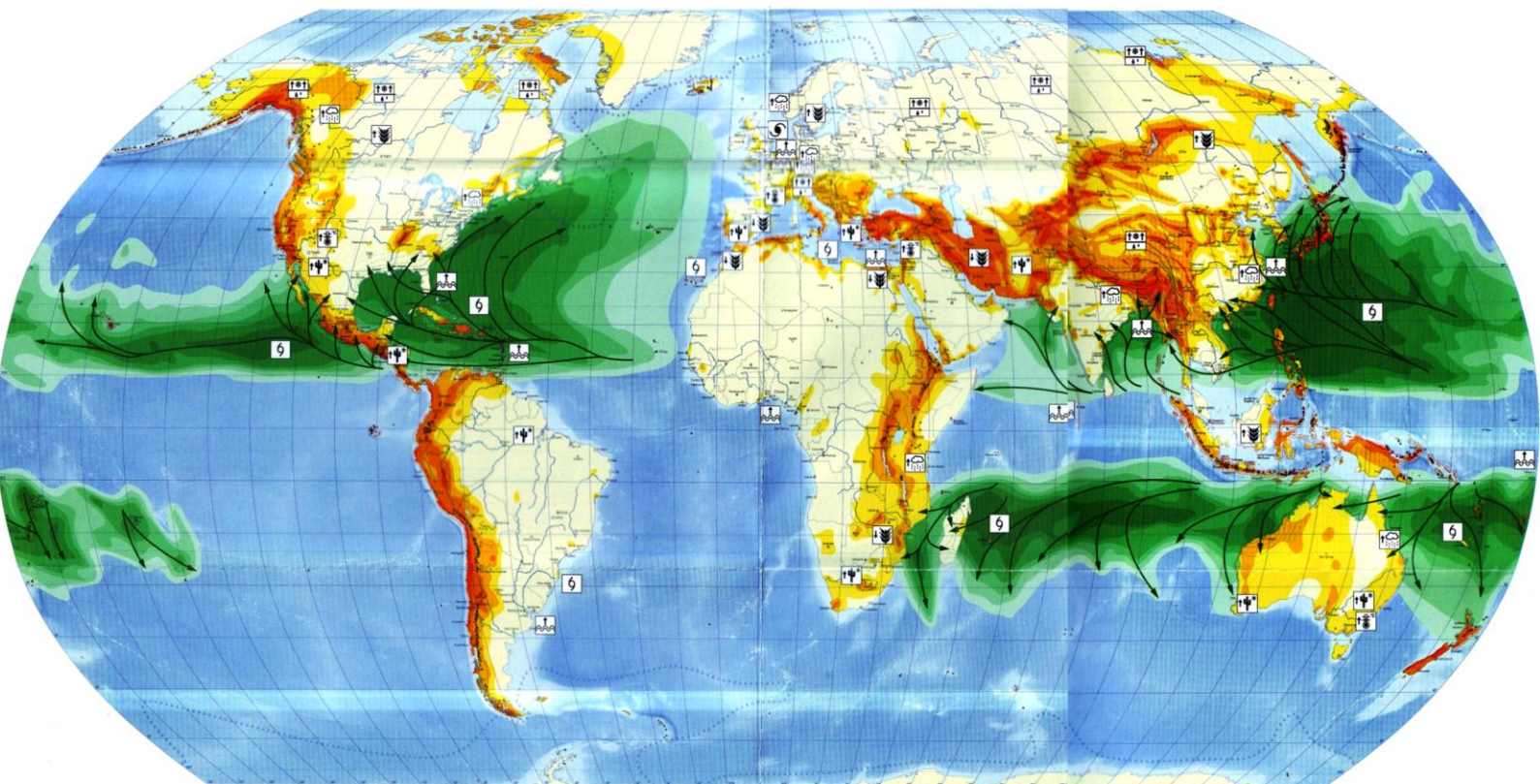
Nama	Kelompok Keahlian/Keilmuan	Fakultas/Instansi
Lambok M. Hutasoit, Dr., Ir.	Geologi Terapan	Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian

Nama	Kelompok Keahlian/Keilmuan	Fakultas/Instansi
M. Asrurifak, MT., Ir.	Rekayasa Geoteknik	Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Mohamad Gamal	Geodesi	Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian
M. T. Zen, Prof.	Ilmu dan Teknik Geofisika (Prof. Emeritus)	Dept. R&D PT. Asuransi Maipark, Indonesia
Masyhur Irsyam, Ph.D., MSE., Ir.	Rekayasa Geoteknik	Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Muh. Rachmat Sule, Dr., Ir.	Ilmu dan Teknik Geofisika	Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Myra P. Gunawan, Dr., Ir.	Perencanaan dan Perancangan Kota	Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan
Nanang T. Puspito, Dr., MSc.	Ilmu dan Teknik Geofisika	Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Ninie R. Herdianita, MSc., Ir.	Geologi Terapan	Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian
Nining Sari Ningsih, Dr. Eng	Oseanografi	Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian
Ofyar Z. Tamin, Prof., Ph.D., MSc., Ir.	Rekayasa Transportasi	Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Priyadi Soemintadiredja, Dr., Ir.	Geologi Terapan	Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian
Rochman Djaja, Dr.	--	BAKOSURTANAL
Roos Akbar, Ph.D., MSc., Ir.	Perencanaan dan Perancangan Kota	Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan
Rudi Rubiandini, Dr., Ir.	Pemboran, Produksi dan Managemen	Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Safwan Hadi, Prof., Ph.D.	Oseanografi	Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian
Satria Bijaksana, Dr.	Fisika Sistem Kompleks	Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam
Sri Widiyantoro, Prof., Ph.D., MSc.	Ilmu dan Teknik Geofisika	Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Suseno Kramadibrata, Dr., MSc., Ir.	Teknik Pertambangan	Fakultas Teknik Pertambangan dan

Nama	Kelompok Keahlian/Keilmuan	Fakultas/Instansi
		Perminyakan
Syahril Badri Kusuma, Dr., MSc., Ir.	Teknik Sumberdaya Air	Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan

Nama	Kelompok Keahlian/Keilmuan	Fakultas/Instansi
T. Deguchi	--	ERSDAC, Tokyo, Japan
Tri Wahyu Hadi, Dr., MSc.	Sains Atmosfer	Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian
Wahyu Triyoso, Ph.D., MSc.	Ilmu dan Teknik Geofisika	Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Wawan G. A. Kadir, Dr.	Ilmu dan Teknik Geofisika	Fakultas Teknik Pertambangan dan Perminyakan
Y. Maruyama	--	ERSDAC, Tokyo, Japan
Yahdi Zaim, Prof., Dr.	Geologi	Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian
Zadrach L. Dupe, Drs., Msi.	Sains Atmosfer	Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian

World Map of Natural Hazards



Earthquakes

- Zone 0: MM V and below
- Zone 1: MM VI
- Zone 2: MM VII
- Zone 3: MM VIII
- Zone 4: MM IX and above

Probable maximum intensity (MM: Modified Mercalli scale) with an exceedance probability of 10% in 50 years (equivalent to a "return period" of 475 years) for medium subsoil conditions.

Large city with "Mexico City effect"

Tropical cyclones

Peak wind speeds

- Zone 0: 76-141 km/h
- Zone 1: 142-184 km/h
- Zone 2: 185-212 km/h
- Zone 3: 213-251 km/h
- Zone 4: 252-299 km/h
- Zone 5: ≥ 300 km/h

Probable maximum intensity with an exceedance probability of 10% in 10 years (equivalent to a "return period" of 100 years).

Typical track directions

Volcanoes

- Last eruption before 1800 AD
- Last eruption after 1800 AD
- Particularly hazardous volcanoes

Tsunamis and storm surges

- Tsunami hazard (seismic sea-wave)
- Storm surge hazard
- Tsunami and storm surge hazard

Iceberg drifts

- Extent of observed iceberg drifts

Climate impacts

Main impacts of climate change already observed and/or expected to increase in the future

- Change in tropical cyclone activity
- Intensification of extratropical storms
- Increase in heavy rain
- Increase in heatwaves
- Increase in droughts
- Threat of sea level rise
- Permafrost thaw
- Improved agricultural conditions
- Unfavourable agricultural conditions

Political borders

- State border
- State border controversial (political borders not binding)

Cities

- Denver > 1m inhabitants
- San Juan 100,000 to 1m inhabitants
- Maun < 100,000 inhabitants
- Berlin Capital city
- Melbourne Munich Re Office

Data resources

Bathymetry: Amante, C. and B. W. Eakins, ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis, National Geophysical Data Center, NESDIS, NOAA, U.S. Department of Commerce, Boulder, CO, August 2008

Münchener Rück
Munich Re Group

Windstorm: Scales and Effects

Beaufort Scale						
Bft	Descriptive term	Mean wind speed (3-minute average)			Wind pressure	
		m/s	km/h	mph	knots	kg/m²
0	Calm	0-0.2	0-1	0-1	0-1	0
1	Light air	0.3-1.5	1-5	1-3	1-3	0-0.1
2	Light breeze	1.6-3.3	6-11	4-7	4-6	0.2-0.6
3	Gentle breeze	3.4-5.4	12-19	8-12	7-10	0.7-1.8
4	Moderate breeze	5.5-7.9	20-28	13-18	11-15	1.9-3.9
5	Fresh breeze	8.0-10.7	29-38	19-24	16-21	4.0-7.2
6	Strong breeze	10.8-13.8	39-49	25-31	22-27	7.3-11.9
7	Near gale	13.9-17.1	50-61	32-38	28-33	12.0-18.3
8	Gale	17.2-20.7	62-74	39-46	34-40	18.4-26.8
9	Strong gale	20.8-24.4	75-88	47-54	41-47	26.9-37.3
10	Storm	24.5-28.4	89-102	55-63	48-55	37.4-50.5
11	Violent storm	28.5-32.6	103-117	64-72	56-63	50.6-66.5
12	Hurricane	>32.6	>117	>72	>63	>66.5

Saffir-Simpson Hurricane Scale				
SS	Descriptive term	Mean wind speed (1-minute average)		
		m/s	km/h	knots
1	Weak	32.7-42.6	118-153	73-95
2	Moderate	42.7-49.5	154-177	96-110
3	Strong	49.6-58.5	178-209	111-130
4	Very strong	58.6-69.4	210-249	131-155
5	Devastating	>69.4	>249	>155

Enhanced Fujita Tornado Scale				
EF	Descriptive term	Wind speed (3-second average)		
		m/s	km/h	knots
0	Weak	29-38	105-137	65-85
1	Moderate	39-49	138-178	86-110
2	Strong	50-60	179-218	111-135
3	Devastating	61-74	219-266	136-165
4	Annihilating	75-89	267-322	166-200
5	Disaster	>89	>322	>200

Earthquake: Scales and Effects

Earthquake Intensity Scales					Earthquake Magnitude Scale	
MM	Descriptive term	Acceleration	EMS	RF	JMA	According to Richter (1956):
1956		% g	1992	1883	1951	Log ₁₀ E = 11.8 + 1.5 M
I	Imperceptible	<0.1				E = energy released (in erg); to be multiplied by 32 for each full M grade M = Richter magnitude (up to M = 9.5) In addition to M, effects observed on the surface (→intensities) depend mainly on the depth of and the distance from the focus, the duration of the earthquake and the prevailing subsoil conditions.
II	Very slight	0.1-0.2	II	II	I	
III	Slight	0.2-0.5	III	III		
IV	Moderate	0.5-1	IV	IV	II	
V	Rather strong	1-2	V	V	III	
VI	Strong	2-5	VI	VI	IV	
VII	Very strong	5-10	VII	VII		
VIII	Destructive	10-20	VIII	VIII	V	
IX	Devastating	20-50	IX	IX		
X	Annihilating	50-100 (-1g)	X	X	VI	
XI	Disaster	1-2g	XI	X		
XII	Major disaster	>2g	XII	X	VII	

MM: 1956 Modified Mercalli
EMS: 1992 European Macroseismic Scale (Improvement of Medwedew-Sponheuer-Karnik, 1964)
RF: 1883 Rossi-Forrel
JMA: 1951 Japan Meteorological Agency

© 2009
Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft
Königinstrasse 107
80802 München
Germany
www.munichre.com

Order numbers
302-05913 DVD - Globe of Natural Hazards
302-05912 Wall map - World Map of Natural Hazards
302-05972 Folding map - World Map of Natural Hazards

PROLOG

M.T. Zen

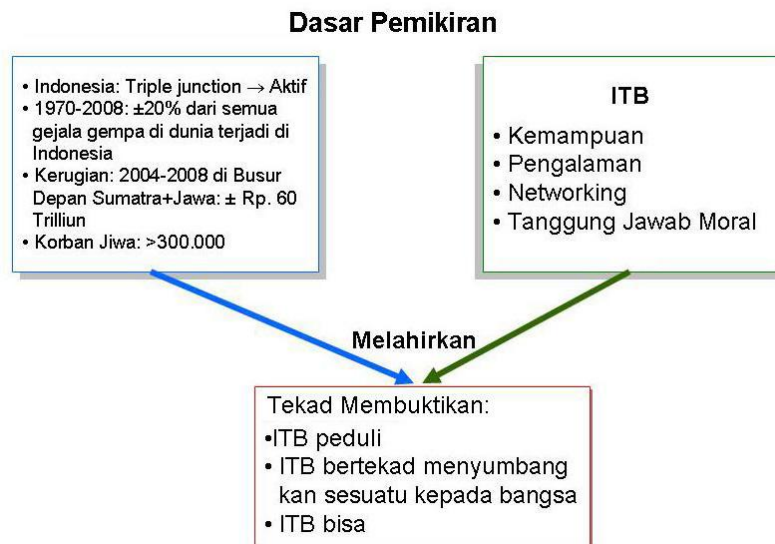
Latar Belakang

Pada bulan Maret tahun 2009, Institut Teknologi Bandung merayakan Dies Natalis yang ke-50. Pada usianya yang sudah setengah abad ini ITB mempersembahkan karya yang berjudul: “Mengelola Risiko Bencana di Negara Maritim Indonesia” kepada masyarakat dan Bangsa Indonesia. Dasar pemikiran dan tujuan penerbitan buku ini ditunjukkan oleh Gambar 1, yang meliputi:

1. Menunjukkan ITB peduli kepada masyarakat Indonesia yang selalu menderita oleh karena hantaman bencana alam.
2. Masyarakat ITB ingin melihat bangsa Indonesia memupuk kemandirian, dan membiasakan diri ”bersedia payung sebelum hujan”, dalam hal ini menghadapi bencana alam.
3. Menunjukkan bahwa ITB pada dasarnya mampu dan memiliki pengalaman dalam hal ikhwal penanggulangan bencana alam tersebut.

Penegasan Masalah (Problem Statement)

Indonesia terletak pada titik temu 4 lempeng utama bumi, yakni: i) Lempeng Pasifik; ii) Lempeng Eurasia; iii) Lempeng Samudra Hindia-Australia; dan iv) Lempeng Philipina. Bencana alam, khususnya bencana alam kebumihan di Indonesia, sangat erat kaitannya dengan posisi tektonik Indonesia tersebut. Konsep Tektonik Lempeng menekankan bahwa semua lempeng dunia selalu saling bergerak satu sama lainnya. Namun demikian hanya di pinggiran lempenglah terdapat aktivitas geodinamik yang menyebabkan konfigurasi bumi sebagaimana terlihat sekarang dan menjelaskan gejala-gejala bencana kebumihan dan juga mempengaruhi bencana kelautan dan bencana atmosferik, seperti konfigurasi benua dan distribusi benua dan samudra (Fowler, 1990). Jadi, dapat dimengerti mengapa di Indonesia banyak sekali terjadi bencana kebumihan seperti gempa bumi, tsunami, peletusan vulkanik, serta tanah longsor. Disamping itu bencana kelautan dan bencana atmosferik yang satu sama lain erat hubungannya, datang silih berganti. Dengan alasan yang sama, gejala-gejala seperti El Nino, La Nina lahir pula di kepulauan Indonesia, di samping variasi-variasi iklim yang muncul diantara kepulauan Indonesia dan Benua Australia (Climate Change, 1995).



Gambar 1. Diagram proses pemikiran Majelis Guru Besar ITB (MGB) untuk menerbitkan karya yang bermakna bagi bangsa, berupa buku *Mengelola Risiko bencana di Negara maritim Indonesia*.

Sebelum lebih jauh, sebaiknya kita menyamakan persepsi tentang apa yang disebut bencana dan bencana alam; apa penyebabnya; apa cakupan bencana alam; apa yang harus dilakukan, dan apa yang disebut Pengelolaan Risiko Bencana Alam. Dalam buku ini diulas pula Mitigasi dan Prevensi Bencana yang secara lebih ilmiah disebut Pengelolaan Risiko Bencana, manfaat apa yang diharapkan pada akhirnya. Dengan kata lain, apa perspektif jangka panjang bagi Bangsa Indonesia. Masalah ini tentu sangat berkaitan dengan cita-cita ITB sebagai penggerak kemajuan (*Agent of Progress*).

Bencana alam adalah gejala ekstrim alam dimana masyarakat tidak siap menghadapinya. Jelas bahwa ada dua hal yang berinteraksi, yakni (i) gejala alam; (ii) masyarakat atau sekumpulan manusia (yang berinteraksi dengan gejala alam tersebut).

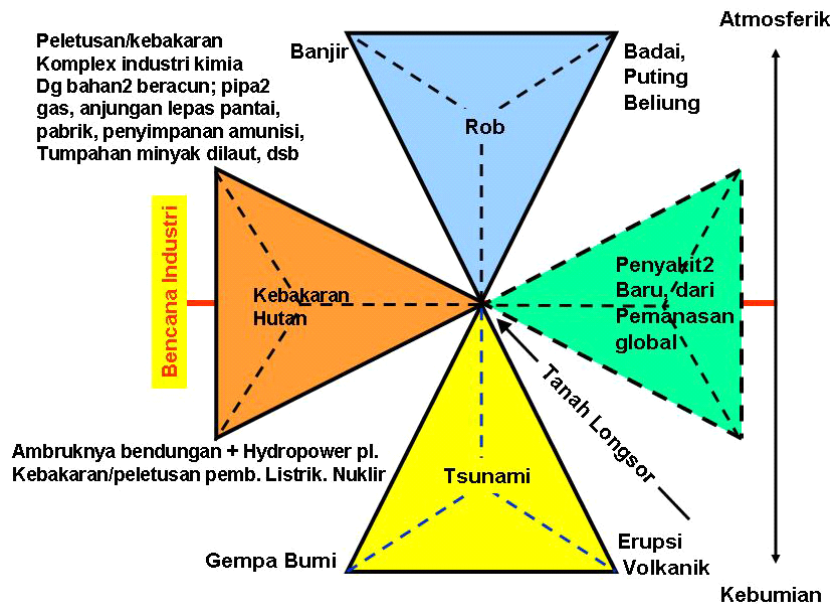
Jika di tengah Samudra Pasifik yang tidak berpenghuni ada letusan vulkanik yang besar, maka ini bukan bencana tetapi hanya gejala alam saja. Hal tersebut baru menjadi bencana jika ada interaksi dengan manusia. Pada dasarnya gempa bumi itu hanyalah salah satu dari gejala alam yang tidak jahat ataupun baik. Namun, jika gempa bumi terjadi di dekat pemukiman manusia, dan manusia tidak siap, maka terjadilah suatu tragedi yaitu tragedi manusia sebagai akibat dari gempa bumi tersebut (Zen, di depan Masyarakat Aceh di Jakarta, 2005, 2005a, 2006).

Pengertian bencana alam sangat luas, termasuk diantaranya kemarau atau musim hujan yang berkepanjangan, serta musim dingin atau cuaca ekstrim. Gangguan hama (belalang, keong, atau tikus) dalam jumlah sangat besar hingga menghabiskan panen suatu daerah juga merupakan bencana alam yang sangat merugikan manusia.

Kelompok Perusahaan Re-Asuransi (Munich Re Group) tahun 2009 menerbitkan *World Map of Natural Hazard* (aslinya: *Weltkarte der Naturgefahren*) yang memuat secara lengkap semua bencana alam yang dikenal manusia, seperti: (i) Gempa Bumi; (ii) Badai Tropik; (iii) Gunung-api; (iv) Tsunami dan Gelombang Pasang; (v) Hanyutan Gunung Es; (vi) Benturan Iklim; (vii) Konflik Perbatasan; (viii) Kota-kota Besar (Lihat Peta Lembar I). Banyak bencana yang tertera pada peta Lembar I tidak dijumpai di Indonesia. Namun, masyarakat Indonesia yang peduli terhadap bencana tetap perlu mengetahui bencana apa saja yang dikenal masyarakat dunia termasuk juga bencana buatan manusia, terorisme dan sebagainya.

Untuk keperluan praktis, bagi pemahaman buku "Mengelola Risiko Bencana di negara Maritim Indonesia", dipakai klasifikasi dan pengelompokan seperti tertera pada Gambar 2, 3 dan 4. Gambar 2 secara skematik memperlihatkan keterkaitan beberapa bencana khususnya yang dikenal di Indonesia. Berdasarkan Gambar 2 tersebut dikenal sejumlah bencana sebagai berikut:

1. Bencana Kebumihan yang meliputi: gempa bumi; tsunami; letusan vulkanik dan gejala-gejala "sekunder" seperti lahar dan sebagainya; tanah longsor; gerakan tanah yang relatif lebih lambat dari proses terjadinya tanah longsor, tetapi dalam skala jauh lebih besar.
2. Bencana Kelautan seperti gelombang pasang (rob), gelombang pasang disertai tiupan angin dan hujan (*storm surges*), kenaikan muka laut (akibat pemanasan global, dan sebagainya), badai di laut atau di wilayah pantai (di sini terjadi percampuran antara masalah kelautan dan masalah atmosferik, karena memang kaitan antara gejala atmosferik dan gejala kelautan itu sangat erat).
3. Bencana Atmosferik, yaitu perubahan di atmosfer yang berjalan sangat cepat dan dalam beberapa jam atau hari berubah menjadi badai besar, puting-beliung (tornado), angin ribut, dan banjir, yaitu meluapnya air sungai melebihi kapasitas bumi menyerapnya atau volume air melampaui tanggul-tanggul yang dibangun di sisi sungai.
4. Bencana buatan manusia atau bencana industri (kebakaran dan ledakan di pabrik petro-kimia; truk besar mengangkut bahan kimia terguling, terbakar dan meledak; jebolnya bendungan; letusan reaktor nuklir pembangkit listrik; bocornya pabrik kimia dan sebagainya).



Gambar 2. Gambaran skematik bencana alam di Indonesia.

Bencana Buatan Manusia (Man-Made Disasters) adalah bencana yang berasal benar-benar dari kegiatan manusia itu sendiri yang dikarenakan kesalahan (*error*), kelalaian (*negligence*), atau memang berasal dari suatu niat tertentu seperti terorisme dengan maksud menyebarluaskan ketakutan diantara penduduk. Bencana buatan manusia yang dikarenakan kesalahan atau kelalaian antara lain: (i) meletusnya reaktor nuklir pembangkit listrik seperti di Chernobyl; (ii) kebocoran pada pabrik petrokimia seperti di Bopal (India); (iii) kebakaran pada kompleks pabrik petrokimia; (iv) ambruk atau jebolnya bendungan serbaguna seperti Situ Gintung pada tanggal 8 April 2009 yang lalu yang menewaskan 90 jiwa manusia, mencederai banyak orang dan memporak-porandakan 99 buah rumah tinggal penduduk, serta sejumlah 250 kepala keluarga harus diungsikan^[1]. Hal tersebut cukup membuktikan bahwa ancaman akibat bencana buatan manusia sangat serius, dan harus diperhitungkan, diwaspadai, dan harus dilakukan pengawasan secara cermat.

Khusus mengenai bencana buatan manusia atau bencana industri, secara sadar dan sengaja tidak dikupas dalam buku ini, kecuali semburan lumpur Lapindo. Hal ini mengingat akibatnya yang sangat luas, dimana penduduk yang menderita (karena harus diungsikan) besar sekali jumlahnya, serta telah menarik perhatian baik dari dalam maupun dari luar negeri.

Dari latar belakang di atas, ditegaskan kembali bahwa bencana alam merupakan akibat dari suatu ancaman atau bahaya alam, seperti yang telah disebutkan di depan, yang mempengaruhi lingkungan hidup kita. Interaksi bahaya alam tersebut dengan manusia dapat mengakibatkan kerugian lingkungan atau kerugian manusia. Kerugian yang diakibatkannya tergantung dari kapasitas sekelompok penduduk untuk menahan atau menunjang bencana, serta ketahanannya.

Pengertian ini difokuskan dalam formulasi berikut: "Bencana terjadi jika ancaman (*hazard*) bertemu kerawanan (*vulnerability*)" (Wikipedia, 2009). Dari uraian tersebut di atas jelas bahwa ancaman (*hazard*) tidak akan menghasilkan suatu bencana alam di suatu wilayah tanpa kerawanan, seperti gempa besar di wilayah tanpa penduduk. Jelas bahwa perkataan "natural" (alam atau alami) dalam perkataan bencana alam sering menimbulkan kontroversi, karena *events* itu sendiri bukan ancaman atau bencana tanpa ada keterlibatan manusia.

Pengelolaan Risiko adalah suatu disiplin atau ilmu yang mengidentifikasi, memonitor, dan segala usaha untuk membatasi risiko. Sementara **Pengelolaan Risiko Bencana Alam** adalah semua usaha yang ditujukan untuk memperkecil risiko sebanyak mungkin. Dalam sektor publik hal ini mencakup mitigasi bencana dan prevensi bencana, termasuk mengatasi masalah psikologis yang timbul sebagai akibat dari suatu bencana (misalnya tsunami Aceh dan gempa-gempa besar di dunia lainnya, seperti Sechwan di RRC).

Kegiatan pengelolaan risiko mencakup antara lain:

1. Mengidentifikasi aset dan membedakan apa yang dianggap paling penting.
2. Mengidentifikasi, memilah dan memerikan segala macam ancaman yang mungkin timbul.
3. Menentukan kerawanan beberapa aset penting terhadap beberapa ancaman tertentu.
4. Menentukan konsekuensi-konsekuensi yang mungkin muncul terhadap aset-aset tertentu.
5. Menentukan cara-cara yang mengurangi risiko (memperbaiki/memperkuat rumah-rumah dan bangunan yang mungkin akan rusak jika timbul suatu kejadian alam tertentu seperti gempa bumi, peletusan vulkanik, memperkuat tanggul-tanggul yang sudah tua, dan sebagainya).
6. Memprioritaskan pengurangan risiko berdasarkan perencanaan atau strategi semula, termasuk mentransfer risiko ke "lembaga" lain (asuransi, re-asuransi, *CAT bond*, dan sebagainya).

Mengenai hal ini diuraikan dengan lebih lengkap dalam tulisan berjudul "Pemodelan Katastrofi, Asuransi, dan Konsep Kemitraan Publik - Swasta dalam Penanggulangan Bencana Menuju Masyarakat Berdaya" (Buku III).

Sinopsis dari Penegasan Masalah

Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa tujuan penerbitan buku *Mengelola Risiko Bencana di Negara Maritim Indonesia* mencakupi lima hal besar, yakni:

- i. Membuktikan kepada masyarakat luas bahwa ITB itu peduli.
- ii. Menyadarkan kepada seluruh masyarakat Indonesia bahwa Negara Maritim Indonesia, karena letak serta tatanan geologi dan geofisiknya, memang rawan bencana, baik bencana kebumihan, bencana kelautan atau bencana atmosferik.
- iii. Bangsa Indonesia, mau tidak mau harus membangun sikap: "Hidup Berani dengan Bencana Secara Cerdas".
- iv. Bangsa Indonesia harus mengambil manfaat dari kenyataan itu, yakni membangun Bangsa Indonesia menjadi bangsa unggul dalam pengelolaan risiko bencana alam.
- v. Secara keseluruhan Bangsa Indonesia harus berubah, dari negara yang sudah terbiasa dengan operasi tanggap darurat, penyelamatan yang diikuti dengan tahap rekonstruksi dan rehabilitasi, menjadi bangsa dengan kultur mitigasi dan prevensi. Dengan demikian menjadi bangsa yang mandiri dan berdaya.

Sebagai catatan, antara tahun 1970 hingga tahun 2008 tercatat bahwa 20% dari gejala gempa di bumi ini terjadi di Indonesia (Maipark, 2009). Sejak tahun 2004 hingga 2008 telah terjadi enam gempa besar dan merusak di sepanjang wilayah Busur Depan Sumatra dan di Jawa bagian Selatan. Gempa-gempa itu mengakibatkan kerugian sebesar Rp. 60 triliun. Semua kerugian ditanggung oleh Pemerintah. Salah satu tujuan bersama kita adalah membangun masyarakat yang berdaya, mandiri dan tidak selalu mengharap bantuan dari Pemerintah atau pihak asing sekalipun. Dalam hal ini, ITB secara tidak langsung terlibat dalam proses-proses membangun masyarakat berdaya tersebut.

Sasaran Buku

Buku ini ditujukan bagi berbagai pihak yang terkait dan peduli terhadap pengelolaan bencana alam di Indonesia, antara lain:

1. Kalangan pemerintahan pusat, seperti beberapa Kementerian dan Kementerian Koordinator pada Kabinet RI (Kesra, Ekuin, Pekerjaan Umum, Dalam Negeri, Sosial), Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) serta Pemerintah Daerah (Kabupaten dan Kota), BNPBD.
2. Badan legislatif di pusat dan daerah (DPR, DPD dan DPRD).
3. Kalangan akademik (peneliti, dosen dan mahasiswa).
4. Anggota masyarakat madani seperti LSM, media massa, dunia usaha, dunia pendidikan, berbagai organisasi kemasyarakatan, partai politik, Palang Merah Indonesia serta masyarakat pada umumnya.

Dalam kaitan ini, Majelis Guru Besar - ITB sebagai pemrakarsa buku ini sangat menyadari bahwa bencana alam sering melanda berbagai daerah di Indonesia, sehingga penekanannya adalah untuk memberikan pencerahan bagi mereka yang berkepentingan dengan kejadian bencana alam di daerah. Oleh karena itu buku ini disusun berdasarkan pemikiran ilmiah, tetapi disampaikan dengan cara dan dalam bahasa yang dapat dipahami oleh masyarakat yang lebih luas.

Ruang Lingkup

Untuk sementara buku ini menekankan pada bencana alam yang meliputi: Bencana Kebumihan (gempa bumi, tsunami, letusan vulkanik dan tanah longsor), Bencana Kelautan (luapan air laut yang melebihi dari biasa, naiknya muka laut), dan Bencana Atmosferik (badai, puting beliung, banjir). Buku ini membahas pula segala usaha yang termasuk dalam mitigasi bencana, yakni segala sesuatu yang dilakukan untuk meredam akibat bencana alam tersebut. Sebab, hingga kini manusia belum dapat mencegah terjadinya bencana lagi pula sangat sukar untuk meramalkan bencana misalnya gempa. Meskipun demikian, penulis buku ini sangat menyadari bahwa manusia dapat melakukan sesuatu, yakni melalui suatu Program Nasional Terpadu yang disebut Mitigasi Bencana, atau usaha mengurangi akibat bencana tersebut atau *Natural Disaster Reduction Program*.

Dalam kegiatan mitigasi tersebut termasuk pula usaha mentransfer risiko ke pihak swasta, yakni melalui industri asuransi. Melalui industri asuransi, usaha menstransfer risiko ke pihak swasta itu kita dapat memanfaatkan modal yang terdapat di dunia internasional, yakni melalui Re-Asuransi, seperti antara lain Swiss Re, Munich Re, Asian Capital Resources, yakni perusahaan-perusahaan asuransi yang menerima pengasuransian perusahaan-perusahaan asuransi lain (Gambar 2, 3, dan 4).



Gambar 3. Gambar yang secara singkat dan skematik menunjukkan berbagai pengelolaan risiko/bencana (Inspirasi awal dari Asian Reduction Center (2005), dimodifikasi dan diperluas oleh Zen (2007)).

Sistematika Buku

Buku ini disusun sebagai berikut: Buku I memberikan gambaran ringkas mengenai fenomena bencana dan upaya-upaya pengurangan risikonya, yang disampaikan secara sederhana. Hal ini dimaksudkan untuk memenuhi kebutuhan kalangan yang lebih luas. Adapun uraian lengkap dari materi yang disajikan di dalam Buku I selanjutnya terdapat pada Buku II dan Buku III. Buku II memuat semua bahasan secara lebih rinci dan ilmiah tentang Bencana Kebumihwan, Bencana Kelautan, dan Bencana Atmosferik dari sisi fenomena alam sebagai potensi ancaman bahaya yang dapat menimbulkan bencana. Sedangkan Buku III membahas segala hal mengenai berbagai upaya terkait pengurangan risiko bencana alam. Masuknya perasuransian sebagai bagian dari upaya mitigasi diuraikan dalam bab tersendiri dengan judul "Konsep Kemitraan Publik dan Swasta (*Public-Private Partnership*) dan Peran Asuransi dalam Penanggulangan Bencana Alam".

Benang Merah

Mengingat banyaknya tulisan yang terdapat dalam Buku II dan Buku III maka perlu adanya benang merah yang merentang antara keseluruhan isi buku tersebut. Untuk itu perlu dijelaskan melalui tiga dimensi yang mewarnai semua ide yang tercetuskan dalam semua tulisan, sehingga buku tersebut tidak merupakan suatu bunga rampai atau "Reader's Digest". Terdapat hubungan yang jelas mewarnai seluruh isi buku. Ketiga dimensi hubungan benang merah sebagaimana dimaksud dilukiskan secara diagramatik pada Gambar 5, yang menyangkut Dimensi Sosial-Ekonomi-Politik, Dimensi Sosial-Budaya, dan Dimensi Akademik.

Dimensi Sosial-Ekonomi-Politik

Dimensi Ekonomi dan Politik terkait dengan semangat UU no. 4/2007, yang menjelaskan bahwa Pemerintah berkewajiban melindungi rakyat Indonesia terhadap segala bencana yang melanda Tanah Air Indonesia. Sebaliknya setiap warga Indonesia berhak dilindungi oleh Pemerintah terhadap segala bencana yang melanda Tanah Air kita.

Pemberlakuan UU no.24/2007 mengisyaratkan adanya pergeseran paradigma dalam penanggulangan bencana di Indonesia, dari pola yang bersifat reaktif - responsif tanggap darurat yang menekankan penanganan dampak bencana menjadi pola yang lebih proaktif - preventif yang menekankan pada pengelolaan risiko bencana. Selain itu undang-undang tersebut juga mengamankan sistem kelembagaan penanggulangan bencana melalui keharusan adanya Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) dan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD).

Kita masih ingat kasus Bangladesh, yang dahulu bernama Pakistan Timur, yang terletak di antara Myanmar (dulu Birma) dan India. Pada tahun 1970 terjadi banjir besar sebagai akibat dari luapan Sungai Gangga dan Sungai Brahmaputra (Bangladesh terletak di delta Sungai Gangga). Banjir besar tersebut adalah akibat luapan air laut karena terjadi badai besar (*hurricane* dan *stormsurges*). Karena birokrasi yang berbelit-belit dan tidak efektif, bantuan dari pemerintah pusat Pakistan sangat lambat. Rakyat menjadi sangat tidak puas. Rakyat Pakistan Timur kemudian memberontak. Pemberontakan tersebut dibantu oleh India, yang kemudian menjadi perang yang dimenangkan oleh rakyat Pakistan Timur dan melahirkan negara Bangladesh. Perlu disadari bahwa mayoritas negara Bangladesh adalah beragama Islam, sedangkan mayoritas rakyat India beragama Hindu. Kesimpulannya adalah bahwa suatu birokrasi yang berbelit-belit dan tidak efektif dapat berdampak politik yang sangat penting dan fatal serta dapat mengubah peta sosial maupun politik di muka bumi.

Kasus Bangladesh harus kita ingat dan jadikan pelajaran (*L'Etat du monde: Geopolitique Mondial, La Decouverte*, Paris 2003). Hal yang terjadi dengan Bangladesh kemungkinan dapat pula terjadi di negara maritim Indonesia yang luas, apalagi dengan keragaman etnik dan juga agama rakyatnya.

Dari segi ekonomi secara umum, biaya mitigasi dapat dikatakan sebagai biaya investasi. Setiap US\$1 yang disisihkan untuk biaya mitigasi dapat menghemat US\$15-16 dalam fase rekonstruksi dan rehabilitasi. Dalam hal ini sangat perlu diingat oleh semua pihak bahwa pada dasarnya bencana alam itu berupa gejala dan masalah fisik. Begitu terjadi maka bencana alam dapat cepat berubah menjadi masalah sosial-ekonomi. Selanjutnya, jika tidak waspada maka masalah sosial-ekonomi tersebut dapat dengan cepat berubah menjadi isu politik. Dalam kaitan itu yang paling menderita adalah rakyat dari golongan bawah/miskin. Rakyat dari golongan kaya dengan mudah dapat mengungsi ketempat lain, membeli rumah baru, tinggal di rumah keluarga atau tinggal di hotel. Buku "Mengelola Risiko Bencana di Negara Maritim Indonesia" membuktikan kepedulian ITB terhadap penderitaan rakyat berpenghasilan rendah.

Statistik menunjukkan bahwa di negara-negara miskin selalu terlihat bahwa proses pembentukan modal selalu terganggu oleh bencana alam dengan berjalannya waktu. Pemulihan pembentukan modal itu sangat lambat di negara-negara berkembang jika dilanda bencana, dibandingkan dengan proses pembangunan kembali modal di negara-negara industri maju. Gambar 6 secara skematis menunjukkan fakta tersebut, yang diperoleh dari berbagai penelitian^[1].

Dimensi Sosial-Budaya

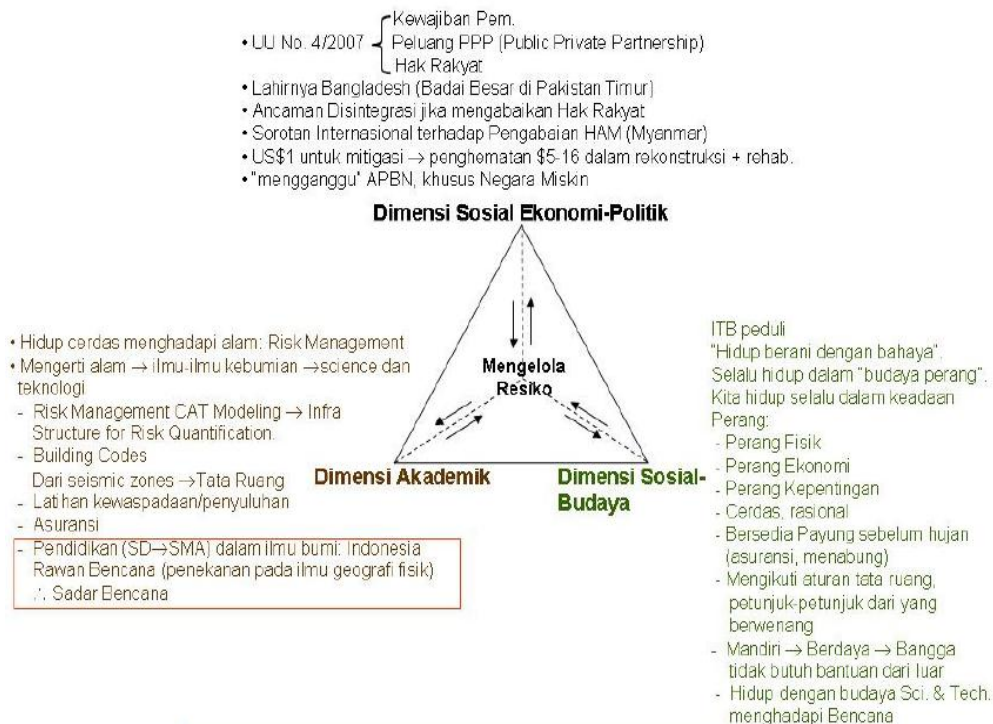
Sudah menjadi kebiasaan di negara berkembang yang miskin seperti Indonesia, apabila dilanda bencana, rakyat yang dilanda bencana itu selalu mengharapkan bantuan atau uluran tangan Pemerintah. Pada setiap kejadian bencana, media massa yang meliput bencana hampir selalu mengekspos fakta bahwa Pemerintah belum atau lambat memberikan bantuan kepada penduduk yang terkena bencana. Dengan demikian rakyat Indonesia menjadi terbiasa. Jika dilanda bencana, Pemerintah pasti akan membantu (keperluan di fase Tanggap Darurat dan pada fase Rekonstruksi dan Rehabilitasi). Lama kelamaan tradisi itu membawa konsekuensi serius terhadap sikap hidup Bangsa Indonesia. Kita diajarkan dan dilatih untuk tidak mandiri; terbiasa hidup dengan bantuan. Proses tersebut untuk jangka panjang membuat Bangsa Indonesia menjadi tidak mandiri. Dengan kata lain Pemerintah telah mendidik sebagian Bangsa menjadi peminta-minta (Gambar 7).

Bencana Fasa	Response terhadap Semua Hasil Telaahan	Bencana Alam			Keterangan
		Kebumihan	Kelautan	Atmosferik	
Pra Bencana	Identifikasi, telaahan, dan analisis resiko. Perencanaan dan Perencanaan Kontingensi mitigasi; Peta-peta daerah bahaya; Pencegahan bencana (evakuasi kesiagaan, pelatihan, informasi asuransi, obligasi, funds, Jaringan stasiun seismik + peringatan dini), R&D, Kebijakan Tata Ruang, Peraturan Bangunan untuk mencari sistem pengelolaan bencana yang efektif dan efisien 1) Stasiun-stasiun meteorologi 2) Early Warning System 3) Tide Ganges	Gempa, tsunami, longsor* Erupsi vulkanik (pyroklastik Aliran lava)- lahar erupsi Longsor**, lahar* Menentukan daerah-daerah Bahaya; tempat-tempat pengungsian	Storms Surges, Badai, gel. Besar Badai dengan kekuatan 7 di skala Beaufort Banjir karena hujan + air pasang	Badai Besar (hurricane, 75 km/jam, kekuatan 12 skala Beaufort), Putting Belitang, badai + gelombang besar, banjir	Hurricane: angin dengan kecepatan 75 km/jam atau lebih; kekuatan 12 dari skala Beaufort Storm: gangguan di atmosfera dengan angin kencang disertai guntur dan halilintar, hujan deras/salu (kecepatan 55-72 mil/jam atau dengan kekuatan lebih kecil dari hurricane) Gale: Tiupan angin kencang dengan kecepatan 32-54 mil/jam Typhoon: Semacam "hurricane" yang sering muncul di Asia Tenggara (variasi iklim antara benua Asia-Australia) Scala Beaufort: Skala kecepatan angin dari 0 (hurricane) Beaufort: Laksamana Inggris 1857
Bencana				Perahu karet, sampan-sampan kecil	
Pasca Bencana	Rehabilitasi; Rekonstruksi; Penyaluran bantuan; Klaim Asuransi				

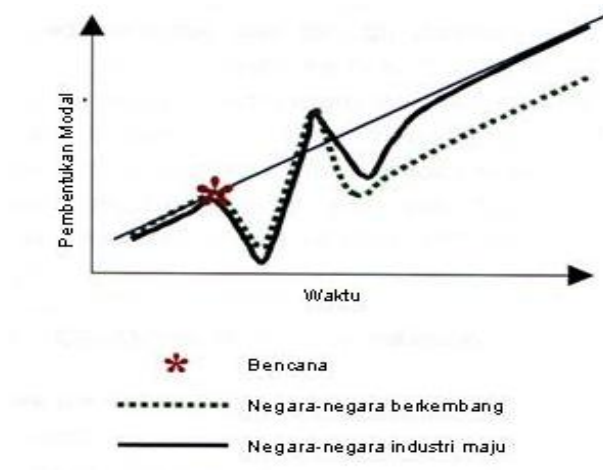
Longsor* = berkaitan dengan gempa

Longsor** = tidak berkaitan dengan gempa

Gambar 4. Matriks yang secara singkat merangkum unsur-unsur yang sangat perlu ditekankan atau diadakan.



Gambar 5. Ketiga dimensi yang merentang keseluruhan isi buku Mengelola Risiko Bencana di Negara Maritim Indonesia.



Gambar 6. Gambaran skematik yang menunjukkan bahwa proses pembentukan modal selalu terganggu di negara berkembang dan yang miskin dibandingkan dengan proses pemulihan pembentukan modal di negara industri maju^[1]. (Eclac and IDB, New Orleans, March 2000)



Gambar 7. Rakyat berebut bantuan yang dibagikan saat bencana gempa-tsunami di tahun 2004 di Aceh. Namun hal ini merupakan gambaran umum. Untuk jangka panjang sikap hidup seperti ini harus diubah.

Sebaliknya, rakyat di negara maju terbiasa menabung untuk mengatasi masa-masa darurat atau membeli asuransi untuk melindungi diri terhadap bencana. Pada umumnya dapat dikatakan bahwa mereka tidak keluar rumah jika tidak dilindungi asuransi. Khususnya pada masalah asuransi perlindungan, di Indonesia kebanyakan orang yang memiliki modal terlindungi oleh asuransi untuk kesehatan atau kecelakaan, namun demikian hanya sebagian kecil saja yang terlindungi oleh asuransi untuk tempat tinggal.

Data Maipark tahun 2007 menunjukkan bahwa jumlah penduduk dengan rumah terlindungi oleh asuransi (*insurance penetration*) masih sangat rendah, hanya sebesar 1.2% jika dibandingkan dengan *insurance penetration* penduduk dunia. Sementara terhadap penduduk Asia Tenggara hanya 14%. Angka-angka tersebut menunjukan bahwa kemungkinan pengembangan asuransi bencana di Indonesia masih sangat besar.

Sebagai contoh dapat diambil negara-negara industri maju seperti AS, Jepang, Perancis dan Jerman. Hampir setiap penduduk yang memiliki rumah dilindungi oleh asuransi. Jadi dalam waktu relatif singkat sesudah dilanda bencana mereka dapat membangun sendiri rumah mereka yang porak-poranda. Yang lebih penting lagi, mereka merasa bangga dapat membangun rumahnya kembali tanpa bantuan Pemerintah. Ini sikap hidup yang mandiri. Hal tersebut adalah masalah budaya, bagaimana mengubah sikap hidup dan mengubah pola pikir (*mindset*). Ini yang seharusnya menjadi tujuan akhir Program Nasional Mitigasi Bencana Alam.

Berkaitan dengan upaya memupuk sikap mandiri tersebut, yang menjadi sasaran adalah tumbuh-kembangnya budaya dan sikap hidup berani menghadapi bahaya bencana alam secara cerdas, rasional dengan memanfaatkan sains dan teknologi, serta mentaati ketentuan-ketentuan yang digariskan oleh yang berwajib (aturan tentang bangunan, dan sebagainya). Ini yang disebut Budaya Teknologi (memanfaatkan sains sepenuhnya, *All things are numbers, Tout est numero* (Pascal)). Satu langkah lebih maju lagi ialah membangun keahlian sedemikian rupa agar Indonesia dapat mengeksport keahlian (*expertise*) dalam penanggulangan bencana atau dapat membantu negara-negara berkembang lainnya.

Dimensi Akademik

Dimensi ini erat kaitannya dengan dimensi budaya, yakni kita harus cerdas menghadapi alam yang berarti bahwa kita harus secara rasional memanfaatkan segala sains dan teknologi yang ada, khususnya ilmu-ilmu kebumihantian seperti geologi dan geofisika (seismologi, seismotektonik dan geologi kuarter), Metoda Pemodelan Bencana (*CAT Modeling Technique*), ilmu-ilmu yang berkaitan dengan Teknik Sipil dan Mekanika Tanah, serta pemahaman mengenai Peraturan Bangunan (*Building Codes*), maupun Zonasi Seismik yang langsung digunakan oleh Ilmu Tata Ruang (kebijakan tentang Tata Guna Lahan).

Kita boleh mengembangkan model komputer yang secanggih apapun, akan tetapi kita harus mengenal dan mengerti alam, lebih khusus lagi alam Indonesia. Jadi, memperdalam dan memperkuat ilmu-ilmu kebumihantian, kelautan, dan atmosferik menjadi *conditio sine quanon* yang tak dapat ditawar lagi. Semua itu perlu ditunjang ilmu dan teknologi informasi sehingga Indonesia menjadi mandiri dalam ilmu dan teknologi yang dikembangkan atas pengetahuan akan alam kita sendiri.

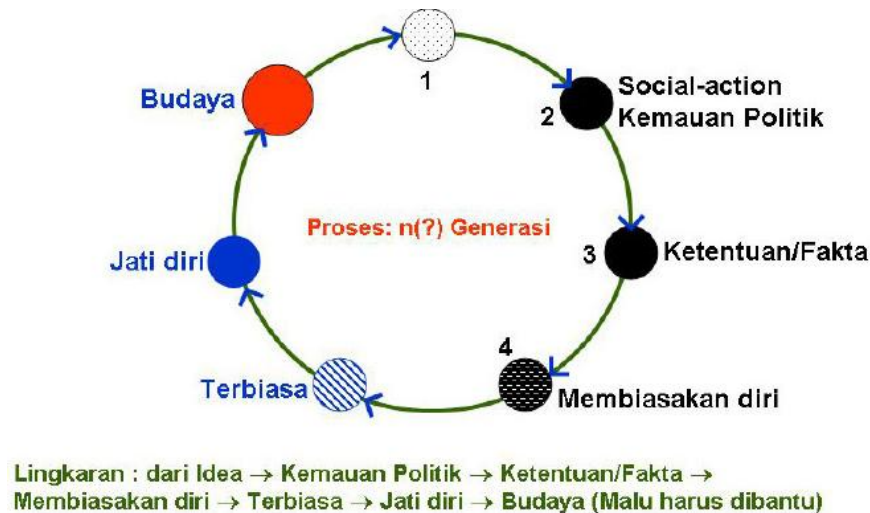
Perlu kita ketahui bahwa Republik Indonesia merupakan suatu Benua Maritim, sehingga Indonesia merupakan laboratorium alami terbesar dan sangat kaya. Ini yang harus dijadikan landasan berpijak untuk menjadi besar. Bangsa Indonesia harus kenal Alam Tanah Airnya sendiri dulu, dan kenal Bumi (Baca Hans Cloos, 1974). Bangsa Indonesia harus belajar menikmati keindahan alam dan "mengerti" alam itu lewat sains, penalaran dan kontemplasi. Hal ini dapat dicapai salah-satunya melalui penyuluhan dan kewaspadaan terhadap bencana, penyuluhan perlindungan dengan pemanfaatan asuransi, disamping melalui pendidikan (adanya bab khusus dalam buku pelajaran geografi fisik mengenai bencana alam agar semua warga Indonesia dari SD hingga ke tingkat Perguruan Tinggi selalu sadar bahwa Indonesia itu memang rawan bencana).

Pada diagram tiga dimensi mengelola risiko sudah disebut beberapa unsur sains dan teknologi yang diperlukan dalam menerapkan prinsip-prinsip dasar pengelolaan risiko bencana seperti ilmu-ilmu kebumih (geologi, geofisika, seismologi, geologi kuartar, neo-tektonik), teknik sipil, aturan tentang bangunan (*building codes*). Untuk melaksanakannya perlu dibangun kemampuan yang didukung oleh dimensi akademik yang kuat, yang meliputi: kemampuan untuk mengidentifikasi dan mengkuantifikasi *hazard*, tingkat kerentanan berbagai *element at risk*, serta tingkat risiko bendanya. Selanjutnya dari tingkat risiko bencana ini perlu dirumuskan strategi mitigasinya. Kontribusi dari berbagai komponen bangsa diperlukan untuk proses ini, untuk mencapai masyarakat yang tahan terhadap bencana (*resilient community*).

ITB kini sudah berumur 50 tahun. Seyogyanyalah ITB sudah merupakan salah satu universitas yang terkemuka khususnya dalam bidang keilmuan yang berhubungan dengan kebencanaan (Zen, 2005). Untuk itu ITB sudah harus berorientasi mengekspor *expertise*-nya ke luar negeri, minimal ke negara-negara berkembang lainnya (lewat Unesco, UNDP). ITB sekurangnya harus mempunyai beberapa laboratoria, antara lain (Zen, 2008): Earth-Laboratory; Laboratorium untuk Pengembangan Wilayah Pesisir; Laboratorium IT; Laboratorium Metalurgi; Laboratorium Energi; Laboratorium Industri Kreatif; Laboratorium Ilmu-ilmu Kehidupan. Warga ITB memang bekerja di komunitasnya masing-masing, tetapi untuk riset multi-disiplin (misalkan yang berhubungan dengan bencana) mereka bertemu di Laboratorium tersebut.

Laboratorium adalah tempat dimana pengetahuan baru dilahirkan. Dari pengetahuan itu lahirlah publikasi, produk/prototipe/paten, dan sebagainya. Hanya dengan demikian ITB menuju *World Class University* yang diidam-idamkan. Hanya dengan fondasi kokoh seperti itu ITB akan mampu melihat *the Beyond (Beyond Academic Excellence)*, menerawang ke horizon sosial budaya. Untuk itu, dalam ITB sendiri sudah harus tertanam, disadari dan dihayati apa yang disebut "human-purpose" atau tujuan kemanusiaan.

Mitigasi Bencana Alam, atau yang lebih luas lagi Pengelolaan Risiko Bencana merupakan *vehicle* yang dapat dipakai ITB untuk ikut serta dalam kegiatan yang menuju ke arah Membangun Masyarakat Berdaya dan Mandiri. Kalau 75% dari penduduk Indonesia sudah berdaya dan mandiri maka dapat dikatakan bahwa dalam bidang ini ITB sudah mencapai tujuannya. Dari kemandirian, langkah berikutnya adalah membuat berdaya dan mandiri itu menjadi ciri bangsa Indonesia yang dengan berjalannya waktu menjadi jati diri bangsa atau karakter. Kesemuanya itu merupakan proses Pembangunan Bangsa, yang membutuhkan 2-3 generasi (Gambar 8).



Gambar 8. Dari idea ke sikap budaya. Ini membutuhkan kesabaran, keberanian, dan *vision*. Khusus dalam hal ini digunakan untuk Mengelola Risiko Bencana sebagai *vehicle*. Ini yang disebut metoda tak langsung (*Indirect Method*) yang diuraikan dalam Epilog.

Isi Buku I, dan Buku II

Beberapa hal penting dan langkah-langkah maju yang telah diambil dan dilakukan oleh para kontributor yang disampaikan dalam Buku I dan Buku II mencakup antara lain hal-hal sebagai berikut:

(A) Bencana Kebumihan

(1) Gempabumi

Pemetaan bahaya gempabumi merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen risiko bencana gempabumi. Peta gempa Indonesia harus dikembangkan berdasarkan masukan data geologi dan seismologi terkini. Selain itu, pengembangan peta gempa Indonesia memerlukan masukan ilmu dan rekayasa gempa sesuai perkembangan terkini pula. Beberapa peneliti ITB telah berada pada garis depan dalam melakukan berbagai penelitian bidang ilmu dan rekayasa kegempaan Indonesia, dalam upaya untuk menyempurnakan peta zonasi bahaya gempa Indonesia. Akumulasi pengetahuan yang dimiliki ITB ini perlu diintegrasikan dan dikoordinasikan untuk mendukung pengembangan peta bahaya gempa Indonesia yang lebih baik. Upaya oleh ahli ilmu dan rekayasa gempa ITB telah dimulai dengan melakukan kajian bahaya gempa secara probabilistik dengan input data dan

metodologi terkini. Penyempurnaan peta bahaya gempa Indonesia nantinya akan menjadi acuan dan masukan dalam manajemen bencana gempa di Indonesia. Perhatian dan dukungan dari berbagai pemangku kepentingan akan penelitian dan kajian lanjut untuk keperluan pengembangan peta bahaya gempa Indonesia ini diperlukan sebagai salah satu upaya mitigasi bencana gempabumi di Indonesia.

(2) Longsor

Pemetaan kawasan rawan longsor merupakan tantangan dalam manajemen risiko bencana longsor. Teknologi untuk pemetaan kawasan rawan longsor harus dikembangkan. Akumulasi ilmu pengetahuan dan rekayasa mengenai kelongsoran perlu diaplikasikan untuk dapat memberikan kontribusi dalam pemetaan kawasan rawan longsor tersebut. Hasil-hasil penelitian dan teknologi bidang kebumih dan rekayasa geoteknik untuk pemetaan dan analisis kelongsoran, serta metoda-metoda monitoring yang dimiliki oleh ITB dapat diterapkan untuk identifikasi dan kuantifikasi hazard longsor termasuk evaluasi stabilitas dan kajian risiko Situ-situ, dam, dan tanggul penahan air yang dapat mengancam keselamatan masyarakat di hilir. Semua ini merupakan masukan penting dalam pemetaan risiko sebagai acuan dalam mitigasi bencana longsor.

(3) Gunung-Api

Pengamatan aktivitas gunung-api yang dapat memberikan indikasi tingkat bahaya sebelum suatu gunung-api meletus merupakan informasi yang dibutuhkan dalam mitigasi bencana gunung-api. Bidang ilmu geofisika, geodesi, geologi dan geokimia berperan dalam upaya tersebut, dan ITB memiliki bidang keahlian yang dapat memberikan kontribusi untuk mitigasi bencana gunung-api. Kemajuan dalam bidang-bidang ilmu dan teknologi terkait ini dapat memberikan dukungan dalam manajemen risiko bencana gunung-api.

(4) Penurunan Muka Tanah

Monitoring penurunan tanah (*land subsidence*) dengan teknologi survei GPS dan InSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*) memberikan indikasi adanya bahaya yang dapat berpotensi bencana. ITB dapat memberikan kontribusi dalam teknologi survei GPS dan InSAR ini. Studi penurunan tanah untuk kota Jakarta dan Bandung misalnya telah dilakukan oleh ITB sejak 1997.

(5) Semburan Lumpur Sidoarjo

Kajian mengenai semburan lumpur Sidoarjo (SLS) dapat menjadi suatu kasus dengan mengintegrasikan berbagai keahlian untuk memberikan

rekomendasi solusi penanganan bencana SLS. Manajemen risiko bencana sejenis merupakan tantangan. Peran ilmu dan teknologi terkait diperlukan dalam aktivitas pengeboran untuk antisipasi *hazard* dan risiko bencananya.

(B) Bencana Kelautan

Tsunami, gelombang badai pasang, dan kenaikan paras muka laut akibat pemanasan global merupakan fenomena yang dapat menyebabkan terjadinya bencana kelautan.

Indonesia perlu memiliki peta hazard tsunami Indonesia yang memadai. Upaya untuk mengembangkan peta hazard tsunami merupakan tantangan yang melibatkan berbagai keahlian bidang ilmu terkait sumber pemicu dan pemodelan rambatannya. Demikian juga halnya dengan identifikasi bahaya gelombang badai pasang dan kenaikan paras muka laut akibat pemanasan global. ITB telah mulai memberikan dukungan keahlian terkait berupa teknologi simulasi untuk berbagai upaya mitigasi bencana tsunami termasuk *Tsunami Early Warning System Indonesia* (Ina-TEWS). Namun demikian, manajemen risiko bencana tsunami dan fenomena kelautan lainnya di Indonesia masih memerlukan koordinasi dan dukungan ilmu dan teknologi yang harus terus dikembangkan di masa mendatang. Kajian dan penelitian mengenai sumber pemicu tsunami, perambatan gelombang tsunami, bahaya gelombang badai pasang serta kenaikan paras muka air laut akibat pemanasan global harus dilakukan dan Pemerintah dan berbagai pemangku kepentingan perlu memberikan komitmen dan dukungan untuk ini.

(C) Bencana Atmosferik

Dukungan ilmu dan teknologi untuk mitigasi bencana banjir dan kekeringan di Indonesia sangat diperlukan. Suatu manajemen penanggulangan banjir secara terpadu merupakan tantangan di mana diperlukan koordinasi dalam aspek pemicu berupa prediksi curah hujan dan ancaman bencananya, manajemen sumberdaya air, tata ruang, dan manajemen kawasan pesisir. Pengendalian banjir memerlukan upaya mitigasi struktural dan non-struktural yang harus direncanakan dengan matang dengan manajemen banjir secara terpadu. ITB dengan berbagai dukungan ilmu dan teknologi bidang terkait bencana banjir ini dapat diberdayakan secara optimal untuk memberikan kontribusi secara maksimal.

(D) Upaya Pengurangan Risiko Bencana

Upaya-upaya pengurangan risiko bencana sangat diperlukan untuk membangun masyarakat yang tahan (*resilient community*) terhadap bencana. Tantangan yang ada dalam pengurangan risiko bencana (PRB) ini adalah

perumusan strategi mitigasinya. Strategi mitigasi dan kebijakan-kebijakannya hendaknya dirumuskan dari suatu kajian risiko bencana yang komprehensif dengan masukan aspek-aspek pemicu bencana, yaitu aspek bahaya (*hazard*) dan kerentanan (*vulnerability*) dari elemen-elemen berisiko (*elements at risk*) sehingga tingkat risiko bencananya dapat diidentifikasi. Dalam hal ini peran ilmu dan teknologi pemetaan bahaya, kerentanan, dan risiko sangat dibutuhkan. Dalam rangka mendukung membangun ketahanan masyarakat terhadap bencana, yang juga dirumuskan dalam HFA (*Hyogo Framework for Actions*) 2005-2015, maka ITB dengan dukungan ilmu dan teknologinya pada Pusat-Pusat Penelitian, Kelompok Keahlian dan Program Pendidikannya dapat memberikan kontribusi yang berarti dalam upaya PRB di Indonesia khususnya.

ITB telah memiliki beberapa pengalaman dalam mendukung berbagai kegiatan PRB ini dalam bentuk *hazard mapping*, kajian risiko bencana, sampai pada penyusunan strategi mitigasi yang diperlukan dengan melibatkan berbagai bidang keilmuan, rekayasa, dan manajemen. Indonesia dengan kawasan yang memiliki potensi bahaya yang tinggi serta tingkat kerentanan elemen-elemen dalam kota/kawasan pemukiman yang juga tinggi memerlukan suatu penanganan yang komprehensif dan terintegrasi. Pemetaan bahaya, kerentanan, dan risiko bencana ini perlu dilakukan dan disosialisasikan mulai kota-kota besar dengan seluruh elemennya (penduduk, bangunan, infrastruktur, *lifelines*) sampai ke daerah-daerah pemukiman yang lebih kecil serta kawasan-kawasan dengan fasilitas kritis berisiko. Berbagai upaya PRB terkait hasil rekomendasi suatu kajian risiko bencana seperti evaluasi ulang tata ruang kota/kawasan berbasis *hazard* dan risiko bencana, penelitian dan penyempurnaan *hazard maps*, pengembangan teknologi dan diseminasi bangunan dan infrastruktur tahan gempa, penyempurnaan *building codes*, sistem peringatan dini dan *drill*, edukasi publik, dan segala bentuk kesiapsiagaan nantinya haruslah menjadi program kerja Pemerintah dan masyarakat.

Dalam kaitan ini, Indonesia harus mampu membangun dan menerapkan teknologi mitigasi bencana yang memadai, dan kontribusi ITB dan Universitas lain di Indonesia akan membantu dalam upaya-upaya PRB. Kajian dan penelitian mengenai kajian dan penelitian bidang identifikasi dan kuantifikasi *hazard*, risiko bencana, dan pengembangan teknologi mitigasi bencana di Indonesia harus dilakukan dan Pemerintah dan berbagai pemangku kepentingan perlu memberikan komitmen dan dukungan untuk ini. Perlu dicatat bahwa membuat program-program dan melakukan upaya-upaya mitigasi akan dapat menghemat dan menyelamatkan anggaran negara untuk rehabilitasi dan rekonstruksi akibat bencana.

Don't Climb the Wrong Tree

Unknown

*It is more important to find a wrong answer to the right question
than to find the right answer to the wrong question*

-Albert Einstein, 1957-

*It is in fact very much more difficult
to see a problem than to find a solution for it*

-Bernal, 1971-

Daftar Pustaka

- Asian Disaster Reduction Center. The Concept of Total Disaster Risk Management. *Asian Disaster Reduction Center*, 2005.
- Bernal, J.D. Science in History. *MIT-Press*, Cambridge. USA, 1971.
- Cloos, H. Gespräch mit der Erde. Piper & Co. Verlag Munchen, 1954.
- Einstein, A. Autobiographical Notes. In "Albert Einstein: Philosopher-Scientist." Tudor Publishing Co, 1957.
- Eclac and IDB, *La reduccion de la vulnerabilidad frente a los desastres: Una cuestion de desarrollo*, presentation at IDB annual meeting in March, New Orleans, 2000
- Fowler, C.M.R. The Solid Earth. Cambridge University Press, Cambridge, 1990.
- Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Haris, A. Kattenberg, K. Maskel. Climate Change 1995. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 1995.
- La Decouverte. L'état du Monde Annuaire économique géopolitique mondial. *La Decouverte*, Paris, 2003.
- Mengko, R. Membangun ITB dalam Era Globalisasi ICT. Dalam *Proceedings Workshop Mewujudkan ITB Abad 21*. Majelis Guru Besar Institut Teknologi Bandung, 2004.
- Zen, M.T., Dari Tradisi Operasi Penyelamatan ke Kultur Mitigasi dan Prevensi. Seminar Asosiasi Asuransi Umum Indonesia, Hotel Borobudur, Jakarta 31 Oktober 2007.

*The time is out of joint,
oh cursed spite that I was born to set it right*
Hamlet-Shakespeare

KERANGKA GEOTEKTONIK BENUA MARITIM INDONESIA

M.T. Zen

Konsep Benua Maritim Indonesia

Negara Maritim Indonesia biasa disebut Zen (1996; 2000; 2004) sebagai Benua Maritim Indonesia. Istilah Benua Maritim berasal dari para ahli klimatologi yang menamakan rangkaian kepulauan mulai dari semenanjung Malaka, kepulauan Indonesia, Papua Nugini, kepulauan di sebelah Barat Samudra Pasifik hingga hampir mencapai Pulau Pas di sebelah Barat Samudra Pasifik di depan Chili-Peru. Akan tetapi Republik Indonesia merupakan negara kepulauan paling besar dengan jumlah pulau-pulau paling besar juga. Oleh karena itu Zen (1996; 2000) menamakan kepulauan Nusantara Indonesia sebagai Benua Maritim Indonesia, terutama karena luasnya menyerupai "benua; keraknya ada yang bersifat kontinental dan juga ada yang bersifat oseanik (kerak samudra)". Kehidupan Bangsa Indonesia yang mendiami pulau-pulau tersebut yang menghias katulistiwa bagaikan kalung zamrud itu seharusnya mencerminkan kehidupan kemaritiman.

Menjelang akhir Desember 1996 diadakan Lokakarya dan Konvensi Pembangunan Benua Maritim Indonesia di Makassar yang diresmikan oleh Susilo Sudarman (alm.) Menko Polkam RI, atas nama Presiden RI Soeharto (alm.) Konvensi tersebut didahului oleh tiga lokakarya di Jakarta. Semuanya disiapkan selama hampir satu tahun. Kulminasinya adalah konvensi di Makassar, yakni Lokakarya Konsepsi Benua Maritim Indonesia untuk mengaktualisasikan Wawasan Nusantara; Lokakarya Pembangunan Maritim Indonesia dalam Pembangunan Benua Maritim Indonesia.

Lokakarya dan Konvensi Benua Maritim Indonesia di akhir Desember 1996 di Makassar tersebut diselenggarakan oleh Dewan Hankamnas dan BPP-Teknologi dengan tujuan Mengaktualisasikan Konsep Wawasan Nusantara, sekaligus menggariskan cita-cita kebaharian Bangsa Indonesia. Para pengarahnya terdiri dari: Letjen TNI (Purn.) Soekarto, Prof. M.T. Zen, Laksda TNI (Purn.) Wahyono S. K. Ph.D, Dr. Ir. Indroyono Susilo, Laksamana TNI (Purn.) M. Arifin, Prof. Dr. Samaun Samadikun. Semua

kegiatan lokakarya dan konvensi tersebut didokumentasikan dalam buku berjudul *Benua Maritim Indonesia* yang diterbitkan oleh BPP-Teknologi (ISBN 979-95038-4-1).

Definisi Benua Maritim Indonesia:

Benua Maritim Indonesia atau BMI adalah suatu massa bumi yang secara keseluruhan terdiri dari 17.508 pulau-pulau (besar dan kecil), beserta air laut disekitarnya sampai sejauh 200 mil dari garis pangkalannya, zona pesisir, landas benua, lereng benua, cekungan samudra dibawahnya, dan dirgantara di atasnya (Gambar 1).



Gambar 1. Benua Maritim Indonesia (BMI).

BMI yang terbentang antara 92°BT dan 141°BT dan dari 7°20'LU sampai 14°LS merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, yang terdiri dari:

1. Pulau-pulau sebanyak 17.508, 5.707 diantaranya sudah bernama dan 11.801 belum bernama.
2. Luas perairan Indonesia sebesar 3.1 juta km², luas perairan Nusantara sebesar 2.8 juta km², luas laut territorial sebesar 0.3 juta km², dan luas perairan ZEE 2.7 juta km².
3. Panjang seluruh garis pantai Indonesia adalah 80.791 km, dan panjang garis dasar sesuai dengan PRP 4/60 adalah 14.698 km dengan panjang garis dasar sesuai UNCLOS 1982 sepanjang 13.179 km.

Jadi luas wilayah di bawah yurisdiksi RI adalah 1.9 juta km² (daratan) ditambah dengan luas lautan Indonesia yang disebutkan di atas.

BMI mempunyai karakteristik cuaca dan iklim yang sangat rumit; keadaan perairan laut belum sepenuhnya dikuasai, serta tatanan kerak bumi (geologi) yang sangat bervariasi. Pada dasarnya kepulauan Indonesia merupakan kepulauan berstruktur busur kembar yang berada di pinggir kontinen dengan struktur *continental margin*, juga dengan bagian-bagian yang merupakan daerah paparan, seperti Paparan Sunda di sebelah Barat dan Paparan Sahul di Timur, sedangkan di tengahnya merupakan daerah dengan palung laut dalam (Gambar 2). Keraknya di bagian tengah ada yang merupakan kerak benua dan sebagian lain bersifat kerak samudra (Prasetyo, 1989; Rehault, 1993).

Bagian luar BMI sebagian besar membentuk struktur tepian benua konvergen aktif yang terdiri dari Samudra Hindia (Barat-Selatan) dan Samudra Pasifik (Timur-Laut), Laut Sulawesi (Utara) serta laut Cina Selatan (Barat Laut). Bagian Tenggara sebagian besar terdiri dari sistem Paparan Sahul dan massa daratan Papua yang menghubungkan dengan tepi Benua Australia.



Gambar 2. Peta palung-palung laut dalam dengan berbagai bentuk.

Berdasarkan konsep tepian benua yang dianut oleh Konvensi Hukum Laut Internasional, BMI merupakan kombinasi dari tepian benua aktif konvergen dengan tipe Pasifik dan tepian benua tidak aktif dengan tipe Laut Cina Selatan. Bagian luar BMI merupakan tepian luar aktif konvergen yang dicirikan oleh berkembangnya sistem palung-busur (*trench-arc system*). Jadi berdasarkan tatanan geologi dan tatanan tektoniknya BMI sebenarnya dapat dibagi menjadi tiga bagian besar, yakni BMI kawasan Barat dan BMI kawasan Timur dengan mandala palung-palung laut dalam di tengahnya. Kini mulai disebut Wallacea.

Di tahun 1996 Zen merumuskan 1) Doktrin Kelautan dan 2) Politik Kelautan Indonesia dalam lokakarya-lokakarya yang diadakan dalam mempersiapkan Konvensi BMI di Makassar. Doktrin Kelautan dan Politik Kelautan Indonesia merupakan dasar bagi pembangunan Ketahanan Nasional dalam arti luas sekali.

Doktrin Kelautan Indonesia:

1. BMI merupakan Lebensraum Bangsa Indonesia.
2. Bangsa Indonesia harus dapat “Hidup Dari dan Dengan Laut,” ini berarti “To live With and From the Sea”. Ini harus diterjemahkan sebagai berikut:
3. Lautan Indonesia harus merupakan sumber nafkah (sumber protein, sumber energi dan sumber kesempatan kerja). Lautan manapun di dunia, harus dipenuhi armada niaga Indonesia: Nakhoda orang Indonesia; juru mudi orang Indonesia, kelasi kapal orang Indonesia, juru masak orang Indonesia, juru mesin orang Indonesia, kapal-kapal Indonesia, dan kapal-kapal buatan Indonesia.
4. Jadi, kelautan, khusus lautan Indonesia merupakan sumber kekuatan ekonomi, termasuk eksplorasi, eksploitasi dan pengelolaan sumberdaya laut (Offshore-Technology, Deep Water Technology, Navigasi Laut).
5. Sumber untuk mengembangkan sains dan teknologi kelautan khusus untuk suatu Benua Maritim Indonesia dan dirgantara.
6. Sumber atau lahan mengatur siasat dan seni pertahanan BMI.
7. Unsur pemersatu dengan menggunakan sains dan teknologi dalam sistem transportasi, sistem telekomunikasi, sistem pendidikan jarak jauh (pendidikan dengan TV) demi untuk keadilan pendidikan.
8. Sumber inspirasi bagi Seniman, Ilmuwan, Negarawan, dan Pemikir.
9. Ini berarti Bangsa Indonesia harus menjadi Bangsa Pelaut yang cerdas dan terdidik terlebih dahulu sebelum dapat mengatakan Bangsa Indonesia itu Bangsa Bahari.

Politik Kelautan Indonesia:

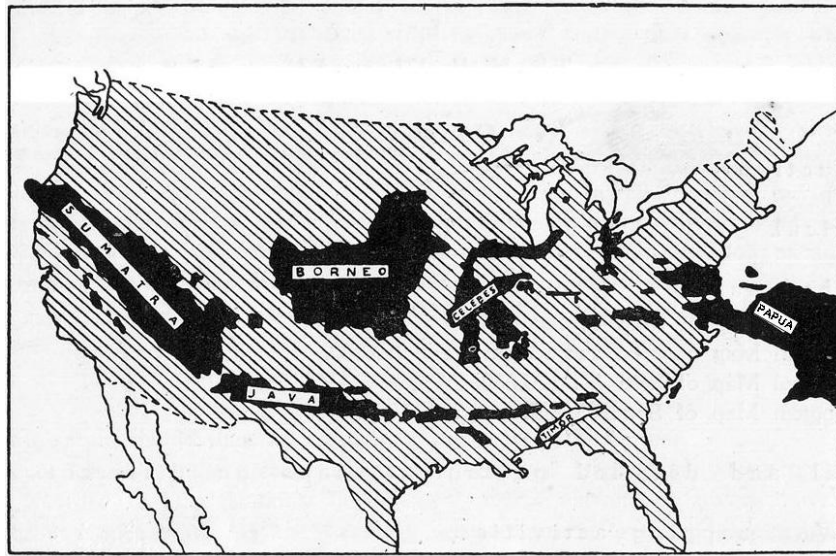
1. Kepulauan, lautan, dan udara di atasnya merupakan satu kesatuan politik, ekonomi, sosial budaya serta pertahanan dan keamanan.
2. Lautan Indonesia merupakan Lebensraum bagi Bangsa Indonesia.
3. BMI hanya untuk Bangsa Indonesia.

Tetapi Indonesia mentaati ketentuan-ketentuan dan persetujuan-persetujuan internasional yang sudah dicapai selama ini

Doktrin Kelautan dan Politik Kelautan Menyangkut Cita-cita Besar:

1. Jadikan lautan Indonesia Pusat dan Gudang Protein dan Gudang Energi Dunia.
2. Jadikan Kepulauan dan Lingkungan Hidup BMI Paru-paru Dunia (Hendarmin, 2000; Zen, 1996).
3. Jadikan BMI Pusat Pariwisata Dunia (Hendarmin, 2000).
4. 1,2,3 hanya dapat direalisasikan dengan pendidikan dan teknologi kontemporer.
5. Langkah berikutnya adalah membuat Indonesia sejahtera dan kuat secara militer.
6. Jadikan BMI Pusat Gerakan Meresponse Pemanasan Global yang terarah dan secara cerdas (mengerti, memahami seluk beluk ilmiah proses Pemanasan Global). *Let us loose 200 islands but ultimately win the battle against Global Warming* (baca makalah Zen (2005) mengenai Dam Lepas Pantai).

Wilayah kekuasaan yuridiksi RI yang disebut BMI itu sangat luas, lebih luas dari kontinental Amerika Serikat (Gambar 3); $\pm 70\%$ dari wilayah tersebut ditutupi lautan. Dalam kaitan "kedalaman" teritorial RI, unsur itu merupakan faktor tersendiri dalam seni mempertahankan wilayah RI. Bagi Amerika Serikat, Rusia, China misalnya kedalaman sumberdaya teritorialnya merupakan keuntungan. Ingat peperangan Napoleon melawan Rusia, dan peperangan NAZI Jerman melawan Rusia. BMI sangat berlainan. Kapal selam klas Trident AS dapat lewat Selat Sunda tanpa kita ketahui. Mau tidak mau, suka atau tidak, Indonesia harus mengambil faktor dirgantara, udara, laut, dan bawah laut, sebagai "sekutu". Ini berarti bahwa seni-ilmu-teknologi pertahanan BMI harus dibangun dan dikembangkan oleh putra-putri Indonesia sendiri. Indonesia tidak dapat belajar dari manapun; mengembangkan perang pintar sesuai tatanan alam dan manusianya sendiri.



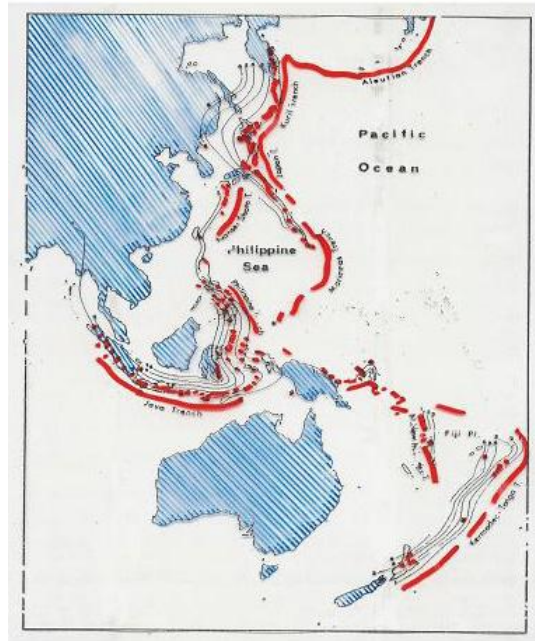
Gambar 3. Perbandingan wilayah territorial Indonesia dengan "Kontinental" (USA-Alaska dan Hawaii) pada peta dengan skala yang sama.

Sebaliknya konsep Ketahanan Nasional Indonesia tidak hanya terletak dibidang militer. Ia tergantung dari Ketahanan Industri dan Ekonomi, Ketahanan Intelektual, Ketahanan Psikologik dan Moral, serta Ketahanan Politik dan Ideologi. Kesemuanya itu sangat bergantung pada penyatuan keanekaragaman Indonesia, yakni keanekaragaman bio-geo-etno-sosio-kultural. Ini harus di eksplorasi habis-habisan. Jangan hanya berkata bahwa keanekaragaman itu merupakan unsur kekuatan kita. Dalam kaitan itu semua musuh terbesar adalah diri kita sendiri, yakni "complacency" (lengah-terlena, dan hanya suka berleha-leha).

Garis Besar Geotektonik BMI

Terutama hendaklah disadari bahwa kepulauan Indonesia merupakan sistem kepulauan busur kembar, sedangkan dilihat dari tatanannya kepulauan Indonesia mencerminkan struktur pinggir benua (*continental margin*). Ciri khas bagi busur kepulauan kembar, busur sebelah dalam bersifat vulkanik, sedangkan busur luarnya tidak bergunung api. Bentuknya selalu konfak menghadap samudra (lihat Gambar 4 dan Gambar 5), memperlihatkan Indonesia merupakan jembatan antara Asia Tenggara dan Australia dan di bagian dunia ini Samudra Pasifik dan Samudra Hindia saling berhubungan melalui celah-celah kepulauan Indonesia.

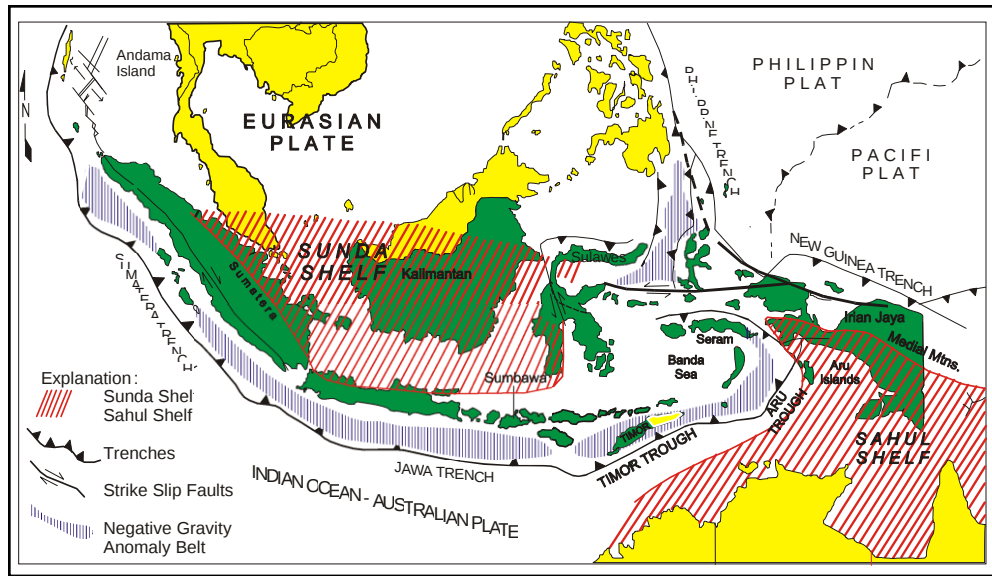
Jika diterjemahkan ke kehidupan sehari-hari di sistem kepulauan kembar, maka pulau-pulau yang berada di busur dalam biasanya relatif jauh lebih subur, dan ini disebabkan oleh keberadaan gunung-gunung berapi yang mengeluarkan rempah-rempah vulkanik seperti abu, pasir, kerikil, bongkah-bongkah lava yang lebih cepat melapuk di iklim tropik, dan tanah menjadi subur. Jika kehidupan di lembah delta sungai Nil di Mesir sering disebut sebagai pemberian Sungai Nil, maka kehidupan di pulau-pulau kepulauan busur sebelah dalam seperti Jawa, Bali, Lombok dan sebagainya merupakan pemberian gunung-gunung berapi yang berada disana. Peta kerangka geotektonik Indonesia karya Hamilton (1989) dapat dilihat di Gambar 6.



M. T. Zen 2006

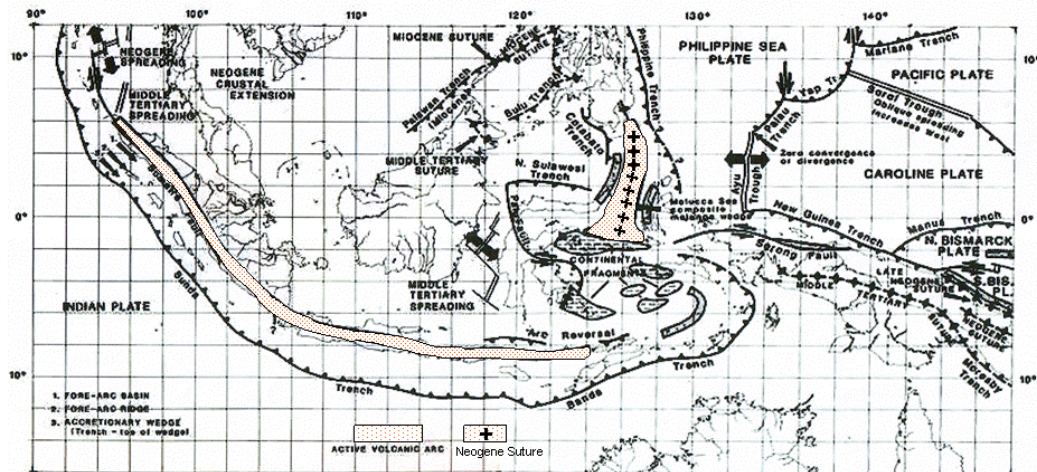
Gambar 4. Benua Maritim Indonesia sebagai kepulauan busur kembar dengan sifat pinggiran benua (*Continental Margin*).

Jika dibandingkan secara cermat peta Hamilton (1989), peta Nishimura et al (1990) (Gambar 7), Peta Katili (1989) (Gambar 8) terlihat bahwa secara prinsip peta-peta tersebut masih sangat berbeda. Perbedaan prinsip itu mencerminkan bahwa interpretasi dari ketiga-tiga pihak masih sangat berbeda. Akan sangat baik dan bermanfaat jika asosiasi profesi IAGI dalam salah satu Kongresnya sebanyak mungkin meluruskan perbedaan-perbedaan itu. Ini bukan berarti bahwa kita tidak boleh berbeda.



M. T. Zen 2006

Gambar 5. Peta skematik struktur kepulauan Indonesia yang sangat disederhanakan untuk memperlihatkan bahwa secara fisiografik wilayah kepulauan Indonesia terdiri dari tiga bagian: i) Paparan Sunda di Barat; ii) Wilayah palung-palung laut dalam, dan iii) Paparan Sahul.



Gambar 6. Peta Tektonik Indonesia (Hamilton, 1989), dibandingkan dengan peta Nishimura (1990), Zen (1996), Tapponier (1992) dan peta Katili (1989).

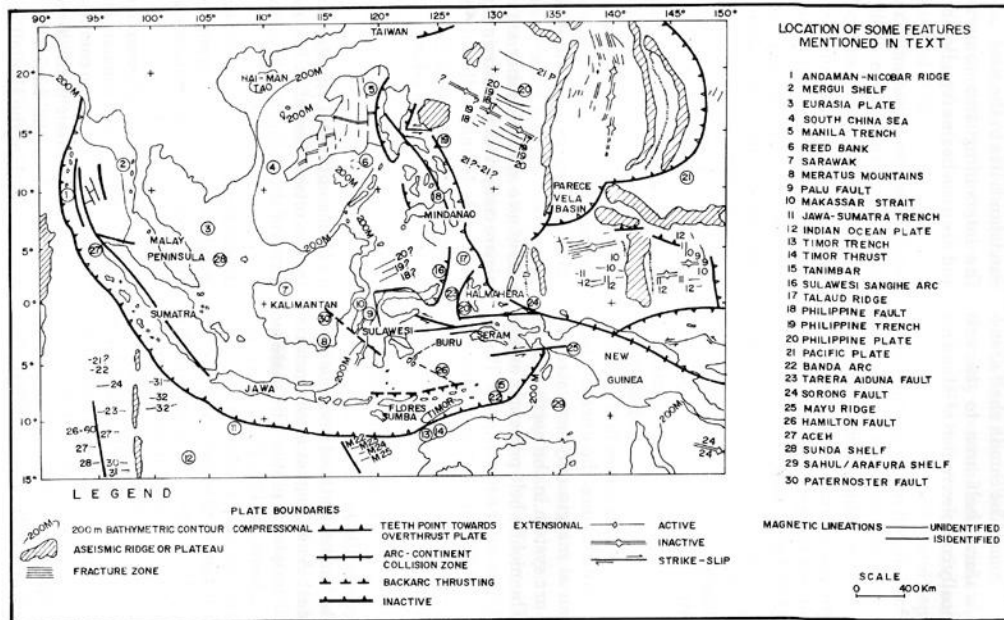


Gambar 7. Peta Skematik Kerangka Geotektonik Indonesia dan sekitarnya (Kompilasi dari Nishimura (1990), Tapponier (1992)).

Apa sebetulnya yang dapat disepakati dari ketiga peta-peta tadi? Antara lain yang tidak dapat atau sukar untuk dipungkiri. Ini dijelaskan dalam 2 kelompok, kesepakatan tentang konsep-konsep dasar Tektonik Lempeng, yakni:

1. Bagian atas bumi terdiri dari 7 lempeng-lempeng utama; disamping itu terdapat beberapa lempeng-lempeng kecil seperti Lempeng Filipina, Nacza, dan lain-lain.
2. Semua lempeng-lempeng itu baik lempeng-lempeng besar maupun lempeng-lempeng kecil selalu dalam keadaan bergerak relatif terhadap satu sama lainnya. Oleh karena itu semua pinggiran lempeng (pinggir divergen, konvergen, gerak-gerak sesar mendatar dan gerak *oblique*) dan semua lempeng-lempeng itu secara terus menerus dalam keadaan bergerak. Kebanyakan batas-batas lempeng itu selalu berubah baik panjang maupun bentuknya. Sekalipun semua lempeng-lempeng itu bersifat sangat kaku dibagian dalamnya, bagian-bagian lempeng tersebut mengalami pemendekan secara internal atau memanjang, mengalami deformasi sepanjang *strike* dan *slip*-nya. Jadi, kebanyakan lempeng-

lempeng itu tumbuh secara internal atau di pinggirannya. Secara kasar dapat disebutkan bahwa lempeng itu bergerak dengan kecepatan rata-rata 13 cm/tahun. Bagian-bagian di dalam mantel kadang-kadang memperlihatkan keberadaan "hot spot" (atau bagian-bagian panas); *hot spots* itupun ikut bergerak.



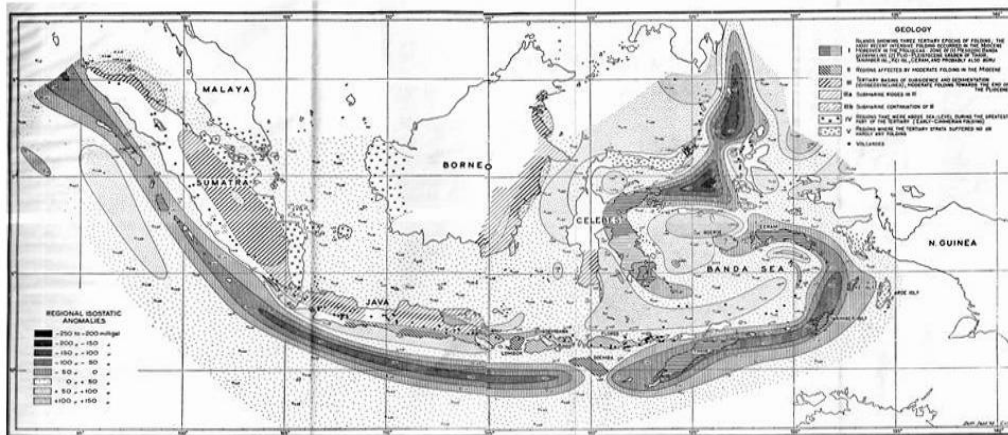
Gambar 8. Peta Tektonik Indonesia hasil karya Katili, 1989. Peta ini dan peta Hamilton tidak menyebut sepetah pun mengenai kemungkinan adanya gejala "Extrusion tectonics" oleh Tapponier (1992)

Unsur geotektonik di wilayah Indonesia:

1. Adanya jalur subduksi yang berawal dari wilayah Myanmar atau Birma, Laut Andaman, dimana terdapat pemekaran. Jalur ini menerus ke sebelah Barat Sumatra, Selatan Jawa, Selatan NTB dan NTT, disebelah Barat Tanimbar; jalur ini berbelok ke Utara dan sedikit ke Barat Daya.
2. Bertepatan dengan jalur subduksi yang panjang itu terdapat jalur anomali gravitasi isostatik negatif yang melingkar bagaikan naga raksasa. Di Utara Laut Banda jalur itu berlanjut ke Palung Philipina dan berlanjut ke Utara (lihat Gambar 9).
3. Jalur sesar mendatar yang panjang (juga berawal dari Laut Andaman dan lebih ke Utara lagi) menyayat bagian Barat Pulau Sumatra dan di Selatan

Pelabuhan Ratu (Jawa Barat) jalur sesar ini membelok ke Selatan memotong jalur subduksi tadi.

4. Hampir bertepatan dengan jalur sesar mendatar di Sumatra tersebut terdapat jalur vulkanik yang berlanjut ke Pulau Jawa, Bali, NTB, NTT dan ke Laut Banda. Diantara jalur subduksi Sumatra dan pantai Barat Sumatra terdapat sesar Mentawai yang merupakan suatu thrust-fault.



Gambar 9. Peta jalur gravitasi isostatik negatif yang dibuat oleh Umbgrove (1947) berdasarkan pengukuran Vening Meinesz tahun 1930-1931. Peta tersebut sudah banyak diubah/perbaiki oleh Bowin et al (1980) dan M.I. Taib et al (2001).

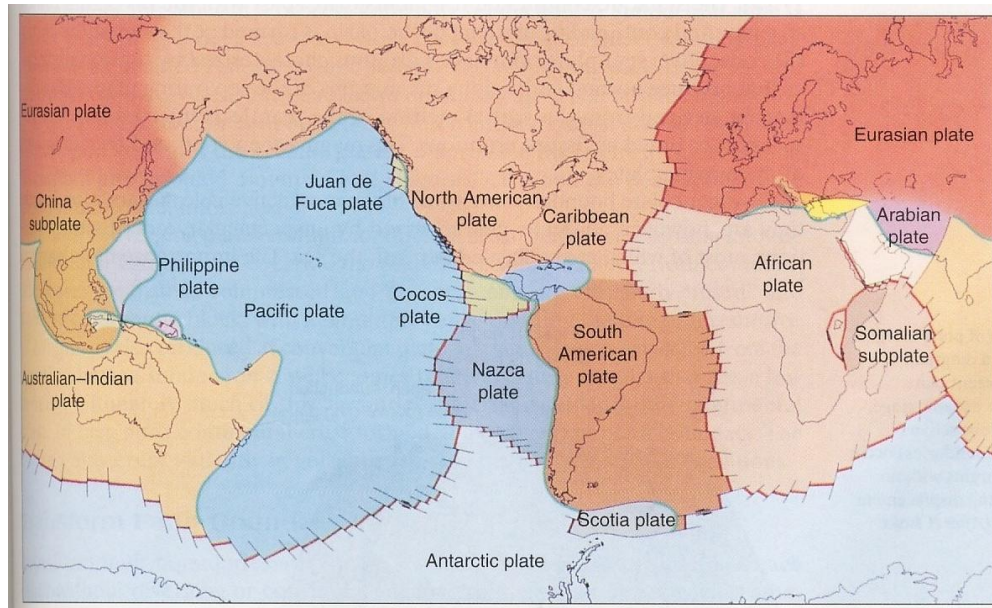
Kalau dilihat sepintas lalu secara fisik dan lahiriah ada perbedaan besar antara bentuk dan manifestasi fisik kepulauan Indonesia Bagian Barat dan Bagian Timur, hal itu antara lain dicirikan oleh:

1. Di Bagian Barat lebih banyak terdapat pulau-pulau lebih besar, seperti Sumatra, Kalimantan, Jawa. Di Bagian Timur pulau-pulau besarnya adalah Sulawesi, Papua serta Papua Nugini.
2. Kesamaannya adalah kedua dua bagian tersebut memiliki daerah paparan (lebih stabil) yang dikelilingi oleh laut dangkal, yakni Paparan Sunda dan Paparan Sahul.
3. Di Bagian Barat dan di Tengah terdapat palung-palung laut dalam (dengan kedalaman bervariasi antara 1.000 hingga 8.000 meter). Di wilayah Indonesia Tengah banyak terdapat cekungan-cekungan laut yang sangat dalam (Laut Banda, Laut Webber, Laut Sulawesi dan celah-celah sempit tetapi sangat dalam, melingkar memanjang bagaikan pita-pita dan parit). Gambaran seperti ini tidak ada duanya di muka bumi ini (Gambar 2).

4. Geologi Pantai Barat Sumatra sangat didominasi oleh Sistem Sesar Besar Sumatra, pegunungan lipatan Bukit Barisan dan gejala struktur volkano-tektonik dan endapan tufa asam dalam jumlah besar (Sieh dan Natawijaya, 2001; van Bemmelen, 1949, 1954; Jarrard, 1960; McGaffrey, 1991; Untung et al, 1985).
5. Di Indonesia Bagian Barat banyak terdapat gunung-gunung berapi yang besar-besar dan tinggi seperti Kerinci, Dempo, Ciremai, Slamet, Merapi, Semeru, Rinjani, dan lain-lain.
6. Sesar mendatar yang besar hampir menyerupai Sistem Sesar Sumatra terdapat juga di Bagian Timur, yakni Sesar Sorong. Sebagaimana halnya dengan Sesar Sumatra, Sesar Sorong pun terpotong-potong, tetapi tidak se-fragmentasi seperti Sesar Sumatra; yang menarik dalam hal ini adalah kemungkinan berlanjutnya Sesar Sorong itu ke arah Barat dan "bersambung" dengan Sesar Palu Koro di Sulawesi.
7. Sebagaimana juga dengan Indonesia Bagian Barat, di Indonesia Bagian Timur, di Utara Papua juga terdapat jalur subduksi, subduksi Samudra Pasifik ke arah Selatan. Di samping itu terdapat lagi jalur Subduksi berarah Utara-Selatan persis di samping Timur Kepulauan Filipina.
8. Yang paling unik adalah adanya dua jalur subduksi dengan arah berlawanan diantara Halmahera dan Minahasa. Di tengah terdapat "Suture" Neogene.
9. Yang juga unik dan perlu dimonitor terus daerah pemekaran di Selat Malaka.
10. Sepintas lalu di Indonesia terdapat pengaturan secara zonal di Bagian Barat, lebih khusus lagi penyebaran kedalaman fokus gempa. Di Indonesia Bagian Timur tidak serata dan seteratur di Barat. Tetapi pengaturan itu pada dasarnya ada.
11. Hingga beberapa waktu lalu batu tertua terdapat di Papua, yakni batuan Gamping berumur Silur dengan fosil-fosil *halicites walachii* (van Bemmelen, 1949).
12. Batuan vulkanik berupa rempah vulkanik tertua pernah diketemukan di Silungkang, disebut formasi Silungkang oleh para pemeta jurusan Geologi ditahun limapuluhan (Klompe et al, 1957). Sedangkan batas geologik yang membedakan Indonesia Bagian Timur dari Bagian Barat adalah Garis Wallace antara Sulawesi-Kalimantan, tetapi kelanjutannya terdapat pada ujung Sumba. Jadi Garis Wallace itu bukan hanya membedakan dan memisahkan flora dan fauna, tetapi juga geologinya.
13. Lantai laut di Indonesia Bagian Timur ada yang bersifat batuan Samudra. Di Indonesia Bagian Barat selain di palung-palung lautnya, pada

umumnya bebatuannya bersifat kontinental. Di Indonesia Bagian Timur ada batuan kontinental dan batuan Samudra (Prasetyo, 1989; Rehault, 1993).

Dari segi geodinamik, Benua Maritim RI itu terletak pada titik temu tiga lempeng utama bumi dan satu lempeng kecil, yakni: 1) Lempeng Pasifik, 2) Lempeng Samudra Hindia-Australia, 3) Lempeng Eurasia dan 4) Lempeng kecil Filipina (Gambar 10 dan Gambar 11).

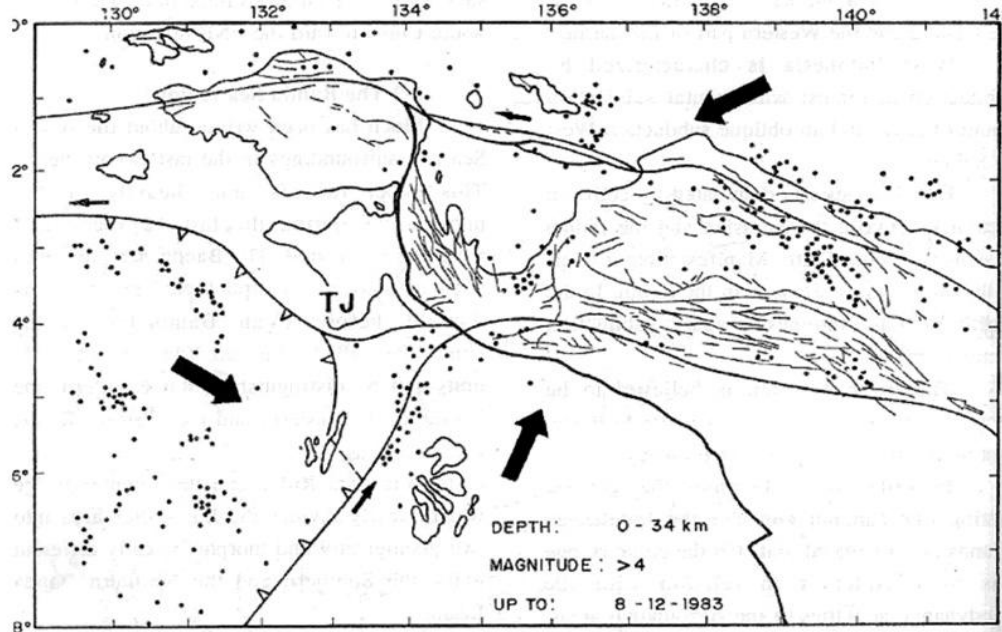


Gambar 10. Peta yang menunjukkan 7 Lempeng utama bumi dengan beberapa lempeng kecil diantaranya. Indonesia terletak diperbatasan Lempeng Samudra Hindia-Australia dan Lempeng Eurasia. (Hamblin and Christiansen, 2001).

Konsep Tektonik Lempeng:

1. Bagian atas bumi terdiri dari tujuh buah lempeng besar yang disebut lempeng utama bumi, dan beberapa lempeng-lempeng kecil.
2. Lempeng-lempeng itu merupakan bagian paling atas bumi dengan ketebalan antara 180-250 km; lempeng-lempeng itu selalu dalam keadaan bergerak: bertemu, mendekat, berpapasan, bersenggolan, bertubrukan, saling menjauh (pemekaran lantai samudra) dan ada pula keadaan dimana satu lempeng menunjam menyusup ke bawah lempeng lainnya, atau sebaliknya dia melentik dan "menyusup" keatas lempeng lain.

3. Yang sangat penting adalah bahwa semua aktivitas geodinamika bumi itu terdapat pada wilayah pinggiran lempeng (*plate margins*). Di tengah-tengah lempeng tidak ada aktivitas (*the earth never sleeps but full with riddles. Only the intelligent mind can ask good questions and the earth grant answers to those who ask intelligent questions*).



Gambar 11. Lokasi Sim pang Tiga (*Triple Junction*) Timur Laut, daerah Banda (Nishimura et al, 1990). Bagi yang hendak memahami lebih lanjut tentang Triple Junction, Batas-batas Lempeng (Konvergen dan Divergen) dianjurkan membaca *The Solid Earth* (Fowler, 1993).

Masalah-masalah Umum dan Mendasar mengenai Geotektonik Indonesia

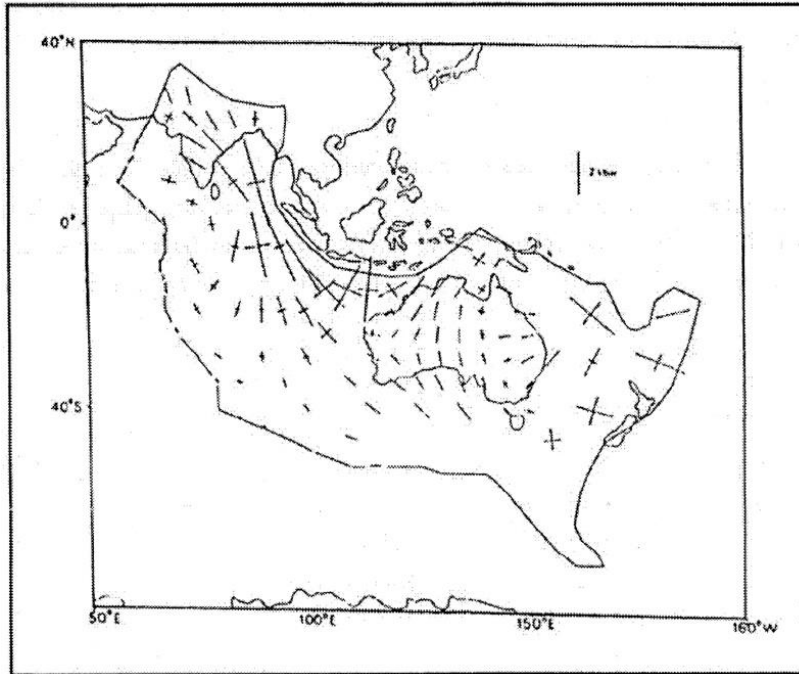
Kerangka geotektonik kepulauan Indonesia baik di daratan maupun di lepas pantai mencerminkan interaksi yang sangat kompleks antara Lempeng Pasifik, Lempeng Eurasia dan Lempeng Samudra Hindia-Australia. Sehubungan dengan kenyataan itu Mandala tektonik Indonesia secara umum dapat dibagi menjadi tiga Mandala, yakni Mandala Tektonik bagian Barat dan Mandala Tektonik Bagian Timur dengan Mandala palung-palung laut dalam ditengahnya.

1. Di Barat terdapat gaya (*style*) tektonik subduksi:
 - i. Subduksi frontal tegak lurus dibawah Pulau Jawa.
 - ii. Oblique dibawah Pulau Sumatra.
2. Di Mandala Tektonik Bagian Timur terdapat:
 - i. Gaya Tektonik Tumbukan atau *collision* antara Benua Australia dengan Kepulauan Indonesia Bagian Timur yang menghasilkan Pegunungan Jaya Wijaya dengan ketinggian hampir mencapai 5000 meter (Gambar 12).
 - ii. Di bagian Utara Mandala Tektonik ini dicirikan oleh subduksi Lempeng Pasifik ke arah Selatan; lebih ke Utara lagi terlihat Subduksi Lempeng Pasifik ke arah Barat yang membatasi Kepulauan Filipina di sebelah Timur (Fitch, 1970, 1972).
 - iii. Di antara Halmahera dan Minahasa bagian Timur terdapat subduksi kembar: satu ke arah Timur dan yang satu lagi ke arah Barat dengan daerah suture ditengahnya.
3. Di selat Makassar terdapat tanda-tanda pemekaran berumur Tersier Tengah (Hamilton, 1989; Katili, 1989).

Sinopsis Evolusi Kepulauan Indonesia

Idea, pendapat-pendapat serta hipotesa-hipotesa mengenai struktur geotektonik Indonesia sangat banyak. Beberapa peta tektonik Indonesia (Hamilton, 1989; Nishimura et al, 1990; Katili, 1989) membuktikan bahwa yang jelas terlihat di depan mata kita saja masih diperdebatkan, apalagi berbicara tentang bagaimana asal-usul Kepulauan Indonesia ini dalam rentang waktu 150 juta tahun. Disitu pula dapat dilihat kebesaran imajinasi manusia, para ahli kebumian yang dapat mereka-reka bagaimana asal mula Kepulauan Indonesia ini. Sebenarnya para ahli geologi Belanda dimasa Hindia Belanda (dimasa sebelum perang) sudah banyak menulis tentang hal tersebut. Terlalu banyak untuk disebut satu per satu. Tetapi ada perbedaan besar dalam cara mereka berpikir jika dibandingkan dengan para ahli kebumian kini yang berpijak pada Konsep Tektonik Lempeng. Sebelum timbulnya Konsep Tektonik Lempeng model-model yang dilontarkan lebih banyak berdasarkan model statik atau *static model*, sedangkan para ahli kebumian masa kini (model geodinamik) sangat banyak diuntungkan dan ditunjang oleh teknologi yang disertai munculnya metoda-metoda baru dalam geofisika. Dalam hal ini yang perlu disebut adalah cara penanggalan radiometrik yang dapat mengukur umur bebatuan dengan presisi tinggi; kemajuan-kemajuan dalam geomagnetometri, gravimetri, seismometri atau *seismics*, *last but not least* kemajuan dalam teknologi navigasi dengan presisi

tinggi, teknologi indraja (*remote sensing*) yang kesemuanya itu diuntungkan oleh teknologi dirgantara. Kendati demikian, kemajuan-kemajuan yang dirintis oleh para ahli kebumihian klasik itu sangat menakjubkan. Dalam kaitan ini Indonesia sangat diuntungkan oleh pekerjaan-pekerjaan perintis atau *pioneering works* yang dilakukan Vening Meinesz (1954, 1934); van Bemmelen (1949, 1954); Kuenen (1950); dan Umbgrove (1949). Pada masa Republik Indonesia yang banyak memberikan kontribusinya antara lain adalah almarhum Prof. Katili, Prof. H. D. Tjia, Prof. Sukendar Asikin, Prof. Sartono, dan lain-lain.



Gambar 12. Peta Skematik Lempeng Samudra Hindia-Australia. Stress mendatar di Samudra Hindia; Kompresi di Sumatra, Extensi di Selatan Jawa. Gambar ini juga memperlihatkan bahwa Benua Australia bergerak ke arah Timur Laut dan ke Utara, gerakan itu mempengaruhi struktur kepulauan Indonesia Bagian Timur (melahirkan Pegunungan Lipatan Jayawijaya yang mempunyai ketinggian hampir mencapai 5000 m) (Cloetingh dan Wortel, 1985).

Pada dasarnya yang membawa revolusi dalam pemikiran itu dimulai dengan Teori Pemekaran Lantai Samudra (Dietz, 1961) yang dikaitkan dengan Teori Hanyutan Benua (Wegener, 1929). Jadi, pembaca kini tidak perlu heran membaca "Sekian juta tahun yang lalu Pulau X masih berada di sekian

ratusan km dari titik Y.” Tetapi jangan mengira bahwa pulau-pulau, bahkan benua-benua itu bergerak berkeliaran seperti nelayan berkeliaran dengan kole-kolenya.

Konsep Tektonik Lempeng bukan teori ilmu geologi, melainkan teori geofisika yang mendasarkan jalan pikirannya pada ilmu geologi, tetapi dibuktikan dan dirintis oleh ilmu geofisika yang menggunakan prinsip matematika, fisika, dan mekanika terutama. Pengertian-pengertian mengenai gerakan lempeng, gerakan konvergen, gerakan divergen, terjadinya Simpang Tiga atau *Triple Junction*, mengikuti kaedah-kaedah matematika, fisika, dan mekanika yang bersifat kuantitatif. Kesemuanya itu tidak sederhana yang diperkirakan.

Dengan pola pikir sebagaimana dijelaskan di atas kita mulai dapat mengatakan secara umum bahwa Kepulauan Indonesia sebagaimana terlihat sekarang merupakan hasil perkembangan dan pertemuan Lempeng Kontinental Eurasia, Lempeng Samudra Pasifik, dan Lempeng Samudra Hindia-Australia yang dimulai sekitar 150 juta tahun lalu. Perlu diingat bahwa lantai samudra terdiri dari bahan-bahan yang terutama terbuat oleh silika dan magnesium yang disebut ”sima” sedangkan batuan kontinen terdiri dari batuan yang banyak mengandung silika dan alumunium atau ”sial”. Berat jenis *sima* lebih besar dari *sial*.

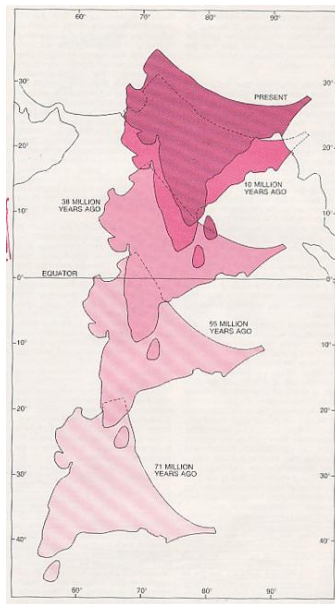
Pada awalnya subkontinen India itu masih terpisah dari Eurasia, dan tumbukan atau ”collision” antara India dan Eurasia itu mulai terjadi sekitar 50 juta tahun yang lalu. Tumbukan itu menyebabkan rotasi kepulauan wilayah Sunda berputar dengan arah jarum jam, dan rotasi itu diperkirakan melahirkan pensesaran-pensesaran bersifat ”wrenching” secara besar-besaran di daerah Kontinen Asia Timur, Asia Tenggara dan Sumatra diikuti oleh pembentukan-pembentukan cekungan-cekungan ”pull apart” di Sumatra (Katili, 1989; Molnar et al, 1980; Hamblin and Christiansen, 2001).

Pecahnya Kontinen Besar semula yang disebut Gondwana mengakibatkan munculnya sumbu pemekaran di Samudra Hindia. Dengan demikian terjadi pula ”pengaturan” kembali pada pola-pola subduksi di wilayah Indonesia. Sekitar 20 juta tahun yang lalu lahirlah suatu sistem ”busur-palung” yang berawal dari ujung Pulau Sumatra hingga Pulau Buru dan menerus ke arah Timur, ke Melanesia.

Jauh sebelum kontinen Australia mendekati pinggiran benua Asia Tenggara, sudah terjadi busur vulkanik Sulawesi-Mindanao, kira-kira 800 km sebelah Timur Borneo. Tetapi proses pemekaran samudra di Selatan itu terus berlangsung dan membawa Kontinen Australia lebih mendekat ke Papua -

Papua Nugini. Tumbukan pertama dengan Pulau Sepik terjadi 30 juta tahun lalu.

Jadi gerakan konvergen Kontinen Australia-Papua-Papua Nugini dan Lempeng Pasifik itulah yang menyebabkan bermacam-macam fitur pensesaran, timbulnya busur volkanik di Lautan Bagian Timur Indonesia (Banda dan sekitarnya) yang sangat kompleks, ruwet, dan terjadilah tumpang tindih gerakan geo-mekanik di wilayah tersebut (Silver et al, 1981). Dalam pada itu proses subduksi terus berlanjut disekitar wilayah Sunda (*Sunda Land*); pembukaan laut-laut marginal dan cekungan busur belakang di Laut China Selatan diantara 17-30 juta tahun lalu, dan pembukaan laut Andaman (10-20 juta tahun lalu merupakan dampak dan akibat tumbukan India dan Eurasia) (Gambar 13).



Gambar 13. Beberapa stadia gerakan sub-kontinen India ke Utara hingga bertumbukan dengan Eurasia melahirkan rangkaian Pegunungan Himalaya; berawal 70 tahun yang lampau hingga ke masa kini (mungkin lebih). Sub kontinen itu bergerak 7.000 km dengan kecepatan 10 cm/tahun selama 30 juta tahun, dan dengan kecepatan 5 cm/tahun selama 40 juta tahun berikutnya (dari rekonstruksi Molnar dan Tapponier, 1980).

Penutup

Jika dibandingkan dengan bumi sebagai keseluruhan, kawasan Asia Tenggara sebenarnya kecil sekali. Namun, karena dia merupakan titik temu tiga raksasa besar dan satu yang kecil ditengah, kawasan ini menjadi siklus besar dengan segala macam kejadian: pemekaran lantai samudra dengan hanyutan benua; ada subduksi serta barangkali juga obduksi; konvergensi kerak samudra dan kerak benua; atau konvergensi antara benua dengan busur kepulauan; jalur subduksi yang berhimpitan dengan jalur anomali gravitasi isostatik negatif; jalur gunung berapi; pensesaran mendatar; pembumbungan dan penurunan. Kesemuanya itu membuat wilayah BMI menjadi laboratorium alami terbesar dan "terkaya" dengan teka-teki ilmiah untuk ditumbuhkembangkan menjadi teknologi yang dapat dimanfaatkan manusia. Semuanya itu berada di halaman depan dan halaman belakang rumah kita: The Garden of Allah (Zen, 1999, 2004a, 2004b).

Para ahli ilmu pengetahuan alam, lebih khusus lagi para ahli ilmu-ilmu kebumihan berspekulasi dan meramalkan bahwa dari Kawasan BMI itu, puluhan atau ratusan juta tahun kemudian, akan lahir sistem pegunungan lipatan amat besar seperti Pegunungan Alpen, Himalaya, atau Cordillera de Los Andes. Apa yang terbentang dihadapan mata kita sekarang barulah suatu "embrio", atau suatu rangkaian pegunungan dalam status "nascendi". Ini baru merupakan "overture" (pembukaan suatu symphony) bumi. Kejadian semacam itu hanya berlangsung satu kali saja dalam Symphony Bumi yang Maha Besar dan Maha Indah.

Magna opera domini exquisita in omnes voluntates ejus
(The works of the Lord are great, sought out all of them that have pleasure therein)

-Bible (Psalm III v.2)-

Dipasang dipintu masuk Cavendish Laboratories, Cambridge

Daftar Pustaka

- Bowin, C., G. M. Purdy, C. Johnston, G. G. Shor, L. Lawver, H. M. S. Hartono, and P. Jezek, *Arc-Continent Collision in Banda Sea Region*. AAPG Bulletin, V. 64, No 6, p. 868-915, 1980
- Bowin, C., W. Warsi, Milligan, *Free-Air Gravity Anomaly Atlas of the World*, Geological society of Amerika Map and Chart, no MC-46, 1982.
- Cloeting, S. and R. Wortel, *Regional stress field of the Indian Ocean Plate*, Geoph. Research Letters v. 12, pp. 77-80, 1985.

- Dietz, R. S., *Continent and ocean basin evolution by spreading of the sea floor*, Nature, 190, 854, 1961
- Fitch, T. J., and Molnar P., *Focal Mechanism along inclined earthquake zones in Indonesian_Philippine Region*, Journ. Geoph. Res. 75.8, 1970.
- Fitch, T. J., *Plate Convergence, Transcurrent Faults and Internal Deformation Adjacent to Southeast Asia and Western Pacific*, Journal of geophysical Research, v. 77, p. 4432-4460. 1972
- Fowler, CMR., *The Solid Earth*, Cambridge University Press, 1993.
- Fowler, CMR., *The Triple Junction*, In “The Solid Earth” Cambridge University Press, 1993.
- Hamblin, W. K., and E. H. Christiansen, *Earth's Dynamic Systems (9th Edition)*, Prentice Hall Inc., New Jersey, 2001.
- Hamilton, Warren, *Convergent-plate tectonics viewed from the Indonesian Region*, Vol. Khusus Maj. IAGI untuk 60 tahun Prof. Dr. J. A. Katili, vol. 12. No. I, 1989.
- Jarrard, R. D., *Terrane motion by strike-slip faulting of fore-arc slivers*, Geology v. 14, p. 780-783. 1960.
- Katili, J. A., *Evolution of the Southeast Asian Arc Complex*, Geologi Indonesia, Vol. 12, No. 1, Juli, Jakarta, Indonesia, 1989.
- Klompe. Th. H. F., J. A. Katili, Johannas and Sukendar, *Late Paleozoic-Early Mesozoic Volcanic Activity in the Sunda Land Area*, Indon. Journal of Natural Sciences, vol. 113, 1957.
- Kuenen, Ph. H., *Marine Geology*, John Wiley & Sons, Inc. New York, 1950.
- McGaffrey, R., *Slip vectors and stretching of the Sumatra Fore-Arc*, Geology, v. 19, p. 881-884, 1991.
- Molnar, P. and P. Tapponier, *The Collision between India and Eurasia*, Reading from Scientific American: “Earthquakes and Volcanoes”. Freeman and Company, San Francisco, 1980.
- Nishimura, S., Otofuiji, V. and Suparka, *Tectonics of East Indonesia*, Tectonophysics, V. 181. Elsevier Science Publisher B. V., Amsterdam, p. 257-266, 1990.
- Prasetyo, H., *Marine Geology and Tectonic Development of the Banda Sea Region, Eastern Indonesia*, PH.D thesis, Univ.of California, Santa Cruz, pp-198, 1989.

- Ranadireksa, Hendarmin, *Visi Bangsa*, Penerbit Permata Artistika, Depok, 2000.
- Rehault, J. P., R. Maury, H. Belton, L. Sarmili, J. A. Malod, and Burhanuddin, *Discovery of Young Oceanic Crust within the North Banda Sea (East Indonesia): Recent Back-Arc Basin?* In “10th Anniversary of the French-Indonesia Cooperation in Oceanography. BPP-Teknologi, Jakarta, 1993.
- Sieh, Kerry and Danny Natawijaya, *Neotectonics of the Sumatra Fault, Indonesia*. 2001, In Selected Papers on the Geodynamics of the Indonesian Region (Edited by M. T. Zen), Special Publication of Jurnal Geofisika, Ind. Ass. of Geophysicists, Bandung.
- Silver, E. A. and Moore, J. C., *The Molucca Sea Collision Zone, Indonesia, The Geology and Tectonics of Eastern Indonesia*, Geol. Res. Division Cebter, 2, 327-340, 1981.
- Tapponier, P., G. Peltzer, Le Dain, A. Y., F Armijo, Cobolt, *Propagating extrusion tectonics in Asia. New insight from simple experiments with plasticine*, Geology, v. 10. p. 611-616, 1992.
- Taib, M. I. T., M. T. Zen, M. Untung, F. Hehuat, *The Banda Sea Dilemma*, In “Selected Papers on the Geodynamics of the Indonesia Region”, Special Edition of Jurnal Geofisika Edited by M. T. Zen, 2001.
- Umbgrove, J. H. F., *Structural History of the East Indies*, Cambridge University Press, 64 pp. 1949.
- Untung, M., N. Buyung, E. Kertapati, C. R. Allen, *Rupture along the great Sumatra Fault (Indonesia) during the earthquakes of 1926 and 1943*, Bull. Seims. soc. Am., 75, p 313-317, 1985.
- Van Bemmelen, R. W., *The Geology of Indonesia (Vol. IA)*, Martinus Nijhoff, Gvt. Printing Office, the Haque, Netherlands, 1949.
- Van Bemmelen, R. W., *Mountain Building*, Martinus Nijhoff, Gvt. Printing Office, the Haque, Netherlands, 1954.
- Vening Meinesz, F. A., Umbgrove, J. H. F and Kuenen, Ph.H, *Gravity Expedition at Sea 1923 Vol. II*, Publication of the Netherlands Geodetic Commission Delft, 1934.
- Vening Meinesz, F. A., *Indonesian Archipelago” A Geophysical Study*, Bull. Geol. Soc. of America, vol 65, pp. 143-164. Febru. 1954.
- Wegener, Alfred, *Die Entsehung der Kontinente und Ozeane*, Druck und Verlag von Fried r. Vieweg&Son Akt.-Ges. Braunschweig, 1929.

- Zen, M. T., *Benua Maritim Indonesia*, Lokakarya dan Konvensi Benua Maritim Indonesia, Makassar 1996.
- Zen, M. T., *Masyarakat Terbuka di BMI "Garden of Allah"*, Seminar Masyarakat Terbuka di ITB, 1999
- Zen, M. T., *Benua Maritim Indonesia sebagai "Lebensraum"*, Seminar Kelautan ITB, 1 Februari 2000.
- Zen, M. T., dan Moedomo, *Kematian dan Resureksi Sang Dinosaur*, Proceedings Workshop Majelis Guru Besar ITB (Memadukan Harapan Bangsa Indonesia), Bandung, 31 Mei 2004.
- Zen, M. T., dan Moedomo, *Membangun Bangsa di Benua Maritim Indonesia*, Proceedings Workshop Majelis Guru Besar ITB, Bandung 12-13 Juli 2004.
- Zen, M. T., *Ciptakan Karya Besar yang Bermanfaat dan Buka Kesempatan Kerja*, Jawa Pos, 2005.

BENCANA KEBUMIHAN

1. Gempa Bumi

Sri Widiyantoro, Yahdi Zaim, Afnimar, Nanang T. Puspito, I Wayan Sengara, Djoko Santoso dan Benjamin Sapiie

Wilayah kepulauan Indonesia yang seperti sekarang ini mempunyai sejarah pembentukan yang cukup panjang dan rumit ditinjau dari aspek geologinya. Indonesia yang terletak di antara dua benua, yaitu Asia di utara dan Australia di selatan, memiliki unsur-unsur geologi atau geodinamika yang sangat kompleks dan sangat tidak stabil. Unsur-unsur geodinamika yang sangat berperan dalam pembentukan kepulauan dan wilayah maritim ini adalah lempeng benua dan lempeng samudera yang bergerak secara dinamis. Pergerakan lempeng-lempeng tersebut secara umum terjadi dalam beberapa cara, yaitu pertemuan atau konvergensi dua atau lebih lempeng benua dengan lempeng samudera berupa subduksi (*subduction*), obduksi (*obduction*) dan kolisi (*collision*). Pergerakan lain dapat berupa pemisahan atau divergensi lempeng-lempeng dan pergerakan mendatar berupa pergeseran lempeng-lempeng yang dapat menyebabkan terbentuknya sesar geser.

Berbagai interaksi lempeng-lempeng tersebut telah membawa dampak yang berbeda-beda, namun semuanya telah menyebabkan wilayah Indonesia secara tektonik merupakan wilayah yang sangat aktif dengan intensitas gempa yang sangat tinggi hingga sekarang ini. Dalam bagian "Gempa Bumi" ini akan dibahas beberapa hal yang terkait dengan kajian gempa mulai dari teori gelombang seismik, struktur interior bumi hasil pencitraan tomografi dengan menggunakan data gempa, analisis ancaman gempa bumi, dan evaluasi terhadap peta hazard gempa Indonesia serta beberapa rekomendasi untuk penyempurnaannya.

Gempa bumi secara umum dapat didefinisikan sebagai gerakan tiba-tiba yang terjadi di dalam kerak atau mantel bumi bagian atas. Gerakan tiba-tiba ini disebabkan oleh adanya pelepasan energi yang menyebabkan deformasi pada suatu lokasi di dalam bumi. Biasanya pelepasan energi ini berhubungan dengan adanya gaya tekan atau gaya geser pada suatu tempat akibat dari adanya pergerakan lempeng litosfer yang membangkitkan gelombang gempa atau sering dikenal sebagai gelombang seismik.

Gelombang seismik merambat baik di dalam maupun di permukaan bumi yang berasal dari sumber seismik seperti dari sumber gempa di mana terjadi batuan pecah secara tiba-tiba di dalam bumi, erupsi gunung api, longsor, badai, ledakan (proses kimia dan nuklir), dentuman pesawat supersonik, dan sebagainya. Gelombang seismik termasuk gelombang mekanik, di mana dibutuhkan medium dalam perambatannya dan partikel dari medium tersebut berosilasi ketika gelombang melewatinya. Gelombang ini dicatat oleh seismometer sebagai seismogram yang merepresentasikan osilasi partikel di titik stasiun pengamat tersebut. Ada bermacam-macam jenis gelombang seismik di mana masing-masing bergerak dengan cara yang berbeda. Dua jenis utama gelombang seismik adalah gelombang tubuh dan gelombang permukaan. Gelombang tubuh merambat di dalam interior bumi, sedangkan gelombang permukaan merambat di sepanjang/dekat permukaan bumi.

Gelombang gempa merambatkan energi dari sumber ke seluruh bagian bumi dan membawa informasi baik tentang sumber seismik maupun medium yang dilewatinya. Dengan teknik pencitraan tomografi seismik, struktur interior bumi sekarang dapat dicitrakan dengan rinci. Teknik tomografi ini diadopsi dari metode pencitraan isi tubuh manusia dalam riset kedokteran yang dikenal sebagai teknik *computerized tomographic (CT) scanning*. Dalam seismologi, teknik *scanning* serupa juga telah berhasil diterapkan untuk mencitrakan struktur bawah permukaan dengan menggunakan data gelombang gempa.

Hasil pencitraan tomografi untuk zona subduksi di Indonesia antara lain menunjukkan dengan jelas subduksi litosfer samudera Hindia di bawah Sumatera bagian utara. Di sini ditunjukkan bahwa sudut subduksinya sangat landai, terutama di mantel bumi bagian paling atas. Hal ini kemungkinan telah disebabkan oleh adanya subduksi miring (*oblique*) di sepanjang Sumatera. Di samping itu subduksi landai ini ternyata juga berkorelasi dengan usia yang relatif muda dari litosfer samudera yang menjam di bawah Sumatera dibandingkan dengan usia litosfer samudera di sepanjang Andaman dan Jawa. Sudut penunjaman landai seperti ini dapat menimbulkan *seismic coupling* atau gesekan yang kuat dari kedua lempeng yang bertumbukan oleh karena gaya gravitasi bekerja dengan efektif. Gesekan kuat antar lempeng ini menjelaskan mengapa rentetan gempa besar terjadi di sepanjang lepas pantai Barat Sumatera. Sedangkan geometri subduksi miring di sepanjang Sumatera dapat dijelaskan oleh telah terjadinya rotasi Pulau Sumatera searah jarum jam. Rotasi ini diperkirakan telah berlangsung selama waktu *Cenozoic* sebagai akibat dari tumbukan kontinen India dengan Eurasia. Oleh tumbukan ini maka Asia Tenggara, termasuk Indonesia bagian Barat (Sumatera), terpelanting ke Selatan dan membentuk semacam

putaran/torsi dengan Sumatera sebagai pusatnya. Rotasi inilah yang merupakan faktor penting yang menyebabkan zona subduksi di sepanjang Sumatera miring dan tidak frontal seperti di sepanjang Jawa.

Dalam bagian ini juga dibahas tentang pengelolaan bencana gempa. Kegiatan penanggulangan bencana selama ini terkesan hanya difokuskan pada kegiatan tahap tanggap darurat saja. Artinya kita hanya bertindak setelah bencana terjadi, sementara selama bencana belum terjadi praktis kita cenderung tidak melakukan hal-hal yang signifikan. Paradigma bertindak reaktif semacam ini tentu saja harus diubah menjadi paradigma bertindak preventif dan antisipatif. Oleh karena itu mitigasi bencana - yang merupakan salah satu tahapan dalam manajemen bencana yang dilakukan sebelum bencana terjadi - seharusnya mendapatkan perhatian lebih.

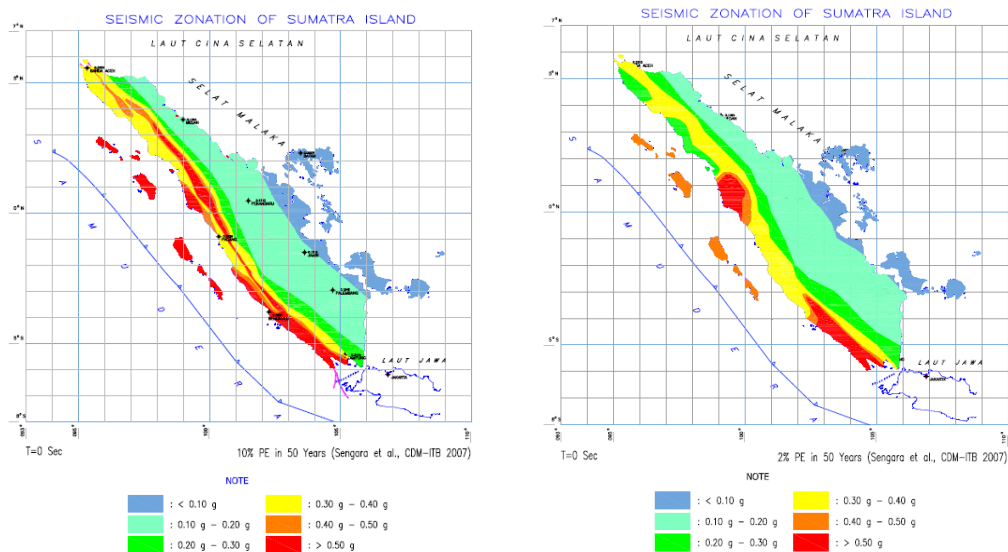
Program mitigasi bencana yang baik setidaknya mesti diarahkan pada upaya-upaya untuk, antara lain (a) membangun sistem pemantauan, (b) membangun sistem peringatan dini, (c) membangun sistem informasi dan diseminasi, (d) membangun infrastruktur yang disesuaikan dengan ancaman bahayanya, (e) meningkatkan tingkat pengetahuan, kepedulian serta kesiapan seluruh pemangku kepentingan terutama pemerintah dan masyarakat, dan (f) membuat perundang-undangan tentang masalah penanggulangan bencana. Butir (a), (b), (c) dan (d) merupakan program mitigasi bencana secara fisik struktural yang dalam banyak kasus memerlukan biaya yang tidak sedikit. Contohnya antara lain adalah pengembangan sistem pemantauan gempa dan pembuatan sistem peringatan dini tsunami Indonesia yang saat ini sedang dilakukan di Indonesia. Sedangkan butir (e) dan (f) merupakan program mitigasi non-fisik struktural yang relatif memerlukan biaya lebih sedikit dan oleh karena itu perlu lebih diprioritaskan.

Selanjutnya pengembangan peta zonasi dan mikrozonasi gempa serta kriteria disain seismik bangunan dan infrastruktur juga menjadi aspek teknis yang harus dilakukan dan perlu diberlakukan dan disyaratkan dalam upaya untuk mengurangi korban jiwa dan korban materiil akibat suatu kejadian gempabumi. Peta semacam ini merupakan input yang sangat penting dalam upaya mitigasi bencana gempa di Indonesia. Peta zonasi gempa diperlukan dalam standard nasional Indonesia untuk bangunan dan infrastruktur. Peta mikrozonasi merupakan input untuk kajian risiko bencana suatu kota/kawasan serta masukan dalam rencana umum tata ruang kota (RUTR).

Peta zonasi gempa yang ada sekarang telah dikembangkan berdasarkan pada data seismo-tektunik lempeng atau patahan yang teridentifikasi dengan data karakteristik seismik yang tersedia sampai saat ini. Upaya-upaya pengembangan peta gempa Indonesia telah dilakukan oleh beberapa peneliti ITB di antaranya adalah seperti yang telah dilakukan oleh Merati et al., 1997;

Mangkoesoebroto, 1998; Sengara et al., 1999, 2002; Firmansjah dan Irsyam, 1999. Suatu *pilot-study* untuk pengembangan peta zonasi Sumatra dengan menggunakan data-data kegempaan terkini Pulau Sumatra yang dikombinasikan dengan penerapan metodologi yang didasarkan pada perkembangan terkini dalam *seismic hazard* gempa dilakukan oleh dalam suatu riset unggulan terpadu (RUT) 2005-2007 yang dipresentasikan dalam Sengara et al., 2008, dengan contoh peta zonasi yang ditunjukkan Gambar 1.

Penyempurnaan perlu dilakukan untuk peta gempa nasional, untuk itu perlu adanya penelitian yang berkelanjutan mengenai identifikasi patahan-patahan aktif dan penyempurnaan zonasi sumber-sumber gempa Indonesia. Upaya-upaya dengan menerapkan data tomografi untuk melengkapi kajian ini juga perlu dilakukan di masa mendatang. Adanya temuan-temuan baru harus dipublikasikan dan disebar-luaskan ke instansi-instansi terkait untuk mendapat perhatian dan evaluasi lebih lanjut terhadap hasil-hasil analisis yang telah dilakukan. Hasil-hasil evaluasi dan analisis ini akan menjadi masukan dalam penyempurnaan peraturan kegempaan di Indonesia.



Gambar 1. Peta zonasi gempa Pulau Sumatera untuk $T=0$ ($T=PGA$) 10% in 50 years (475 years Return Period) dan 2% in 50 years (2475 years Return Period) (Sumber: Sengara et al., 2008).

Selain itu, perlu dikembangkan fungsi atenuasi gempa yang mewakili karakteristik getaran gempa hasil rekaman gempa kuat (*strong motion*) gempa-gempa subduksi dan patahan dangkal Indonesia. Di Indonesia pemasangan instrumen *strong motion* dengan alat *accelerometer* masih sangat terbatas. Oleh karena itu, perlu instalasi jaringan *accelerometer* yang lebih banyak untuk dapat merekam getaran gempa-gempa subduksi ataupun patahan dangkal. Hasil rekaman getaran gempa kuat ini akan bermanfaat untuk prediksi besarnya getaran gempa dan akan digunakan untuk penyempurnaan zonasi gempa dalam standar bangunan tahan gempa (*building codes*) serta upaya mitigasi bencana gempa bumi. Peta zonasi gempa Indonesia perlu disempurnakan setiap 5 tahun untuk memperhitungkan data-data input geologi dan seismologi terbaru dan metodologi terkini secara internasional.

2. Longsor

A. Aziz Djajaputra, Suseno Kramadibrata, Muh. Rachmat Sule, Masyhur Irsyam, I Wayan Sengara, Bigman Hutapea, Imam A. Sadisun dan Agus Himawan

Bencana longsor di Indonesia, merupakan bencana terbesar ke dua setelah bencana banjir. Potensi untuk terjadi longsor, dipengaruhi oleh:

- Kondisi geologi dan morfologi
- Kondisi iklim dan curah hujan
- Kondisi flora
- Aktifitas manusia

Evaluasi *terrain*, merupakan langkah awal untuk mengetahui dan menetapkan, apakah suatu lokasi berpotensi longsor atau tidak. Pada evaluasi *terrain*, ke-empat faktor yang disebutkan diatas, dapat dikelompokkan dalam 3 faktor utama dengan elemen-elemen yang dikandungnya, sebagaimana tampak pada Tabel 1.

Hasil evaluasi *terrain* adalah peta topografi dengan tanda-tanda daerah kritis. Keluaran lengkapnya akan berupa peta topografi, peta geologi, informasi tentang flora, teknik *remote sensing* yang digunakan. Hasil evaluasi *terrain*, dikonfirmasi dengan hasil investigasi atau kunjungan lapangan.

Daerah/Lokasi Rawan Longsor

Daerah rawan longsor adalah daerah/lokasi dimana pernah atau telah terjadi longsor. Jadi identifikasi daerah rawan longsor, dilakukan berdasarkan kejadian longsor. Catatan kejadian longsor dapat dikompilasikan dalam bentuk seperti Tabel 2.

Tabel 1. Evaluasi Terrain.

Faktor	Elemen	Contoh
Geologi	Landform	Sejarah geomorfologi
	Komposisi	Litologi, stratigrafi, pelapukan
	Struktur	Ada tidaknya patahan, <i>joint</i> , bidang geser
Lingkungan	Klimatologi dan Hidrologi	Curah hujan, aliran airtanah, kondisi basah/kering
	Catastroph	Gempa, letusan gunungapi, tsunami, topan
Manusia	Aktifitas	Penambangan, pembangunan sarana, transportasi/vibrasi

Tabel 2. Catatan Kejadian Longsor.

Lokasi:				Tanggal Kejadian:		
Lokasi	Korban manusia	Rumah hancur/ rusak	Luas lahan pertanian rusak	Jalan putus	Fasilitas lain yang rusak	Catatan

Seterusnya jumlah kejadian longsor dalam perioda waktu tertentu, per propinsi, dapat dikompilasikan juga dalam bentuk tabel (Tabel 3). Catatan/*record* kejadian ini penting dalam arti untuk mengalokasikan anggaran perbaikan/rehabilitasi atau pengajuan dana bantuan pihak lain dan penilaian kinerja dari tahun ke tahun dari semua instansi terkait serta partisipasi masyarakat.

Tabel 3. Tabel Kejadian Longsor.

Periode Tahun X s.d. Tahun Y					
Propinsi	Jumlah kejadian	Jumlah korban manusia	Jumlah rumah hancur/rusak	Sarana jalan yang rusak (km)	Lahan pertanian yang rusak, (Ha)

Inventarisasi Data dan Koordinasi

Dalam masalah catatan bencana longsor, berbagai instansi melakukannya dengan penekanan yang mungkin berbeda-beda. Namun ada kesamaan yang dapat menghubungkan catatan tersebut, yaitu tentang jumlah kejadian, kerugian, dampak sosial ekonomi dari kejadian. Jadi koordinasi dan kemudahan akses data bagi semua pihak, menjadi kunci dari akurasi kejadian serta pelayanan bagi masyarakat.

Identifikasi dan Evaluasi Daerah Potensi Longsor

Untuk tujuan ini, ada 3 pendekatan yang disampaikan, yaitu:

- Pendekatan atau metode Geomorfologi
- Pendekatan atau metode *Scoring*
- Pendekatan atau metode Geoteknik

Ketiga pendekatan tersebut di atas sebenarnya saling melengkapi. Perlu disampaikan, bahwa pendekatan Geomorfologi dan *Scoring*, merupakan pendekatan kualitatif dan semi-kualitatif terhadap potensi dan risiko longsor. Pendekatan atau metode Geoteknik, merupakan pendekatan analisis yang memberikan tingkat keamanan berdasarkan *available shear strength* material tanah terhadap *mobilized shear stress* yang terjadi pada setiap elemen yang ditinjau. Dengan demikian pendekatan Geoteknik ini merupakan pendekatan kuantitatif yang terukur.

Pemantauan dan Usaha Pencegahan Longsor

a. Pemantauan/Monitoring

Pemantauan dilakukan dengan peralatan teknis seperti GPS, GPR (Georadar), Geolistrik, dan Piezometer. Gerakan titik pantau terhadap suatu titik referensi, baik lateral maupun bertikal, dilakukan dengan GPS. Kondisi lapisan dan kepadatan material tanah yang bervariasi dengan kedalaman, umumnya diketahui melalui interpretasi hasil GPR dan/atau Geolistrik. Perubahan tekanan air pori eksentris dan tekanan air pori total, dapat dibaca melalui data yang diberikan oleh alat Piezometer. Alat ini dikaitkan dengan metode kuantitatif seperti disebutkan di atas. Hasil pemantauan umumnya akan memberikan "early warning" atas bahaya atau tidaknya suatu lereng/talud. Dengan demikian dapat dilakukan usaha untuk merencanakan tindakan penyelamatan.

b. Usaha Pencegahan

b.1. Cara praktis

- Menjaga agar saluran drainase berjalan baik dan air hujan terkendalikan
- Pengaturan penggunaan lahan di daerah lereng dan sekitarnya
- Penataan lereng-lereng terjal secara teknis

b.2. Usaha terencana

- Informasi daerah potensi dan rawan longsor secara tepat dan terbuka
- Informasi penyebab utama bahaya longsor dan daerah liputan longsor
- Informasi hasil pemantauan
- Cara penanggulangan sementara

Sosialisasi

Sosialisasi dimaksudkan bukan menyangkut hal-hal teknis saja, tapi lebih luas karena menyangkut budaya masyarakat setempat, tingkat pendidikan, peran tokoh dan ketua RT/Kelompok dan lain-lain. Melakukan inventarisasi terhadap hal-hal tersebut, akan didapat perilaku yang mungkin positif dan ada pula yang negatif. Dengan sosialisasi, masyarakat diberi masukan, tentang perlunya pembinaan unsur-unsur positif dan meninggalkan kebiasaan yang negatif atau yang berdampak membahayakan lingkungan dan dapat menimbulkan bahaya longsor.

3. Erupsi Gunung-Api

*Hendra Grandis, Hasanuddin Z. Abidin, Prihadi Soemintadiredja,
Ninie Rina Herdianita dan Djoko Santoso*

Secara geologi Indonesia terletak pada daerah tektonik aktif dimana terjadi pertemuan beberapa lempeng tektonik. Gunung-api terbentuk sebagai akibat dari tumbukan lempeng-lempeng tersebut. Sejak tahun 1600 bencana gunung-api di Indonesia telah menelan korban sekitar 160.000. Dua letusan gunung-api terbesar yang pernah terjadi di Indonesia adalah Gunung Tambora pada tahun 1815 dan Gunung Krakatau pada tahun 1883, masing-masing menimbulkan korban jiwa sebanyak 92.000 dan 36.000 orang.

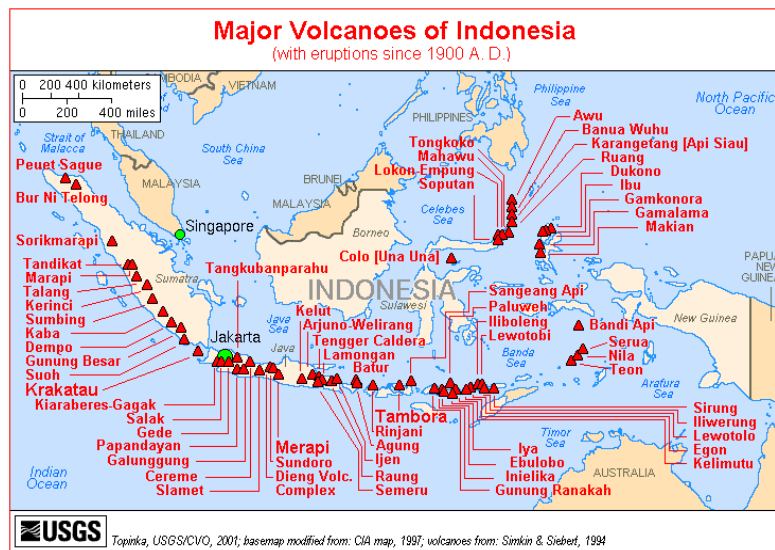
Sebagai fenomena alam, erupsi gunung-api merupakan bahaya alam (*natural hazard*) yang tidak dapat dihindarkan keberadaan maupun kejadiannya. Meskipun demikian, fenomena-fenomena yang mendahului terjadinya erupsi gunung-api dapat dimanfaatkan untuk mengantisipasi bencana akibat erupsi gunung-api. Kondisi tektonik Indonesia memposisikan kehidupan manusia dan lingkungan di Indonesia menjadi rentan terhadap bencana alam (*natural disaster*) akibat erupsi gunung-api. Oleh karena itu diperlukan kajian dan tindakan yang dapat meminimumkan dampak erupsi gunung-api (mitigasi).

Selain menyimpan potensi bahaya, gunung-api juga memberikan manfaat bagi kehidupan manusia. Dengan banyaknya gunung-api, Indonesia adalah negara dengan potensi energi geotermal yang sangat besar. Energi geotermal harus dikembangkan pemanfaatannya di Indonesia sebagai energi alternatif mengingat semakin menipisnya sumber energi berbasis fosil terutama migas dan batubara. Dari potensi energi geotermal Indonesia sebesar hampir 30.000 MW baru sekitar 1000 MW yang telah dimanfaatkan.

Sebaran gunung-api di Indonesia merupakan bagian dari rangkaian gunung-api Sirkum Pasifik dan Mediteranea. Gunung-api tersebut membentuk jalur melengkung seperti busur, yang dapat dibagi menjadi empat busur, yaitu (i) Busur gunung-api Sunda, yakni deretan gunung-api yang terletak di Pulau Sumatra, Jawa, dan Kepulauan Nusa Tenggara Barat serta Timur, (ii) Busur gunung-api Banda, adalah deretan gunung-api yang terletak di Kepulauan Banda, (iii) Busur gunung-api Maluku, yaitu deretan gunung-api yang tersebar di Kepulauan Maluku – Halmahera, (iv) Busur gunung-api Sulawesi Utara – Sangihe, adalah deretan gunung-api yang tersebar di Sulawesi Utara dan Kepulauan Sangihe atau Sangir-Talaud (Gambar 2).

Gunung-api aktif menimbulkan berbagai jenis bahaya atau bencana (*hazard*) bagi kehidupan dan lingkungan. Secara garis besar bahaya tersebut meliputi antara lain: aliran piroklastik, lava, lahar, longsor, lontaran batu, blok, bom dan abu gunung-api, gas vulkanik, gempa bumi dan tsunami.

Mitigasi adalah usaha untuk meminimumkan dampak suatu bencana. Mitigasi bencana gunung-api merupakan usaha yang melibatkan beberapa bidang keilmuan atau keahlian sehingga bersifat multi-disiplin. Pemantauan suatu gunung-api bertujuan untuk mengamati aktivitas gunung-api yang dapat memberikan indikasi tingkat bahaya sebelum gunung-api tersebut meletus (Gambar 3). Dengan demikian dapat dilakukan usaha pengurangan risiko bencana, misalnya evakuasi penduduk dari daerah bahaya.



Gambar 2. Distribusi gunung-api di Indonesia (dari *USGS-Volcano*, 2006).

Pemantauan yang bersifat terus-menerus maupun pengukuran parameter fisis yang menggambarkan struktur internal gunung-api secara sporadis sangat bermanfaat bagi usaha mitigasi bencana gunung-api (Gambar 3). Beberapa aspek yang berhubungan bidang keilmuan/keahlian yang berperan dalam usaha mitigasi bencana gunung-api antara lain adalah sebagai berikut:

Geofisika

a. Gempa Vulkanik

Aktivitas gunung-api yang mengarah pada letusan hampir selalu didahului oleh peningkatan jumlah gempa vulkanik. Gempa vulkanik terjadi karena adanya gerakan atau dorongan magma yang kuat dari dalam bumi mendekati permukaan bumi melalui lubang kepundan. Pada umumnya intensitas gempa vulkanik lebih lemah jika dibandingkan dengan gempa tektonik.

Pemantauan aktivitas kegempaan (seismisitas) menggunakan jaringan pengamatan gempa bumi (seismograf) secara terus menerus telah dilakukan oleh Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (PVMBG). pada beberapa gunung-api aktif. Pemantauan tersebut memiliki peran yang sangat penting dalam penentuan tingkat aktivitas dan bahaya suatu gunung-api serta dalam tindakan yang perlu dilakukan oleh pemerintah daerah dan masyarakat setempat.

b. Magnetik

Pengukuran medan magnet yang menghasilkan peta anomali magnetik di daerah vulkanik bermanfaat untuk memperkirakan struktur bawah-permukaan mengingat batuan vulkanik memiliki sifat kemagnetan yang sangat khas. Dengan demikian pola evolusi atau aktivitas gunung-api tersebut di masa yang akan datang dapat diperkirakan secara lebih baik. Selain pemetaan anomali magnetik yang bersifat “statik” dapat pula dilakukan pengukuran medan magnetik secara kontinyu sebagai bagian dari pemantauan aktivitas gunung-api aktif. Dengan asumsi bahwa temperatur magma telah melampaui temperatur Curie batuan maka magma tidak memiliki sifat kemagnetan. Kondisi tersebut dapat menimbulkan anomali magnetik yang bervariasi sesuai dengan perubahan posisi magma selama proses aktivitas vulkanik.

c. Gravitasi

Sebagaimana pengukuran medan magnet, pengukuran anomali gravitasi yang bersifat “statik” dapat dimanfaatkan untuk memperkirakan struktur bawah-permukaan mengingat batuan vulkanik memiliki kontras rapat massa dengan batuan di sekitarnya. Di samping itu pengukuran anomali gravitasi yang bersifat “dinamik” bersama pengukuran deformasi menggunakan teknik geodetik (dibahas pada bagian berikutnya) dapat dimanfaatkan untuk prediksi erupsi gunung-api.

d. Resistivitas

Resistivitas atau konduktivitas merupakan parameter fisika yang paling sensitif dan berhubungan erat dengan fenomena termal. Pada daerah vulkanik, interaksi intensif antara magma dengan batuan sekitarnya dan air-

tanah menyebabkan fenomena hidrotermal yang membentuk zona konduktif. Oleh karena itu metode geofisika yang memungkinkan perkiraan distribusi resistivitas dalam hal ini magnetotelurik (MT) dapat digunakan untuk menyelidiki struktur bawah-permukaan suatu daerah vulkanik.

Geodesi

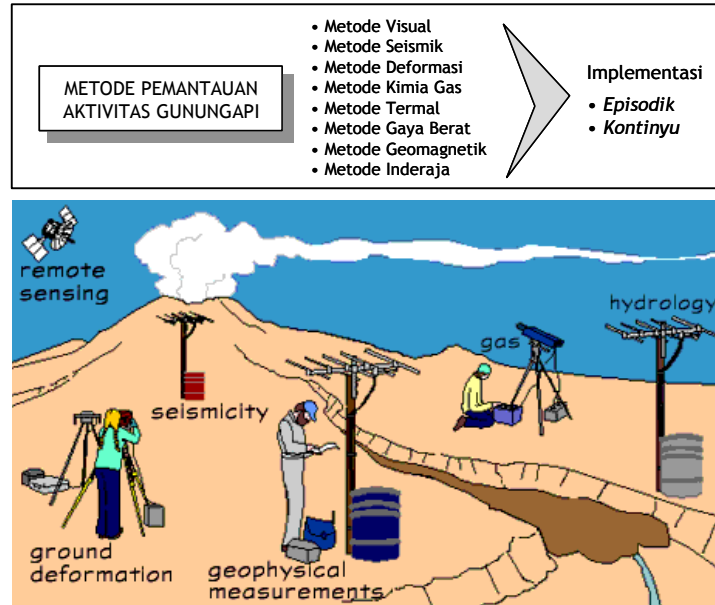
Letusan-letusan gunung-api yang eksplosif sering diawali oleh deformasi berupa kenaikan permukaan tanah yang relatif cukup besar. Gejala deformasi gunung-api akan menyebabkan pergeseran posisi suatu titik di tubuh gunungapi. Pergeseran posisi tersebut dapat terjadi baik dalam arah horizontal maupun vertikal. Salah satu cara mitigasi bencana gunung api adalah dengan memonitor deformasi permukaan bumi yang terjadi. Deformasi diukur secara geodetik, sehingga diketahui area dan kecepatan terjadinya deformasi.

Pemantauan deformasi suatu gunung-api dapat dilakukan secara *episodik* dalam selang waktu tertentu maupun *kontinyu*. Pada pemantauan secara episodik digunakan data pengamatan terestris, seperti jarak (dari EDM, Electronic Distance Measurement), arah (dari theodolit), beda tinggi (dari sipat datar), dan perubahan gaya berat (dari pengukuran mikrogravitas); dan juga pengamatan GPS. Sedangkan pada pemantauan *deformasi kontinyu* digunakan sensor-sensor tiltmeter, extensiometer, dan dilatometer, yang hanya mengkarakterisir deformasi yang sifatnya sangat lokal. GPS yang dikombinasikan dengan sistem telemetri/komunikasi data juga dapat digunakan untuk memantau deformasi gunung api secara kontinyu. Baik untuk metode episodik maupun kontinyu, dapat diperkirakan bahwa GPS akan punya peran yang penting dalam proses pemantauan deformasi gunung api di masa-masa mendatang.

Geologi dan Geokimia

Erupsi gunung api hampir selalu ditandai dengan terjadinya peningkatan kandungan gas-gas vulkanik, seperti H_2S , H_2 , CO, CO_2 , HCl, HF dan He. Untuk mitigasi bencana gunung-api, perlu dilakukan pemantauan kandungan gas pada fumarola, solfatara, *steam vent*. Pengambilan sampel gas dilakukan secara periodik untuk melihat perubahan kandungan gas-gas vulkanik yang bertujuan untuk memantau aktivitas gunung api. Perubahan fisik manifestasi atau kenampakan panasbumi di permukaan dapat dijadikan cara memonitor kondisi gunung api dengan mudah. Perubahan ini menunjukkan adanya perubahan komposisi kimia air dan gas panasbumi dan dapat mengindikasikan pergerakan magma ke permukaan.

Vulkanostratigrafi mempelajari urutan-endapan vulkanik yang dihasilkan dari aktivitas gunung api. Dengan mempelajari urutan batuan, komposisi mineralogi dan kimia endapan tersebut, dapat diketahui karakteristik erupsi gunung api yang terjadi. Dengan melakukan pentarikhan umur batuan vulkanik, maka akan diketahui terjadinya erupsi gunung api yang menghasilkan endapan tersebut. Selanjutnya dapat diketahui tipe erupsi yang terjadi dan siklus waktu terjadinya.



Gambar 3. Metode-metode pemantauan aktivitas gunung-api
(dari USGS-Volcano, 2006).

4. Penurunan Tanah di Wilayah Jakarta: Karakteristik, Penyebab dan Dampaknya

Hasanuddin Z. Abidin, H. Andreas, Rochman Djaja, M. Gamal, Lambok M. Hutasoit, T. Deguchi dan Y. Maruyama

Penurunan tanah (*land subsidence*) adalah suatu fenomena alam yang banyak terjadi di kawasan binaan seperti kota-kota besar yang berdiri diatas lapisan

sedimen, seperti Jakarta, Bandung, Semarang, Bangkok, Shanghai, dan Tokyo. Fenomena ini telah cukup lama dilaporkan terjadi di beberapa tempat di wilayah Jakarta. Secara keseharian akibat dari adanya penurunan tanah di wilayah Jakarta memang sudah terasa akhir-akhir ini yaitu antara lain dalam bentuk beberapa fenomena yang bersifat destruktif seperti : meluasnya daerah genangan banjir sebagai akibat dari timbulnya daerah-daerah amblesan, terjadinya retak pada gedung/bangunan, tidak berfungsinya saluran air serta kerusakan sarana jalan, serta adanya penurunan kualitas lingkungan secara umum.

Dari studi penurunan tanah yang dilakukan selama ini, diidentifikasi ada beberapa faktor penyebab terjadinya penurunan tanah yaitu : pengambilan airtanah yang berlebihan, penurunan karena beban bangunan (*settlement*), penurunan karena adanya konsolidasi alamiah dari lapisan-lapisan tanah, serta penurunan karena gaya-gaya tektonik. Dari empat faktor penurunan tanah ini, tiga faktor pertama dipercaya berkontribusi dalam menyebabkan penurunan tanah di wilayah Jakarta.

Penurunan Tanah dari Metode Sipat Datar

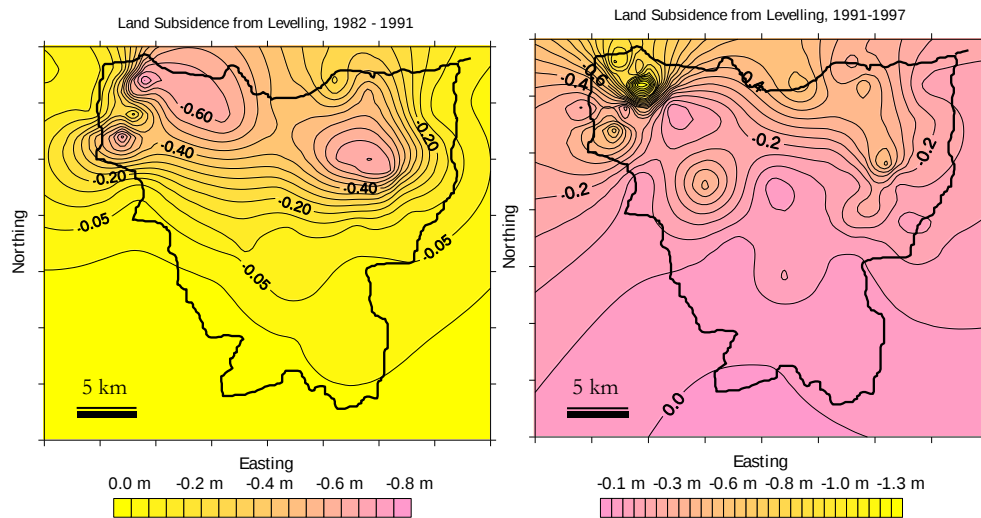
Di wilayah Jakarta telah dilaksanakan beberapa kali survey sipat datar untuk keperluan pembangunan jaring kontrol vertikal, yaitu antara lain pada tahun 1978, 1982, 1991, 1993, dan 1997. Survei ini umumnya dilakukan oleh Dinas Pemetaan dan Pertanahan DKI Jakarta, kecuali survey 1997 yang dilaksanakan oleh Dinas Pertambangan DKI Jakarta. Berdasarkan hasil survei sipat datar tersebut, penurunan tanah sebesar 20 sampai 200 cm telah terdeteksi dalam periode 1982 sampai 1997 di beberapa lokasi di wilayah Jakarta, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 4. Dari Gambar ini terlihat bahwa penurunan tanah di Jakarta mempunyai kecepatan yang bervariasi spasial maupun temporal. Dalam periode 1982-1991, penurunan tanah maksimum yang tercatat adalah sekitar 80 cm, dan dalam periode 1991-1997 penurunan tanah dapat mencapai 160 cm. Secara umum, kecepatan penurunan tanah di wilayah Jakarta dalam periode tersebut berkisar sekitar 1 sampai 5 cm/tahun, dan bisa mencapai sekitar 25 cm/tahun di lokasi tertentu.

Penurunan Tanah dari Metode Survei GPS

Disamping menggunakan metode sipat datar (*leveling*), besar dan karakteristik penurunan tanah di Jakarta juga ditentukan dengan metode survei GPS. Studi penurunan tanah di wilayah Jakarta dengan metode survei GPS telah dilaksanakan sejak Desember 1997 oleh Kelompok Keilmuan Geodesi ITB.

Sampai saat ini survei GPS untuk studi dan pemantauan penurunan tanah di

wilayah Jakarta telah dilaksanakan 9 kali, yaitu masing-masing pada: 24-26 Desember 1997, 29-30 Juni 1999, 31 Mei-3 Juni 2000, 14-19 Juni 2001, 26-31 Oktober 2001, 02-07 Juli 2002, 21-26 Desember 2002, 21-25 September 2005 dan 3-7 September 2007. Survei GPS dilakukan menggunakan receiver GPS tipe geodetik dua-frekuensi dengan lama pengamatan secara umum sekitar 8 sampai 12 jam. Penurunan tanah diestimasi pada 25 titik pengamatan satelit GPS, yang lokasi dan distribusinya tersebar di wilayah Jakarta. Titik referensi GPS (BAKO) di Cibinong dalam studi ini dianggap sebagai titik stabil.



Gambar 4. Penurunan tanah di Jakarta yang diamati oleh metode sipat datar, dalam periode 1982 – 1991 (kiri), dan periode 1991 – 1997 (kanan).

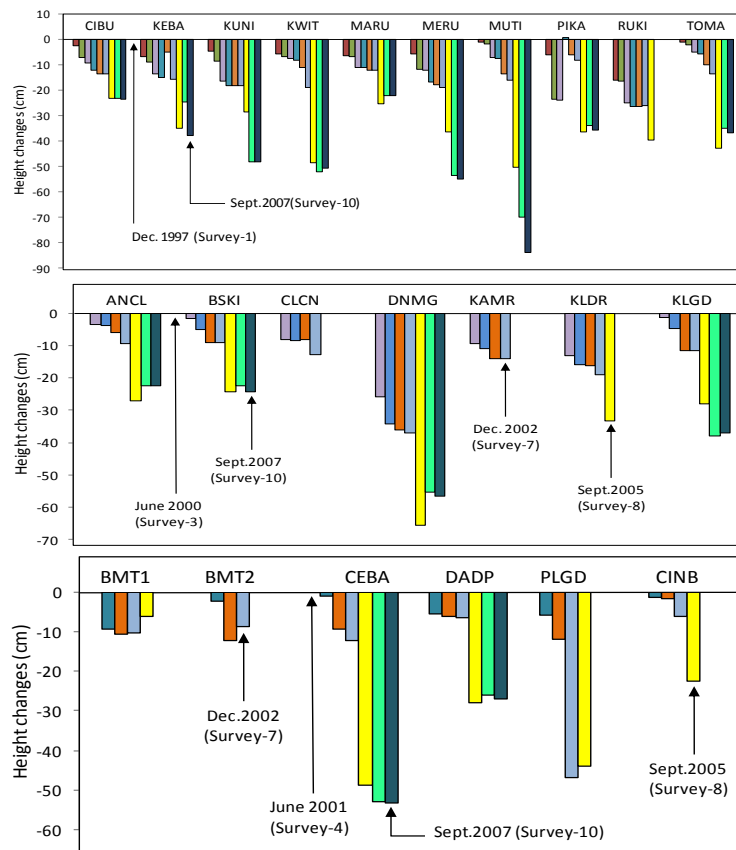
Secara umum dari survei GPS yang dilaksanakan dari Desember 1997 sampai September 2007 (sekitar 10 tahun) terdeteksi penurunan tanah mencapai 80 – 90 cm, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Secara umum laju penurunan tanah yang terdeteksi adalah sekitar 1 sampai 15 cm/tahun, yang bervariasi secara spasial maupun temporal. Pada suatu lokasi, laju penurunan tanah dapat mengalami percepatan maupun perlambatan tergantung waktu.

Penurunan Tanah dari Metode InSAR

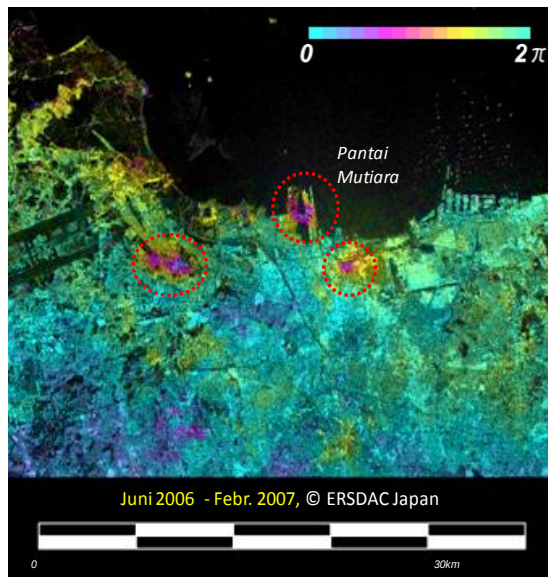
Sejak tahun 2004 fenomena penurunan tanah di Jakarta juga mulai dipelajari dengan menggunakan metode InSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*) yang berbasis pada penggunaan citra satelit radar. Hasil dari

metode InSAR mengkonfirmasi dan melengkapi hasil dari metode-metode sipat datar dan survei GPS tentang karakteristik fenomena penurunan tanah di cekungan Jakarta.

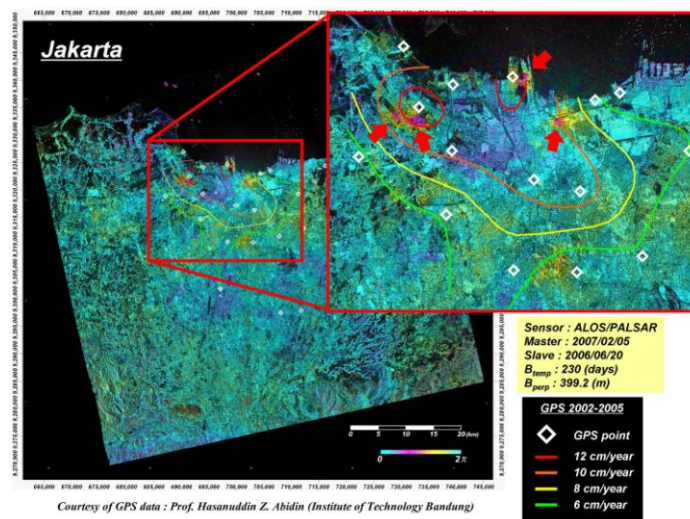
Bekerjasama dengan pihak ERSDAC Jepang, KK Geodesi ITB mempelajari fenomena penurunan tanah di Jakarta dengan metode InSAR menggunakan data PALSAR dari satelit ALOS. Gambar 6 menunjukkan fenomena penurunan tanah yang terdeteksi dalam periode Juni 2006 sampai Februari 2007. Gambar ini menunjukkan bahwa penurunan muka tanah di pesisir utara Jakarta bervariasi secara spasial, dengan laju maksimum sekitar 12 cm/tahun (lihat Gambar 7).



Gambar 5. Penurunan tanah (cm) dari survey GPS di beberapa lokasi di wilayah Jakarta.



Gambar 6. Contoh fenomena penurunan tanah di wilayah Jakarta Utara yang terdeteksi dengan metode INSAR, menggunakan citra ALOS PALSAR ($\lambda = 23.6$ cm).



Gambar 7. Laju penurunan tanah di wilayah Jakarta Utara dalam periode Juni 2006 sampai Februari 2007.

5. Semburan Lumpur Sidoarjo

Djoko Santoso, Rudi Rubiandini, Hasanudin, Wawan Gunawan, Doddy Abdassah, Benyamin Sapiie, Satriya Bijaksana, Prihadi Sumintadireja dan Sri Widiyantoro

Pendahuluan

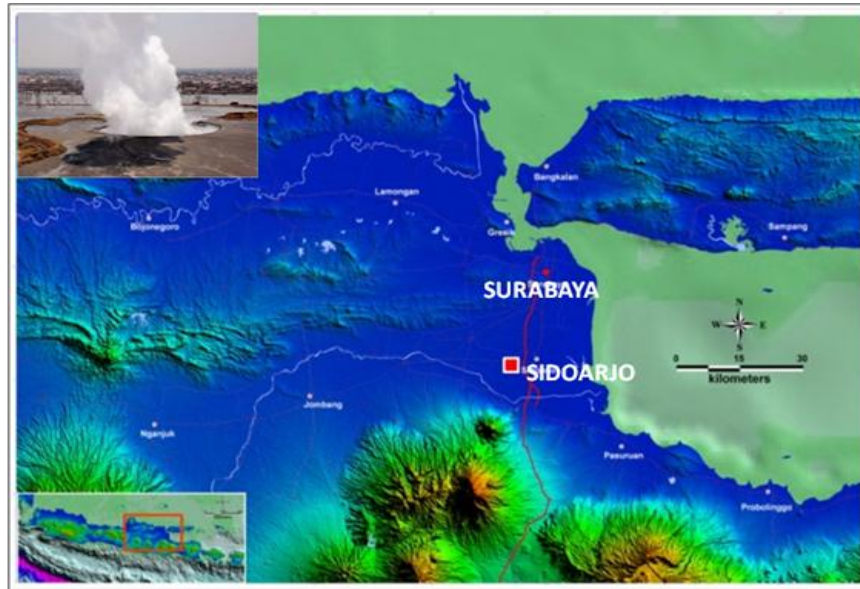
Semburan Lumpur Sidoarjo (SLS) terjadi sejak tanggal 29 Mei 2006. Hingga kini semburan lumpur belum berhenti. Berbagai polemik tentang asal muasal maupun cara melakukan mitigasi terhadap masalah tersebut juga masih berkembang terus tidak hanya di Indonesia namun juga diseluruh dunia. SLS pernah dimuat pada majalah Nature (Cyranosky, 2007), ditulis di berbagai jurnal ternama seperti GSA Today (Davies, 2007 dan Mazzini, et al, 2007), Earth and Planetary Science Letter (Davies, et al, 2008), dan AAPG membahas secara khusus dalam konferensi di Afrika Selatan pada akhir Oktober 2008. SLS terletak di daerah Sidoarjo Propinsi Jawa Timur (Gambar 8).

Dua kejadian penting yang tercatat yang waktunya berdekatan dengan SLS ialah pemboran sumur Banjar Panji-1 (BJP-1) yang terletak kira-kira 150 meter timur laut semburan utama SLS dan gempa bumi di Yogyakarta yang memiliki magnitude 6.3.

Polemik yang menjelaskan asal muasal SLS berlangsung terus terutama terkait dengan dua kejadian tadi, namun hingga kini tidak pernah mengerucut pada satu pendapat. Sebagian berpendapat bahwa SLS adalah gejala alam atau gejala geologis (dipicu gempa?) sebagian memandang sebagai akibat dari kesalahan tindakan manusia (dipicu pemboran?). Namun perlu pula dipertimbangkan bahwa kejadian tersebut merupakan kejadian alam yang dipicu oleh kegiatan manusia. Sehubungan dengan itu keadaan geologi daerah tersebut perlu dikaji dengan cermat terutama terkait dengan kemungkinan formasi yang bisa menyebabkan semburan lumpur.

Tujuan Penulisan

Penulisan kasus SLS ini dimaksudkan untuk memberikan jawaban tentang kemungkinan terjadinya multiinterpretasi terhadap asal terjadinya semburan lumpur di daerah Sidoarjo, Jawa Timur. Bertitik tolak pada rumusan asal kejadian, kemungkinan penyelesaian akan dibahas yang juga berdasarkan beberapa asumsi. Perbedaan asumsi akan memberikan perbedaan cara penyelesaian.



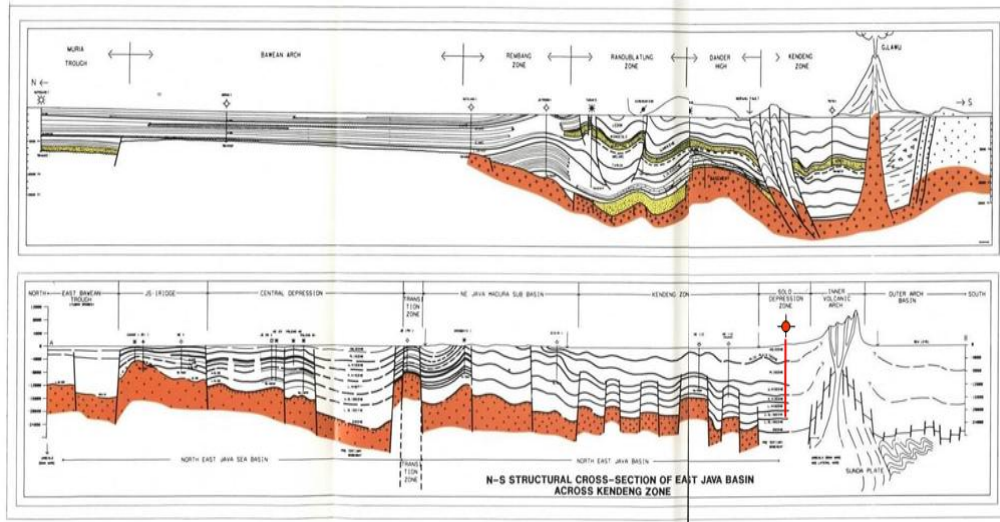
Gambar 8. Lokasi semburan lumpur Sidoarjo dan lubang utama semburan.

Interpretasi Geologis terhadap Formasi yang Memungkinkan Menghasilkan Semburan Lumpur

SLS terjadi pada jarak sekitar 150 meter dari Sumur eksplorasi Banjar Panji-1 (BJP-1), sehingga secara regional sumur ini terletak pada zona deformasi aktif yang dikenal sebagai zona Kendeng. Secara morfologi daerah SLS merupakan dataran alluvial yang berbatasan dengan Gunung Api aktif pada bagian selatan dan Kendeng Fold-Thrust-Belt di bagian barat laut. Berdasarkan peta anomali gravitasi Zona Kendeng merupakan daerah depresi berarah Barat-Timur yang sangat dalam terlihat dari harga anomali gravitasi negatif yang sangat tinggi. Didalam zona ini diendapkan sedimen yang sangat tebal yang terdiri dari endapan lempung dari Formasi Kalibeng. Berdasarkan data ketebalan endapan lempung Formasi Kalibeng ini harus diendapkan dalam sistem sedimentasi yang sangat cepat yang dengan waktu dapat menyebabkan zona yang bertekanan sangat tinggi (*overpressured zone*). Berdasarkan penampang yang dibuat melewati zona Kendeng terlihat bahwa Sumur BJP-1 terletak pada bagian selatan dari zona Kendeng yang dikenal sebagai zona depresi Solo (Gambar 9).

Zona ini sangat dekat dengan rangkaian gunung api aktif yang dapat berkontribusi sebagai sumber panas (sistem geotermal) untuk SLS. *Recharge* air yang terus menerus ditambah dengan pemanasan akan menyebabkan kenaikan tekanan pada daerah *overpressured*. Sedikit

perubahan stress lokal bisa menyebabkan pergerakan dari lempung (lumpur) kearah atas yang apabila keluar kepermukaan akan membentuk yang dikenal sebagai gunung api lumpur (*mud vulcano*). Bisa disimpulkan bahwa secara geologi daerah ini sudah mempunyai potensi untuk membentuk Gunung Api Lumpur hanya saja apa yang menyebabkan/pemicu erupsi merupakan permasalahan utama (Gambar 9).



Gambar 9. Penampang geologi berarah Utara-Selatan melewati Zona Kendeng yang memperlihatkan sedimen yang tebal dan deformasi yang kuat berassosiasi dengan Gunung api aktif dibagian selatannya. Sumur BJP-1 (merah) terletak pada bagian selatan zona Kendeng yang dikenal sebagai depresi Solo (PERTAMINA-BPPKA, 1985).

Dari berbagai data yang telah terbuka, beberapa kemungkinan kejadian SLS (yang komposisinya berasal dari lempung Formasi Kalibeng) dapat diuraikan sebagai berikut:

1. SLS disebabkan oleh *underground blow out* (UGBO), kejadian ini murni karena proses pemboran;
2. SLS merupakan proses kejadian gunungapi lumpur yang dipicu oleh pemboran;
3. SLS merupakan proses kejadian gunungapi lumpur yang dipicu oleh gempabumi dan pemboran;
4. SLS merupakan proses kejadian gunungapi lumpur yang dipicu oleh gempabumi, aktifitas Sesar Watukosek dan pemboran;

5. SLS merupakan UGBO yang memicu gunungapi lumpur dengan suplai panas dari gunungapi disekitarnya sehingga terkait pula dengan sistem geotermal.

Alternatif Mitigasi SLS

Dengan asumsi bahwa lubang sumur masih utuh dan berada ditempat semula. Kejadian ini berkaitan dengan UGBO, sehingga dimungkinkan untuk diatasi dengan *relief well*. Namun demikian jika model yang dikemukakan oleh Davies (2007) benar, dimana semburan sudah banyak dikontrol oleh banyak sesar maupun kekar menjadi sulit untuk menutup sesar-sesar tersebut.

Dengan asumsi bahwa lubang sumur telah berpindah tempat, sulit untuk diatasi dengan *relief well*. Apalagi fakta yang ada dimungkinkan telah menjadi proses gunungapi lumpur.

Dengan asumsi bahwa lubang sumur telah membentuk banyak rekah random. Hal ini tentu membuat sulit lubang mana yang dapat ditutup melalui *relief well*. Jika ini yang diasumsikan terjadi, usaha yang mungkin dilakukan untuk melakukan mitigasi ialah usaha dipermukaan. Usaha di permukaan ialah berusaha membuang lumpur ke laut.

Sebagaimana telah terukur dari data GPS, telah terjadi penurunan muka tanah. Lokasi SLS akan semakin mendapat beban dari permukaan yang disebabkan oleh beban lumpur yang dikeluarkan, sehingga penurunan permukaan tanah tentu akan terjadi lebih dalam. Namun demikian penurunan tanah ini juga menjadi tempat untuk penampung lumpur yang meluap. Kelebihan lumpur pasti ada, dengan demikian infrastruktur untuk mengurangi lumpur atau air lumpur diperlukan keahlian yang sesuai untuk melakukannya akan terkait dengan bidang sipil untuk infrastrukturnya dan bidang teknik lingkungan untuk menghitung risiko lingkungan dan memisahkan air dari lumpur.

Penutup

- Bahwasanya semua metoda memiliki keterbatasan untuk digunakan, keterbatasan tersebut terjadi karena ada beberapa asumsi yang digunakan, yaitu untuk menduga mekanisme kejadian dan tindakan mitigasi.
- Asumsi yang digunakan sebaiknya dikaitkan dengan data yang ada, semakin banyak dan akurat data yang diperoleh semakin jelas asal muasal fenomena sehingga semakin tepat asumsi yang digunakan, dan berikutnya semakin tepat pula asumsi untuk memilih cara pengulangannya.

- Kasus SLS nampaknya tidak memenuhi kriteria-kriteria di atas; tidak / kurang jelas datanya (tentu kurang akurat), asal muasalnya masih diperdebatkan, sehingga cara penggulungannya tidak jelas dan tuntas, dan belum berhasil ditanggulangi.
- Dari uraian di atas sementara ini disimpulkan bahwa SLS telah menjadi fenomena gunungapi lumpur.
- Untuk menanggulangi masalah tidak selalu ahli pada bidang yang sama diminta menyelesaikan masalah, namun dapat pula ahli di bidang yang lain, dalam kasus ini untuk penyelesaian di permukaan tanah nampaknya lebih utama.

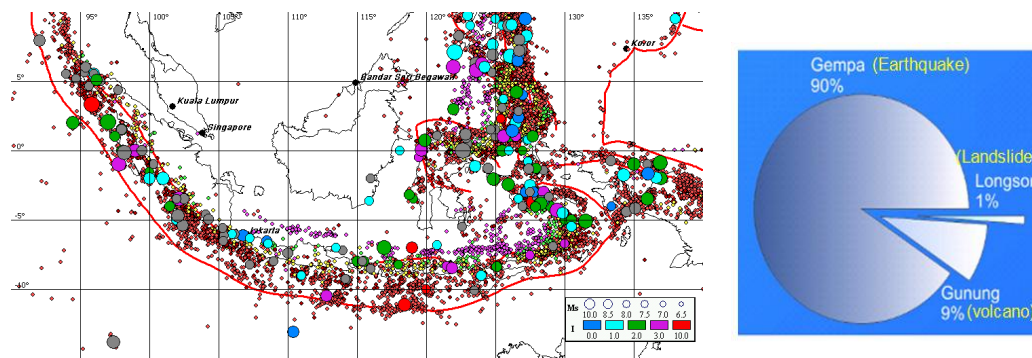
BENCANA KELAUTAN

1. Fenomena Tsunami, Kajian Bahaya, Kerentanan, dan Risiko serta Upaya Mitigasinya

Hamzah Latief, Haris Sunendar, Safwan Hadi, I Wayan Sengara, dan Harkunti P. Rahayu.

Indonesia terletak pada zona batas empat lempeng bumi yang sangat aktif sehingga memiliki aktivitas tektonik dan vulkanik yang sangat tinggi, oleh karena itu Indonesia mempunyai banyak zona-zona patahan aktif dan sebaran gunung api. Sebagian patahan dan gunung api berada di bawah laut sehingga kejadian gempa dan letusan gunung apinya berpotensi membangkitkan tsunami. Selain dua sumber utama tsunami ini, peristiwa longsor bawah laut yang sering dipicu oleh kejadian gempa dan letusan gunung api juga dapat menimbulkan tsunami.

Berdasarkan Katalog Tsunami Indonesia yang dikompilasi oleh Latief, dkk (2000) setidaknya telah terjadi 110 bencana tsunami di Indonesia, 100 kejadian diantaranya disebabkan oleh gempa bumi, 9 kejadian disebabkan oleh letusan gunung berapi dan 1 kejadian disebabkan oleh tanah longsor (Gambar 10).



Gambar 10. Persentase dari bahaya geologis yang membangkitkan tsunami di Indonesia

Tsunami adalah serangkaian gelombang panjang yang timbul karena adanya perubahan dasar laut atau perubahan badan air yang terjadi secara tiba-tiba dan impulsif, akibat gempa bumi, erupsi gunung api bawah laut, longsor bawah laut, ekstrusi gas dari *volcanic mud*, runtuh gunung es, ledakan nuklir, bahkan akibat terjangan benda-benda angkasa luar ke permukaan laut.

Kecepatan tsunami bergantung pada kedalaman perairan, akibatnya gelombang tersebut mengalami percepatan atau perlambatan sesuai dengan bertambah atau berkurangnya kedalaman perairan. Dengan proses ini arah pergerakan arah gelombang juga berubah dan energi gelombang bisa menjadi terfokus atau juga menyebar.

Di perairan dalam, tsunami mampu bergerak dengan kecepatan 500 sampai 1000 kilometer per jam. Sedangkan di perairan dangkal, kecepatannya melambat hingga beberapa puluh kilometer per jam, demikian juga ketinggian tsunami juga bergantung pada kedalaman perairan. Amplitudo tsunami yang hanya memiliki ketinggian satu meter di perairan dalam bisa meninggi hingga puluhan meter di garis pantai.

Magnitudo tsunami diklasifikasikan berdasarkan tinggi tsunami. Skala ini umumnya bersifat deskriptif sebagai fungsi logaritmik terhadap tinggi gelombang maksimum yang terukur di lapangan, dengan sebaran magnitudo dari -1 sampai 4 yaitu $m = \log_2 H_{\max}$ (Iida dkk, 1972). Sedangkan Intensitas tsunami diukur berdasarkan hasil pengamatan dari dampak tsunami terhadap manusia, bangunan, dan benda-benda lainnya termasuk kapal laut dengan berbagai ukuran seperti yang diusulkan oleh Papadopoulos dan Imamura (2001).

Berdasarkan sumber dan jarak pembangkitannya tsunami dapat dibagi menjadi tsunami jarak jauh (*far-field tsunami*) yang posisi sumbernya berjarak lebih dari 1000 km dan melewati pinggiran paparan benua, tsunami regional (*regional tsunami*) dengan sumber berjarak antara 100 km sampai dengan 1000 km dan tsunami lokal (*near field tsunami*) yang dibangkitkan di dalam paparan benua dengan jarak sumber kurang dari 100 km.

Beberapa fenomena tsunami yang berinteraksi dengan pantai seperti: *tsunami forerunners* berupa riak-riak gelombang hasil respon dari guncangan gempa bumi, inisial penarikan muka air laut (*initial withdrawal of water*), tsunami yang bergerak seperti dinding air (*tsunami bore*), suara dentuman atau suara yang berbunyi seperti pesawat atau helikopter, berkabut dan berbau garam.

Bahaya tsunami dan kerusakan yang ditimbulkan tergantung pada kondisi morfologi pantai yang didatanginya. Elevasi maksimum rayapan bergantung pada paras muka laut (pasut) saat waktu tsunami mencapai pantai, artinya

tsunami kecil yang terjadi pada saat pasang tinggi dapat menjangkau elevasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan tsunami yang lebih besar yang tiba pada saat surut terendah. Kondisi pasut sangat penting untuk dikaji dan dipertimbangkan dalam menganalisis tinggi jangkauan rayapan tsunami di suatu daerah.

Kerusakan dan kehancuran karena tsunami merupakan hasil langsung dari terjangan gelombang dan arus tsunami, sementara korban jiwa muncul karena tenggelam dalam golakan tsunami. Arus kuat juga menyebabkan terjadinya erosi pada kaki pondasi dan rubuhnya jembatan, menyeret rumah dan membalikkan kendaraan. Kerusakan yang cukup parah juga disebabkan oleh puing-puing bangunan yang mengapung termasuk kapal, mobil dan pepohonan yang dapat menjadi benda-benda berbahaya ketika menghantam gedung, dermaga dan kendaraan. Kerusakan ikutan lainnya berupa kobaran api yang berasal dari tumpahan minyak atau ledakan dari kapal yang hancur di pelabuhan, pecahnya tempat penyimpanan minyak di pantai dapat menimbulkan kerusakan yang terkadang lebih parah daripada dampak langsung gelombang tsunami. Bahaya ikutan lainnya dapat disebabkan oleh polusi kotoran dan bahan kimia yang terangkut oleh tsunami dan mencemari sumber air bersih.

Analisis risiko bencana tsunami dapat dilakukan apabila telah tersedia data bahaya tsunami dan data kerentanan. Dengan kata lain asupan untuk analisis risiko bencana adalah luaran dari analisis bahaya alam dan analisis kerentanan. Kunci utama dari analisis risiko bencana adalah membuat suatu metoda yang memuat tata cara sistematis, logis, terukur dan konsisten dalam memberikan penilaian tingkat risiko berdasarkan penggabungan data tingkat bahaya tsunami dan tingkat kerentanan. Elemen dasar dalam analisis risiko adalah penentuan nilai tingkat risiko tertentu berdasarkan nilai kerentanan tertentu terhadap intensitas bahaya tsunami tertentu pula.

Mitigasi bencana didefinisikan secara umum bahwa segala upaya yang dilakukan untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh suatu bencana, baik sebelum, saat atau setelah terjadinya suatu bencana. Untuk menghindari bencana tsunami perlu upaya untuk tidak mempertemukan unsur bahaya dan kerentanan dengan cara: (i) Menjauhkan kerentanan terhadap bahaya, misalnya memindahkan penduduk ke tempat yang aman dari bahaya; (ii) Mereduksi bahaya sampai sekecil mungkin, sehingga bahaya tidak menerjang suatu kerentanan, misalnya pembangunan tembok penahan tsunami. Kedua opsi ini terkadang sangat sulit untuk dilakukan karena menimbulkan permasalahan sosial serta memerlukan biaya tinggi; kemudian (iii) Mereduksi bahaya serta menaikkan kapasitas dari suatu kerentanan

dengan cara adaptif atau akomodatif menggunakan manajemen risiko bencana.

Penerapan manajemen risiko bencana ini perlu dilakukan secara sistematis melalui kebijakan administratif, organisasi, kemampuan dalam operasional, strategi dan implementasi serta kemampuan masyarakat untuk menghadapi bencana sehingga dapat mengurangi dampak bahaya yang ditimbulkannya. Manajemen risiko bencana ini mengkaji seluruh aktivitas baik dalam penanganan struktural (*structural measures*) maupun non-struktural (*non-structural measures*) untuk menghindarkan (*preventif*) atau untuk mengurangi (*mitigasi* dan *preparedness*) efek yang ditimbulkan oleh bahaya tsunami.

Penanganan struktural untuk tsunami meliputi sistem perlindungan pantai dengan membangun tembok penahan ombak berupa *breakwater*, *seawall*, dan pintu air yang dikenal sebagai *hard protection*, dan perlindungan dengan menggunakan vegetasi pantai (*mangrove* dan *coastal forest*), *sand dune* dan terumbu karang atau dikenal sebagai *soft protection*. Selanjutnya untuk penanganan non-struktural meliputi: undang-undang dan peraturan pemerinatah; penegakan hukum; organisasi pemerintah dan non pemerintah yang terkait dengan penanganan bencana (PMI, ambulans dan tenaga medis, pemadam kebakaran, Karang Taruna dan lain lain); penyediaan peta bahaya dan risiko tsunami, serta peta jalur evakuasi; konsep penataan ruang yang akrab bencana tsunami, sistem peringatan dini (TEWS), pendidikan masyarakat, serta penyiapan fasilitas-fasilitas penyangga hidup (*life line*).

Dengan uraian dan penjelasan tentang tingginya frekuensi tsunami menerjang pesisir Indonesia serta besarnya kerugian yang ditimbulkan baik jiwa manusia maupun harta benda, serta tata cara kajian risiko dan mitigasinya, maka diharapkan kepada pemerintah pusat, pemerintah daerah, kalangan industri dan masyarakat umum, secara sistematis, komprehensif, terarah dan lebih terpadu dapat:

- Meningkatkan kewaspadaan terhadap risiko bahaya tsunami di tingkat masyarakat dan serta memperkenalkan tindakan lokal yang perlu diambil untuk mengurangi risiko yang ditimbulkannya.
- Merangsang kewaspadaan para perencana baik di tingkat nasional dan maupun lokal untuk mengimplementasikan perencanaan pembangunan nasional yang akrab bencana tsunami, khususnya di daerah-daerah rawan bencana tsunami.

- Membantu politisi, pemerintah, serta penentu kebijakan untuk memahami sifat dari jenis risiko yang dihadapi oleh komunitas serta membantu memahami dampak yang ditimbulkannya.
- Mendemonstrasikan cara dan arti dalam mengurangi risiko-risiko tersebut, pada lingkup nasional dan lokal, melalui keputusan serta perencanaan yang tepat.

2. Gelombang Badai Pasang

Nining Sari Ningsih

Bencana laut (*marine hazard*) dalam bentuk gelombang ekstrim (gelombang dengan ketinggian di atas nilai normalnya) yang terjadi akhir-akhir ini telah menumbuhkan kesadaran akan pentingnya bidang kajian kelautan bagi masyarakat dan pemerintah. Beberapa kejadian gelombang ekstrim telah memporak-porandakan lingkungan pesisir dan kehidupan sosial-ekonomi penduduknya, seperti: (1) tsunami di Aceh (2004) yang merupakan salah satu bencana alam terparah abad ini, (2) gelombang badai pasang yang menimpa Laut Jawa (Januari 2007) yang mengganggu transportasi kapal dan menyebabkan beberapa kecelakaan, dan (3) gelombang badai pasang yang menimpa pesisir barat Sumatera dan selatan Jawa – Bali (Mei 2007 dan Februari 2008) yang menyebabkan lumpuhnya aktivitas pariwisata, rusaknya perahu nelayan, dan ribuan warga mengungsi ke kawasan yang aman. Peningkatan kepedulian masyarakat serta pemerintah terhadap masalah-masalah lingkungan serta fakta bahwa fenomena yang melibatkan lingkungan dan alam tersebut tidak mengenal batas politis atau negara telah menimbulkan aksi di tataran global terhadap pelaksanaan pembangunan nasional, dan telah memicu berlomba-lombanya peneliti dan konsultan asing untuk berkibrah di Indonesia. Pada tulisan ini pembahasan difokuskan pada gelombang ekstrim yang disebabkan badai dan pasang surut pada kondisi air pasang tertinggi (*high tide*).

Ketika gelombang badai merambat ke perairan dangkal, kecepatannya berkurang, panjang gelombangnya memendek, serta tingginya bertambah dan jika terjadi bersamaan dengan fasa gelombang pasang surut pada kondisi air pasang tertinggi dapat menambah ketinggian muka air laut. Superposisi gelombang badai dan gelombang pasang surut pada kondisi air pasang tertinggi disebut *storm tide* (gelombang badai pasang) yang dapat mengakibatkan terjadinya gelombang ekstrim dengan ketinggian dapat

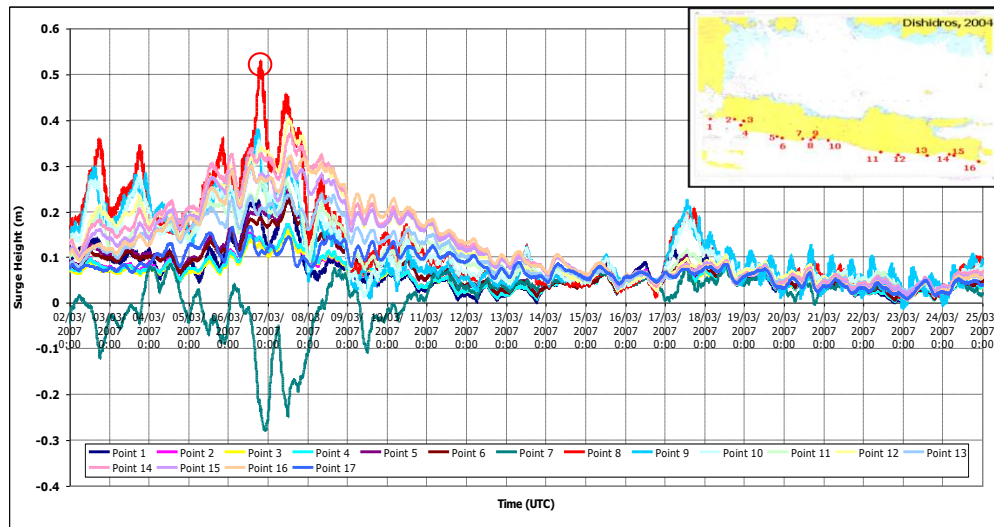
mencapai $\pm 4-5$ m atau lebih. Selanjutnya, di kawasan pantai gelombang badai pasang ini dapat menyebabkan naiknya (*run-up*) air laut ke darat dan menyebabkan banjir yang menggenangi (inundasi) daerah daratan tersebut. Banjir yang disebabkan meluapnya air laut ini disebut "rob", contohnya rob yang menggenangi sejumlah daerah di kawasan utara Jakarta dan Banten pada bulan November 2007 dan Januari 2008. Tinggi genangan yang tidak seperti biasanya terjadi di pesisir Jakarta Utara (November 2007) dapat disebabkan oleh gabungan beberapa faktor dominan, yaitu: (1) fase pasang surut purnama, (2) fase posisi bulan yang berada pada titik terdekat dengan bumi (*perigee*), (3) *swell* (gelombang yang menjalar ke luar daerah pembangkitnya) yang berasal dari badai Hagibis (21 - 26 November 2007) di Laut Cina Selatan, (4) penurunan permukaan tanah, dan (5) naiknya permukaan laut akibat efek pemanasan global.

Tidak seperti negara-negara yang seringkali dilalui badai seperti Amerika, Jepang, Australia, Filipina atau negara lainnya, Indonesia bukan daerah lintasan badai tropis. Meskipun demikian, beberapa tempat di wilayah Indonesia yang dekat dengan jalur badai tropis akan terkena pengaruh tidak langsung, yaitu berupa angin kencang, gelombang badai (*storm surge*), dan hujan lebat pada daerah-daerah yang dekat dengan tempat tumbuhnya badai. Berdasarkan analisa data badai tropis selama 41 tahun (1965 – 2005) yang dilaporkan oleh Sub Bidang Informasi Meteorologi Publik - BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika) di wilayah $0 - 50^\circ$ LS dan $90 - 150^\circ$ (wilayah Indonesia bagian selatan ekuator, Samudra Hindia bagian Timur, benua Australia, Papua Nugini, dan sebagian Samudera Pasifik Barat) diketahui bahwa bulan Januari, Februari, dan Maret adalah periode puncak musim tumbuhnya badai tropis dan pada bulan-bulan tersebut rata-rata terjadi 3 hingga 4 badai tropis.

Selain itu, badai Nicholas yang melanda Gelombang badai pasang dengan tinggi 2 - 6 m dan kecepatan angin ± 49 km/jam telah menerjang 11 provinsi (Nanggroe Aceh Darussalam, Sumatera Utara, Sumatera Barat, Bengkulu, Lampung, Banten, Jawa Barat, Jawa Tengah, Daerah Istimewa Yogyakarta, Jawa Timur, dan Bali) pada hari Jumat, 18 Mei 2007 (Kompas, 19 Mei 2007). Gelombang badai tersebut merambat berupa *swell* dan diketahui dibangkitkan oleh badai yang berpusat di perairan pantai selatan Afrika Selatan. Khusus untuk daerah pesisir selatan Jawa, daerah-daerah yang dilaporkan terimbas gelombang badai pasang tersebut adalah Pelabuhan Ratu (Sukabumi), Pantai Rancabuaya Garut, Pangandaran, Bantul (Yogyakarta), Pantai Baron (pantai selatan Gunung Kidul), Perairan pantai selatan Kabupaten Kebumen, perairan pantai bagian timur Kabupaten Cilacap, Pantai Ngliyep dan Bajulmati (Malang). Di antara daerah-daerah tersebut,

tinggi gelombang tertinggi terjadi di pantai selatan Kebumen, Bantul, dan Cilacap (Kompas, 19 Mei, 2007).

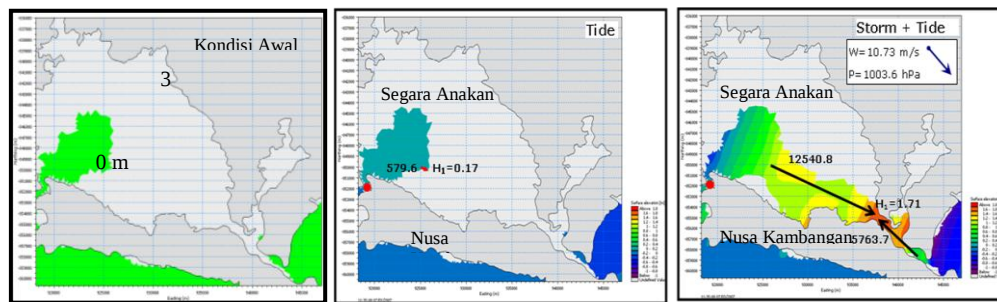
Australia (Februari 2008), imbasnya sampai ke pesisir selatan Jawa dan Bali dan menyebabkan gelombang ekstrim yang merusak ratusan rumah di enam kecamatan di pesisir selatan Jawa. Berdasarkan laporan Departemen Kelautan dan Perikanan (DKP), industri perikanan mengalami kerugian ± Rp. 90 milyar dan 59.000 nelayan tidak dapat melaut akibat cuaca yang buruk tersebut. Selain itu, dampak gelombang ekstrim ini sampai pula ke perairan utara Jawa, dalam hal ini kabupaten-kabupaten di Karimunjawa, Jepara mengalami krisis pangan karena sulitnya pengiriman pangan yang biasanya menggunakan transportasi laut.



Gambar 11. Daerah rawan bencana gelombang badai pasang (*storm tide*) dan tinggi *storm surge* (gelombang badai) yang dibangkitkan oleh badai Jacob dan George. *Storm surge* terbesar terjadi di Teluk Pananjung (Cilacap), Stasiun no. 8. (Sumber: Hadi dkk., 2008 dan Ningsih dkk., 2009).

Berdasarkan kajian awal daerah rawan bencana gelombang badai dengan menggunakan model hidrodinamika untuk studi kasus badai Jacob (2 – 12 Maret 2007) dan George (3 – 9 Maret 2007) diketahui bahwa daerah-daerah yang paling rawan dilanda gelombang badai di pesisir selatan Jawa yang dibangkitkan oleh kedua badai tersebut adalah: (1). Tanjung Telereng, (2). Tanjung Karangtaraje, (3). Pelabuhan Ratu, (4). Teluk Ciletuh, (5). Pameungpeuk, (6). Tanjung Gedeh, (7). Parigi, (8). Teluk Pananjung, (9). Nusa Kambangan, (10). Tanjung Karang Batu, (11). Pacitan, (12). Munjungan, (13). Teluk Tapen, (14). Tanjung Pelindu, (15). Teluk Pisang,

dan (16). Tanjung Purwa, (masing-masing ditandai dengan angka 1 – 16 pada Gambar 1). Di antara daerah-daerah tersebut diketahui *storm surge* (gelombang badai) paling tinggi terjadi di Teluk Pananjung (Cilacap). Sedangkan, naiknya muka laut (*run-up*) dan jarak inundasi (genangan) yang disebabkan *storm tide* (pasang surut dan gelombang badai), paling besar terjadi di daerah Cilacap (Teluk Pananjung dan Nusa Kambangan, Stasiun 8 dan 9 pada Gambar 11), Tanjung Karang Batu (Kebumen, Stasiun 10 pada Gambar 1), serta pantai selatan Munjungan dan Tanjung Purwa, Jawa Timur (masing-masing Stasiun 12 dan 16 pada Gambar 11). Gambar 12. memperlihatkan contoh hasil simulasi *run-up* dan jarak inundasi yang disebabkan *storm tide* (gelombang badai pasang) di Nusa Kambangan – Cilacap.



Gambar 12. *Run-up* dan jarak inundasi (genangan) yang disebabkan *storm tide* (gelombang badai pasang) di Nusa Kambangan - Cilacap (Stasiun 9 pada Gambar 11), (Sumber: Hadi dkk., 2008 dan Ningsih dkk., 2009).

Kerusakan dan korban akibat bencana gelombang ekstrim akan semakin parah karena turunnya daya dukung alam yang diakibatkan perubahan, kerusakan, dan bencana lingkungan (*environmental hazard*) yang diakibatkan oleh peningkatan kegiatan pembangunan dan kebutuhan terhadap sumberdaya alam (khususnya laut). Oleh sebab itu, tuntutan akan ketersediaan sumberdaya manusia dan informasi yang berkaitan dengan masalah kelautan semakin meningkat. Pemahaman mengenai dinamika penjalaran gelombang badai pasang merupakan hal yang penting untuk dikaji dalam bidang ilmu oseanografi dalam kaitannya dengan pengelolaan kawasan pesisir, terutama Indonesia yang merupakan negara yang memiliki garis pantai terpanjang keempat setelah Canada, Amerika, dan Federasi Rusia. Usaha-usaha untuk mempelajari dinamika penjalaran gelombang badai pasang dan pengaruhnya terhadap lingkungan tidak hanya dimotivasi oleh kepentingan dari aspek ekonomis tetapi juga dari segi perkembangan

ilmu pengetahuan karena masih banyaknya dinamika oseanografi yang berkaitan dengan penjalaran gelombang badai pasang yang belum terungkap di perairan Indonesia.

Para peneliti Indonesia di bidang kelautan diharapkan dapat menjawab tantangan tersebut dengan melaksanakan penelitian yang berkualitas sehingga mampu bersaing dan lebih berperan dalam bidang kelautan baik dalam lingkup nasional, regional, maupun internasional. Pendanaan yang ditawarkan secara kompetitif oleh pemerintah dan / atau swasta dapat digunakan untuk memicu pelaksanaan penelitian yang berkesinambungan dalam upaya menghasilkan produk penelitian yang dapat dirasakan manfaatnya oleh masyarakat luas. Zonasi daerah rawan bencana gelombang badai pasang yang merupakan salah satu output penelitian dapat digunakan untuk mitigasi bencana laut, terutama di daerah pesisir dalam rangka mereduksi jumlah korban, kerugian ekonomi, dan kerusakan lingkungan. Seiring dengan meningkatnya perhatian pemerintah dan masyarakat terhadap pengelolaan kawasan pesisir, maka zonasi daerah rawan bencana gelombang badai pasang dapat menjadi salah satu masukan untuk meningkatkan upaya-upaya pemerintah dalam membangun daerah pesisir secara tepat, terintegrasi, dan efisien.

3. Kenaikan Permukaan Laut

Safwan Hadi, Ivonne M. Radjawane, Kosasih Priyatna, dan Hamzah Latief, Ibnu Sofian, Djoko S.A. Suroso dan Triwahyu Hadi

Meningkatnya emisi gas-gas rumah kaca seperti karbondioksida (CO_2), metana (CH_4), dinitrooksida (N_2O) dan chlorofluorokarbon (CFC) ke atmosfer bumi telah menimbulkan efek rumah kaca (*green house effect*) yang menyebabkan terperangkapnya radiasi matahari yang dipantulkan oleh permukaan bumi di dalam atmosfer, mengakibatkan temperatur permukaan bumi dan atmosfer terus bertambah sampai mencapai keseimbangan baru. Jumlah panas yang masuk dan keluar atmosfer tidak berubah, tetapi jumlah panas yang tersimpan di bumi dan atmosfer semakin meningkat sehingga menaikkan temperatur permukaan bumi dan atmosfer.

Temperatur rata-rata permukaan Bumi adalah sekitar 15°C . Selama seratus tahun terakhir, temperatur rata-rata ini telah meningkat sebesar $0,6^\circ\text{C}$. IPCC (2001) memperkirakan pemanasan global dapat menaikkan temperatur

permukaan bumi hingga 1,4 – 5,8 °C pada tahun 2100. Kenaikan temperatur ini akan mengakibatkan mencairnya es di kutub dan menghangatkan lautan, yang mengakibatkan meningkatnya volume lautan yang pada tahun 2100 diperkirakan akan menaikkan permukaan laut dunia sekitar 9 – 88 cm.

IPCC (2007) menyatakan sejak tahun 1961 sampai dengan 1993 permukaan laut dunia telah mengalami kenaikan dengan laju rata-rata 1,8 mm/tahun (1,3 – 2,3 mm/tahun). Sejak tahun 1993 sampai dengan 2003 kenaikan permukaan laut rata-rata 3,1 mm/tahun (2,4 – 3,8 mm/tahun). Berdasarkan penelitian yang dilakukan WWF, di Indonesia telah terjadi peningkatan suhu 0,3 °C sejak tahun 1990 dan skenario perubahan iklim yang dilakukan WWF Indonesia dan IPCC (1999) melaporkan bahwa suhu di Indonesia akan mengalami kenaikan sebesar 1,3 °C sampai 4,6 °C pada tahun 2100 dengan laju kenaikan 0,1 °C sampai 0,4 °C yang akan meningkatkan kenaikan permukaan laut di Indonesia sebesar 20 – 100 cm dalam 100 tahun. Pemanasan global diperkirakan memberikan pengaruh yang signifikan pada kenaikan muka air laut di abad ke-20 ini.

Dampak fisis akibat kenaikan permukaan laut antara lain meningkatnya frekuensi dan intensitas banjir karena efek pembendungan oleh adanya kenaikan permukaan laut. Pembendungan ini mengakibatkan kecepatan aliran sungai di muara semakin berkurang dan laju sedimentasi di muara akan bertambah yang akan mengakibatkan pendangkalan di muara. Pendangkalan muara dan naiknya permukaan laut akan meningkatkan frekuensi dan intensitas banjir di daerah di sekitar muara sungai. Naiknya permukaan laut akan mengakibatkan mundurnya garis pantai akibat tergenangnya wilayah pesisir yang landai, hilangnya daerah rawa dan meningkatnya erosi pantai. Erosi wilayah pesisir akan diperbesar karena gelombang dapat masuk jauh ke arah darat akibat naiknya permukaan laut. Kenaikan permukaan laut bahkan dapat menenggelamkan pulau-pulau kecil.

Intrusi air laut ke darat juga merupakan masalah serius bagi daerah pesisir. Adanya pemanfaatan air tanah yang tidak memperhitungkan keseimbangan mengakibatkan turunnya permukaan air tanah yang akan memudahkan terjadinya intrusi air laut kedalam air tanah. Kenaikan permukaan laut juga mengakibatkan volume air laut yang mendesak masuk ke dalam sungai akan semakin besar. Air laut yang mendesak masuk jauh ke darat melalui sungai ini merupakan masalah bagi wilayah pesisir yang menggantungkan air bakunya dari sungai. Terjadinya kenaikan paras muka laut juga berdampak terhadap keamanan bangunan pantai yang ada. Kenaikan paras muka laut meningkatkan tinggi gelombang dan akan memperbesar frekuensi *overtopping* bangunan pantai sehingga tingkat keamanan bangunan pantai menjadi berkurang. Kenaikan permukaan laut juga berdampak pada

ekosistem pantai akibat kenaikan salinitas air laut. Kenaikan salinitas air laut yang terjadi akibat kenaikan permukaan laut akan mengakibatkan mangrove bermigrasi ke arah darat ke daerah yang kurang asin. Spesies yang tidak tahan akan salinitas yang tinggi akan mati.

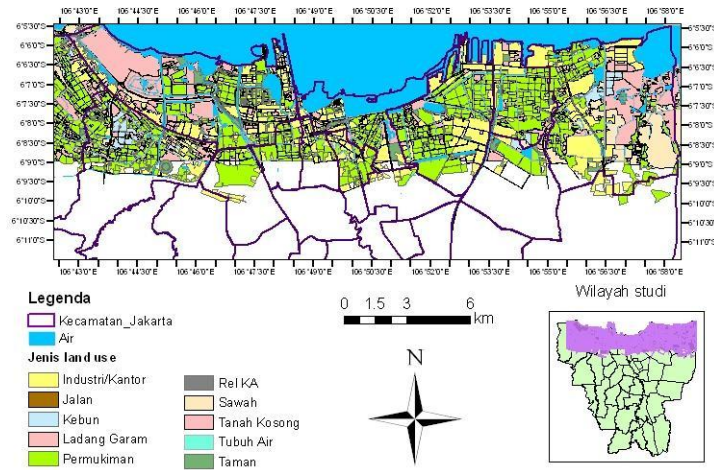
Untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan oleh bencana alam termasuk naiknya permukaan laut perlu dilakukan upaya mitigasi. Mitigasi dapat dilakukan baik secara fisik (struktural) maupun secara non-fisik (non-struktural). Pendekatan fisik dilakukan melalui upaya teknis, baik buatan maupun alami, sedangkan pendekatan non-fisik menyangkut penyesuaian dan pengaturan kegiatan manusia agar sejalan dan sesuai dengan upaya mitigasi baik fisik maupun upaya lainnya.

Dalam usaha untuk memperkecil dampak dari kenaikan permukaan laut terdapat tiga strategi adaptif yaitu: *retreat* (mundur), *accomodation* (akomodasi) dan *protection* (proteksi). Strategi mundur adalah meninggalkan daerah yang rentan genangan akibat kenaikan permukaan laut dan melakukan kembali penataan ruang, strategi akomodasi adalah melakukan adaptasi terhadap perubahan lingkungan akibat genangan misalnya dengan membuat rumah panggung, memodifikasi drainase dan lain lain, sementara strategi proteksi adalah tindakan defensif untuk melindungi daerah pesisir terhadap rendaman, intrusi air laut dan hilangnya sumber daya alam akibat naiknya permukaan air laut. Strategi proteksi dilakukan dengan membangun tanggul (*dikes*) atau dinding pelindung pantai (*seawall*)

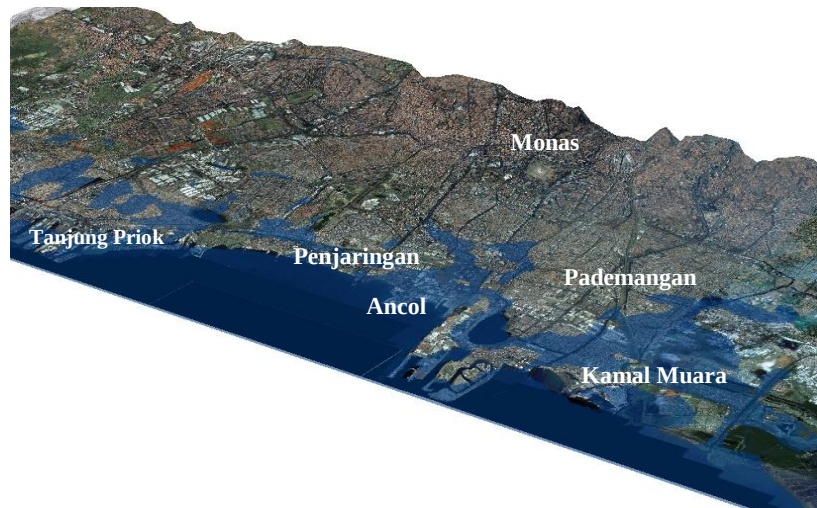
Studi tentang dampak perubahan iklim terhadap naiknya permukaan laut perairan Indonesia telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti Indonesia. Priyatna dkk (2007) yang menggunakan data TOPEX/POSEIDON dan Jason-1 tahun 1992 - 2003 mendapatkan laju kenaikan permukaan laut di perairan Indonesia antara 15 - 20 mm pertahun. Perhitungan kenaikan permukaan laut di beberapa kota pantai menggunakan data pasang surut dengan tahun yang berbeda-beda telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Kenaikan permukaan laut per tahun di Belawan adalah 7,83 mm; Jakarta adalah 4,38 mm; Semarang adalah 9,27 mm; Surabaya adalah 5,47 mm (Tim Peneliti ITB, 1990) dan di Panjang-Lampung adalah 4,15 mm (Tim Peneliti P3O – LIPI, 1991). Purbo (1990) yang menggunakan data pasut 1925 - 1988 mendapatkan laju kenaikan muka air laut di Tanjung Priok sebesar 4,38 mm/tahun. Sutisna (2002) yang menggunakan data pasut 1948 - 2002 mendapatkan nilai 8 mm/tahun, Meliana (2005) yang menggunakan data pasut 1925 - 2003 mendapatkan nilai 5,7 mm/tahun

Prediksi wilayah pesisir Jakarta Utara yang akan tergenang air laut pada tahun 2050 akibat kenaikan permukaan laut sebesar 1 cm/tahun telah dilakukan oleh Hadi dkk (2005) yang hasilnya diperlihatkan pada Gambar 13

dan Gambar 14. Pada tahun 2050 diperkirakan sekitar 24,3% wilayah Jakarta Utara akan terendam akibat naiknya permukaan laut.

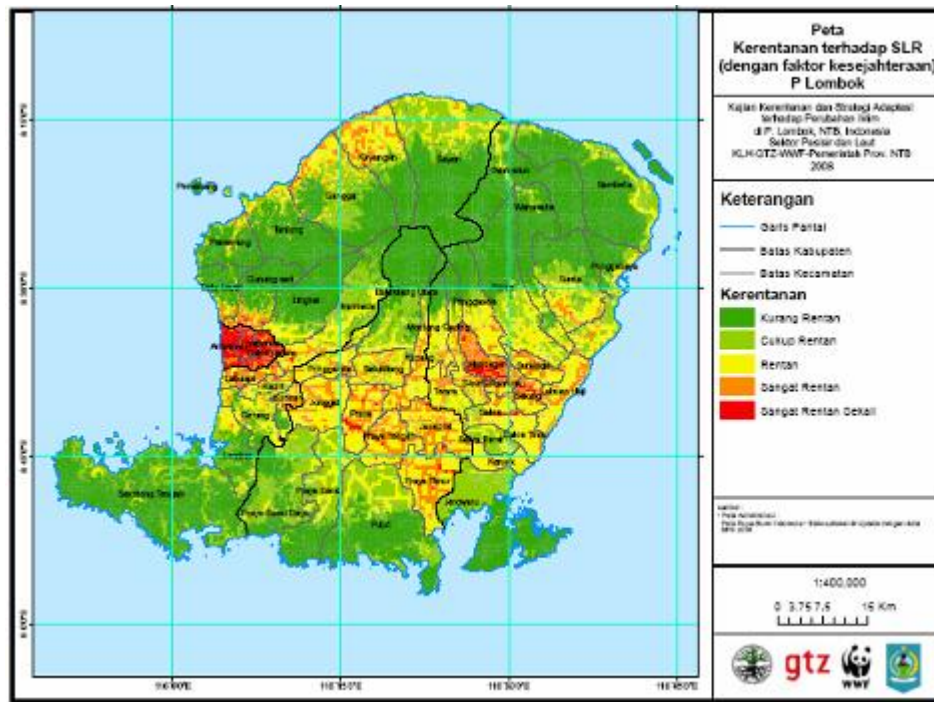


Gambar 13 Peta Rawan Genangan Tahun 2050 Berdasarkan Skenario Naiknya Permukaan Laut 1 cm/ tahun (Sumber: Hadi, dkk., 2005).

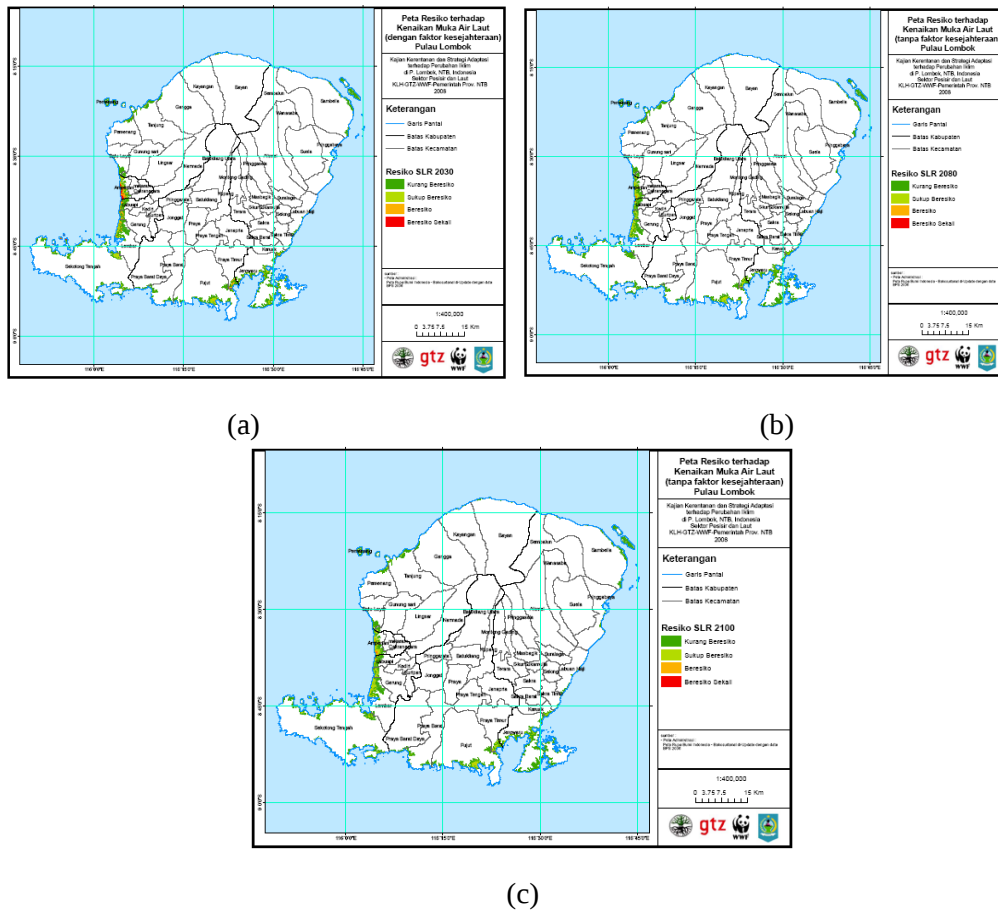


Gambar 14. Prediksi Dampak Genangan Tahun 2050 Akibat Naiknya Permukaan Laut 1 cm/tahun (Sumber: Hadi, dkk., 2005).

Kenaikan permukaan laut tidak hanya diakibatkan oleh pemanasan global tetapi juga oleh faktor-faktor lain seperti pasang surut, turunnya permukaan tanah (*land subsidence*), gelombang badai (*storm surge*) atau gelombang badai pasang (*storm tide*), La Nina, dan tsunami. Upaya mitigasi bencana akibat kenaikan permukaan laut yang disebabkan oleh faktor-faktor diatas perlu dilakukan oleh Pemerintah Daerah setiap provinsi dengan cara menyiapkan peta kerentanan dan peta risiko rendaman akibat kenaikan permukaan laut. Latief, dkk dalam Laporan KLH-GTZ (2009) telah melakukan kajian dampak kenaikan permukaan laut akibat pemanasan global, pasang surut, gelombang badai dan tsunami di pulau Lombok. Peta kerentanan dengan memperhitungkan jenis penggunaan lahan, kepadatan penduduk, infrastruktur penting, elevasi, kelerengan dan tingkat kesejahteraan penduduk diperlihatkan pada Gambar 15, sedangkan peta risiko rendaman untuk tahun 2030, 2080 dan 2100 pulau Lombok diperlihatkan pada Gambar 16.



Gambar 15. Peta Kerentanan terhadap Potensi Rendaman tanpa memperhitungkan Tingkat Kesejahteraan Penduduk
(Sumber: Latief dkk dalam Laporan KLH-GTZ, 2009).



Gambar 16. Peta Risiko Rendaman Tahun 2030 (a), 2080 (b), Dan 2100 (c) Pulau Lombok (Sumber: Latief dkk dalam Laporan KLH-GTZ, 2009).

BENCANA ATMOSFERIK

Bajong Tjasjono, Indratmo Soekarno, M. Syahril Badri Kusuma, Zadrach L. Dupe, Armi Susandi, Tri Wahyu Hadi, Ketut Wikantika, Iwan Krida Santausa, Hernawan Mahfudz, Joko Nugroho, Dhemi Harlan, Hadi Kardana

1. Pendahuluan

Iklim didefinisikan sebagai totalitas semua efek-efek meteorologis pada skala waktu panjang yang dibentuk oleh interaksi bagian-bagian komponen bumi yaitu atmosfer (lapisan gas), hidrosfer (lapisan air seperti laut, danau, sungai), kriosfer (lapisan es), pedosfer (lapisan permukaan tanah) dan biosfer (lapisan kehidupan seperti manusia, tanaman, binatang). Komponen-komponen bumi ini berinteraksi oleh proses-proses fisis yaitu radiasi matahari, transport panas dan momentum.

Ada dua faktor penting yang meningkatkan kepedulian kita terhadap atmosfer bumi. Pertama, meningkatnya aktivitas industri yang membawa fokus pada masalah polusi udara yang lebih tajam. Kedua, keprihatinan sumber makanan dunia yang dihadapkan pada kenaikan secara cepat penduduk dunia (Indonesia sekarang berpenduduk sekitar 230 juta jiwa) dan pada kerusakan lingkungan yang semakin parah, membuat kita lebih banyak sadar akan efek kritis fluktuasi iklim, terutama di negara-negara berkembang seperti Indonesia.

Sejak revolusi industri yang diawali dengan penemuan mesin Watt atau mesin uap, maka konsentrasi karbon dioksida (CO_2) meningkat terus. Gas CO_2 bersama metan (CH_4) memberi kontribusi pemanasan bumi (global). Sifat CO_2 adalah transparan terhadap radiasi gelombang pendek matahari dan menyerap radiasi gelombang panjang bumi. Pemakaian freon atau gas CFC (*chlorofluorocarbons*) oleh aktivitas industri menyebabkan penipisan ozonosfer atau lubang ozon. Gas CFC tidak larut (*insoluble*) dan tidak reaktif di atmosfer, sehingga secara lambat tetapi pasti gas CFC akan berdifusi ke stratosfer dimana ozonosfer berada. Di stratosfer, klor (Cl) terlepas dari ikatan CFC oleh foton radiasi matahari berenergi tinggi. Atom Cl bertindak sebagai katalisator dalam perubahan O_3 (ozon) menjadi O_2 (oksigen) disebut lubang ozon. Peningkatan konsentrasi gas rumah kaca dan penipisan ozonosfer menyebabkan pemanasan global yang mengancam kehidupan makhluk bumi.

Pemanasan radiasi matahari terhadap bumi menyebabkan densitas udara permukaan mengecil sehingga terjadi sel tekanan rendah. Dalam sistem cuaca lokal, terjadi konveksi atau arus udara keatas (*updraft*). Konveksi ini membawa uap air dari tempat disekitarnya karena ada konvergensi udara lokal pada sel tekanan rendah. Konveksi kuat menyebabkan awan konvektif jenis Cumulus atau Cumulonimbus yang menghasilkan hujan deras (*shower*), batu es hujan (*hailstones*) dan petir. Jika drainase lokal tidak berjalan dengan baik maka hujan dari awan Cumulonimbus dapat menyebabkan banjir lokal.

Pada bulan-bulan Desember, Januari dan Februari, Zona Konvergensi Intertropis (ZKI) akan berada di atas wilayah Indonesia yang terletak di belahan bumi selatan (BBS). Karena itu pada periode musim panas di BBS atau musim dingin di BBU, hujan torensial (*torrential rains*) dapat terjadi di wilayah Indonesia belahan bumi selatan sampai di sekitar ekuator geografis. Hujan torensial (sangat lebat) di atas Zona Konvergensi Intertropis dapat menyebabkan bencana banjir skala luas.

Perlu dibedakan antara kekeringan (*drought*) dan kondisi kering atau ariditas (*aridity*). Kekeringan adalah kesenjangan antara air yang tersedia dan air yang diperlukan, sedangkan ariditas (kondisi kering) diartikan sebagai keadaan dengan jumlah curah hujan sedikit. Kekeringan dapat terjadi di daerah dengan jumlah curah hujan berlimpah yang disebabkan oleh beberapa faktor. Ariditas merupakan jabaran iklim di daerah tertentu yang dapat dikatakan tetap. Batasan kondisi kering adalah penyimpangan peristiwa meteorologis yang ditandai dengan adanya defisit kelembaban tanah yang tidak normal dalam jangka waktu yang lama.

2. El Nino dan La Nina

El Nino pada mulanya merupakan sebutan yang diberikan oleh nelayan Peru terhadap arus lemah dan hangat yang bergerak ke selatan sepanjang pantai Peru dan Equador pada saat Natal (El Nino adalah bahasa Spanyol untuk menyebut “Bayi Kristus”). Sebutan ini kemudian dikaitkan dengan fenomena anomali pemanasan skala besar yang mempengaruhi perubahan ekologi dalam skala lokal dan regional, dimana fenomena tersebut terjadi beberapa tahun sekali. Anomali pemanasan lautan yang meliputi basin samudra Pasifik ini berkaitan dengan anomali pola iklim global. Komponen atmosfer yang bertautan dengan El Nino disebut Osilasi Selatan (*Southern Oscillation*), sehingga fenomena interaksi lautan-atmosfer ini disebut juga ENSO, sementara bagi orang awam fenomena tersebut hanya dikenal sebagai El Nino. La Nina adalah sebutan bagi fenomena mendinginnya perairan tropis samudra Pasifik dan merupakan fenomena dengan fasa yang berputar 180⁰ terhadap El Nino. Pada tahun 1978, disusun suatu daftar kejadian El Nino

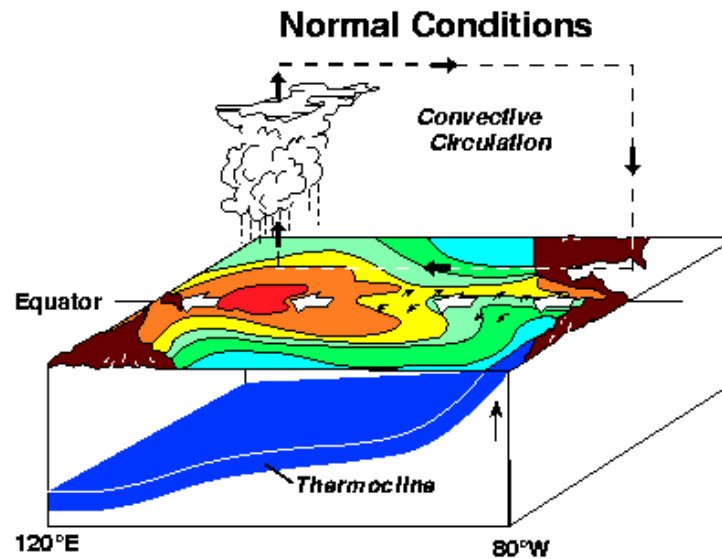
yang dapat diurut kembali hingga tahun 1726 yang disertai dengan skala intensitas 1 (satu) sampai dengan 4 (empat) untuk kategori kuat, sedang, lemah dan sangat lemah.

Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR) mendefinisikan El Nino sebagai: anomali positif suhu muka laut yang muncul di sepanjang pantai Ecuador dan Peru jauh ke selatan hingga mencapai Lima (12^0 LS). Rata-rata anomali suhu muka laut harus lebih besar dari standar deviasinya untuk sekurang-kurangnya selama 4 bulan berurutan dan tercatat paling sedikit pada 3 dari 5 stasiun amat pantai Peru.

Pada saat El Nino (Gambar 18), seluruh sistem menjadi lamban, angin pasat melemah dan air laut yang terkumpul di sebelah barat bergerak kembali ke arah timur dengan membawa serta kolom panas tersebut di atas. Pergeseran kolom panas ini menyebabkan distorsi lintasan *jet streams* yang menimbulkan gangguan cuaca di daerah lintang sedang, sehingga dapat dikatakan seluruh sistem cuaca muka bumi mengalami distorsi. Disamping itu *upwelling* di perairan Peru juga ikut melemah, hingga kontras suhu muka laut antara barat dan timur juga berkurang. Akibatnya angin pasat akan makin melemah dan seterusnya hingga akhirnya seluruh sistem menjadi ambruk.

Pada saat La Nina (Gambar 19), angin pasat bertiup lebih kuat dari biasanya, sehingga kolom panas terdorong jauh ke perairan Indonesia, memasuki laut Banda dan laut Arafuru. Hal ini menyebabkan pusat konveksi yang berada di pantai barat lautan Pasifik, terdorong masuk ke wilayah Indonesia yang mengakibatkan curah hujan lebih banyak dari biasanya.

Ada dua teori yang dikemukakan untuk menjelaskan pemicu fenomena El Nino. Pertama, pantulan gelombang Rossby oseanik (gelombang *planetary* frekuensi rendah, yang selalu bergerak ke arah barat) oleh pantai barat lautan Pasifik mengakibatkan berkurangnya ketebalan termoklin di bagian barat dan Pasifik tengah, pergerakan massa air ke arah timur akan mengurangi gradien temperatur antara barat dan timur sehingga angin pasat menjadi lemah. Kedua, aktivitas konveksi tropis (aktivitas *thunderstorm*) skala besar, dimana udara yang bergerak ke atas cenderung dalam bentuk '*bursts*'. Fenomena ini biasanya berlangsung lama (sekitar 1 bulanan) dan bergerak keluar dari samudra Hindia (dikenal sebagai Osilasi Madden-Julian). Oleh karena badai tropis bersifat geostropik (berrotasi searah dengan dan berlawanan dengan jarum jam, masing-masing untuk BBS dan BBU), maka angin yang ditimbulkan di sekitar ekuator selalu bertiup ke arah timur. Jika badai ini cukup kuat ataupun berlangsung cukup lama, maka angin baratan ini akan cukup kuat untuk memicu fenomena El Nino.



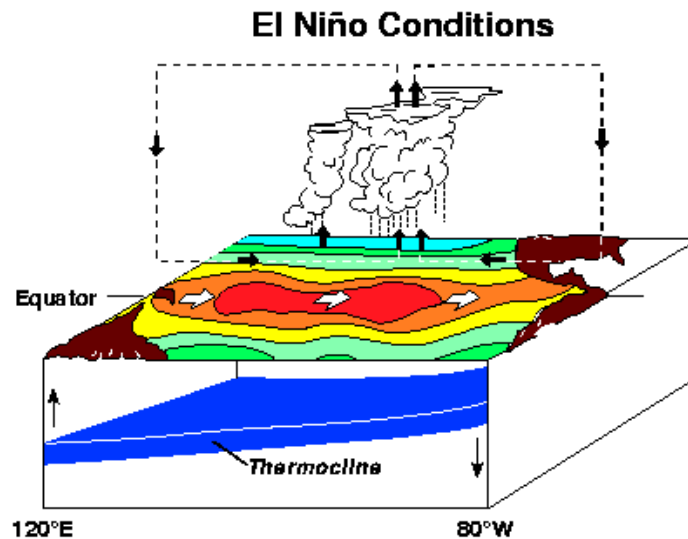
Gambar 17. Kondisi Normal, dimana angin pasat mendorong air hangat dipermukaan terkumpul di pantai barat lautan Pasifik membentuk kolam panas (Sumber: NOAA).

Indonesia sebagai negara kepulauan, menyebabkan pengaruh radiasi matahari yang diterima terhadap pola cuaca sangat bervariasi, bila dibandingkan dengan daerah tropis kontinen ataupun daerah subtropis. Tidak meratanya energi radiasi yang diterima menyebabkan adanya variasi pola tekanan dari satu pulau ke pulau yang lain dan di atas pulau itu sendiri. Keadaan ini menimbulkan medan tekanan yang sangat kompleks serta mempengaruhi sirkulasi atmosfer lokal seperti sistem angin darat-laut, angin gunung-lembah dan sistem sel konveksi ataupun angin koridor di daerah perkotaan yang memetakan cuaca lokal.

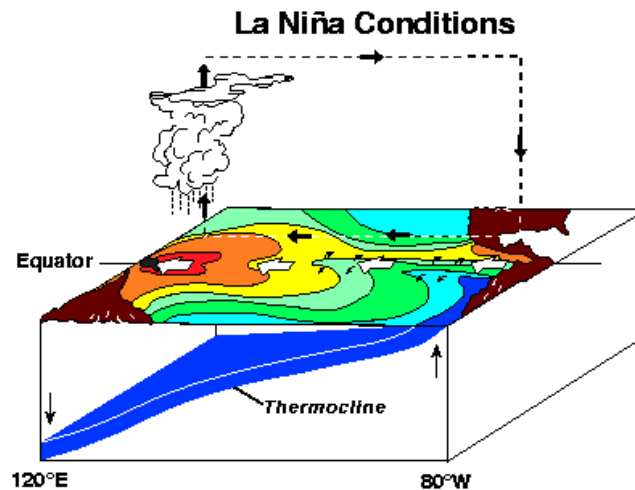
Selama El Nino dan La Nina berlangsung, terjadi gangguan terhadap pola curah hujan daerah tropis. Selain itu fenomena ini juga mempengaruhi bentuk sirkulasi atmosfer seperti *jet stream* subtropis dan musim dingin daerah lintang sedang.

Untuk Indonesia, ketika El Nino berlangsung, musim kemarau menjadi sangat kering serta *onset* musim hujan yang terlambat. Kekeringan terpusat di daerah sekitar 120 dan 134 derajat Bujur Barat di selatan ekuator. Pada saat La Nina kondisi berlawanan yang berkembang di Indonesia, dimana jika pada waktu El Nino data curah hujan menunjukkan keterlambatan memasuki musim penghujan, maka pada waktu La Nina, musim penghujan akan tiba lebih awal dari biasanya. Perlu pula diingat pengaruh El Nino - La Nina

terhadap cuaca dan musim untuk masing-masing daerah di Indonesia sangat bergantung pada karakter El Nino - La Nina seperti intensitas, waktu muncul, durasi dan faktor iklim lokal.



Gambar 18. Kondisi El Nino, dimana angin pasat melemah, sehingga kolom panas bergerak ke arah timur (Sumber: NOAA).



Gambar 19. Kondisi La Nina, kolom panas dan pusat konveksi terdorong memasuki wilayah Indonesia (Sumber: NOAA).

3. Banjir

Curah hujan yang tinggi berrisiko terjadinya banjir, selain itu beberapa kegiatan penduduk yang memperbesar risiko bahaya ini antara lain ekstensifikasi pertanian, kegiatan pemukiman dan penggundulan hutan yang mengakibatkan berkurangnya kemampuan permukaan tanah untuk menyerap dan menyimpan air.

Banjir akibat hujan merupakan banjir yang paling sering terjadi di Indonesia. Kerugian yang timbul diperparah dengan bahaya lain yang timbul akibat banjir seperti wabah penyakit. Sebagian besar masyarakat yang rentan terhadap banjir mencoba untuk hidup “berdampingan” dengan kerugian yang masih dapat ditolerir. Risiko dan kerusakan serta alternatif solusi banjir pada umumnya sudah banyak dipelajari. Akan tetapi permasalahan solusi penanganan banjir yang ada tidak dapat sepenuhnya mengatasi banjir karena berbagai permasalahan sosial yang ada di masyarakat. Selain itu fenomena-fenomena atmosferik skala besar seperti misalnya La Nina menyebabkan banjir tipe ini mempunyai variasi yang memerlukan kajian para ahli.

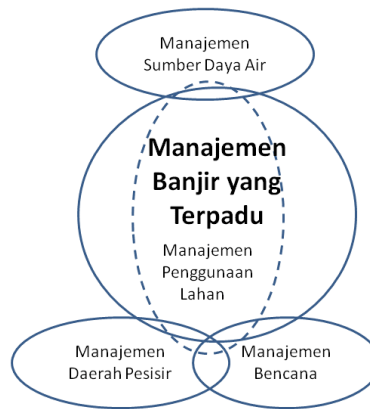
Untuk dapat mengalirkan limpasan permukaan, suatu daerah memerlukan sistem drainase yang memadai. Apabila sistem drainase lokal tidak berfungsi dengan baik atau menerima beban hujan yang melebihi kapasitas yang direncanakan, maka pada daerah ini akan terjadi genangan air yang dapat mengganggu aktivitas masyarakat. Apabila drainase lokal ini tidak berfungsi dengan baik, maka apabila terjadi limpasan dari sungai akan terjadi genangan dalam waktu yang lama.

Dinamika muka air laut dapat terjadi dalam bentuk perubahan pasang surut, tsunami, gelombang akibat badai. Perubahan pasang surut berlangsung secara periodik akibat gaya tarik benda-benda langit, dan dapat diprediksi dengan ketepatan yang memadai. Tsunami merupakan kejadian yang dipicu oleh perubahan dasar laut secara tiba-tiba, longsoran bawah air dan erupsi vulkanis.

Pengendalian banjir perlu dilakukan untuk mengurangi kerugian yang timbul akibat bencana banjir. Komponen-komponen pokok dalam pengendalian banjir tersebut adalah: manajemen sumberdaya air, manajemen tata ruang, manajemen ancaman bencana, dan manajemen kawasan pesisir. Ilustrasi keterkaitan antar komponen-komponen tersebut disajikan pada Gambar 20.

Agar penanggulangan banjir dapat dilakukan secara efektif dan efisien maka perlu dipilih metoda yang sesuai dengan jenis banjir yang terjadi. Secara umum terdapat dua pola pengendalian, yaitu: pola pengendalian banjir secara struktural dan pola pengendalian banjir non struktural (Gambar 21).

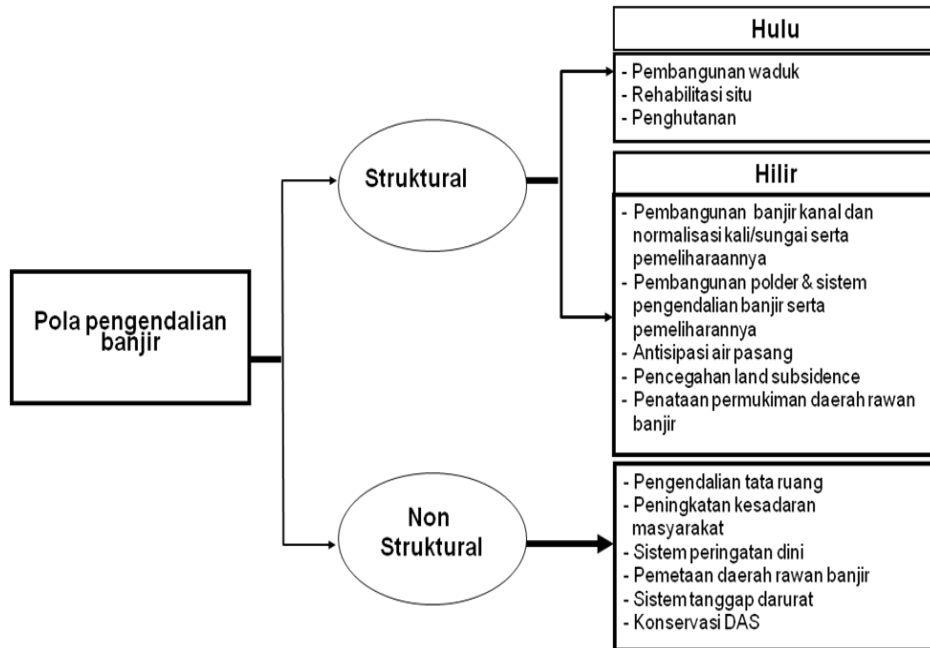
Pengendalian secara struktural dapat dibagi menjadi dua jenis: pengendalian daerah hulu dan pengendalian daerah hilir. Pengendalian banjir di daerah hulu dapat berupa reboisasi lahan, pembangunan infrastruktur bangunan pengendali aliran, revitalisasi badan-badan air yang berfungsi dalam konservasi air. Pengendalian secara struktural pada daerah hilir dapat berupa: kanalisasi, normalisasi sungai, pembangunan tanggul, pembangunan reservoir / *detention basin*, pembangunan tanggul laut dan lain lain. Pengendalian banjir secara non-struktural meliputi: pengendalian tata ruang, peningkatan kesadaran masyarakat, pembangunan sistem peringatan dini dan tanggap darurat, pemetaan daerah-daerah rawan banjir dan konservasi daerah aliran sungai.



Gambar 20. Diagram kaitan antar komponen dalam manajemen penanggulangan banjir secara terpadu.

4. Kekeringan

Kondisi kering disebabkan oleh kombinasi antara kurangnya jumlah curah hujan (sebagai masukan) dan evapotranspirasi (sebagai keluaran). Tanah merupakan salah satu faktor yang menentukan kemungkinan terjadinya kekeringan. Pada keadaan tidak ada vegetasi dan jika tanah menerima pengaruh radiasi matahari dan angin maka evaporasi akan terjadi secara langsung lewat permukaannya. Apabila keadaan ini tidak terkendali maka dapat menyebabkan kehilangan air yang cukup besar dari daerah pertanian baik yang menerima irigasi maupun yang tidak teririgasi. Tanda kekeringan dimulai dengan berhentinya atau berkurangnya jumlah curah hujan dan ketersediaan air tanah.

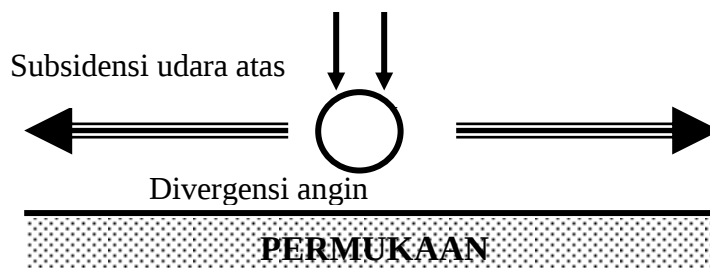


Gambar 21. Pola pengendalian banjir.

Penyebab kekeringan adalah gerak udara turun (subsistensi) akibat sel tekanan tinggi (Gambar 22). Subsistensi menghalangi pembentukan awan sehingga kelembapan rendah dan terjadi defisiensi (kekurangan) curah hujan. Daerah yang dipengaruhi oleh tekanan tinggi semi-permanen sepanjang tahun biasanya di daerah gurun, misalnya gurun Gobi di Asia, gurun Sahara dan Kalahari di Afrika. Benua Maritim Indonesia sebagian kondisi iklimnya dipengaruhi oleh variasi sel tekanan tinggi dan tekanan rendah yang bergantung pada musim atau migrasi tahunan matahari. Kemarau panjang terjadi jika ada anomali pola sirkulasi atmosfer skala luas yang berlangsung satu bulan atau satu musim atau lebih lama. Intensitas kekeringan meningkat jika dibarengi dengan peristiwa El Nino.

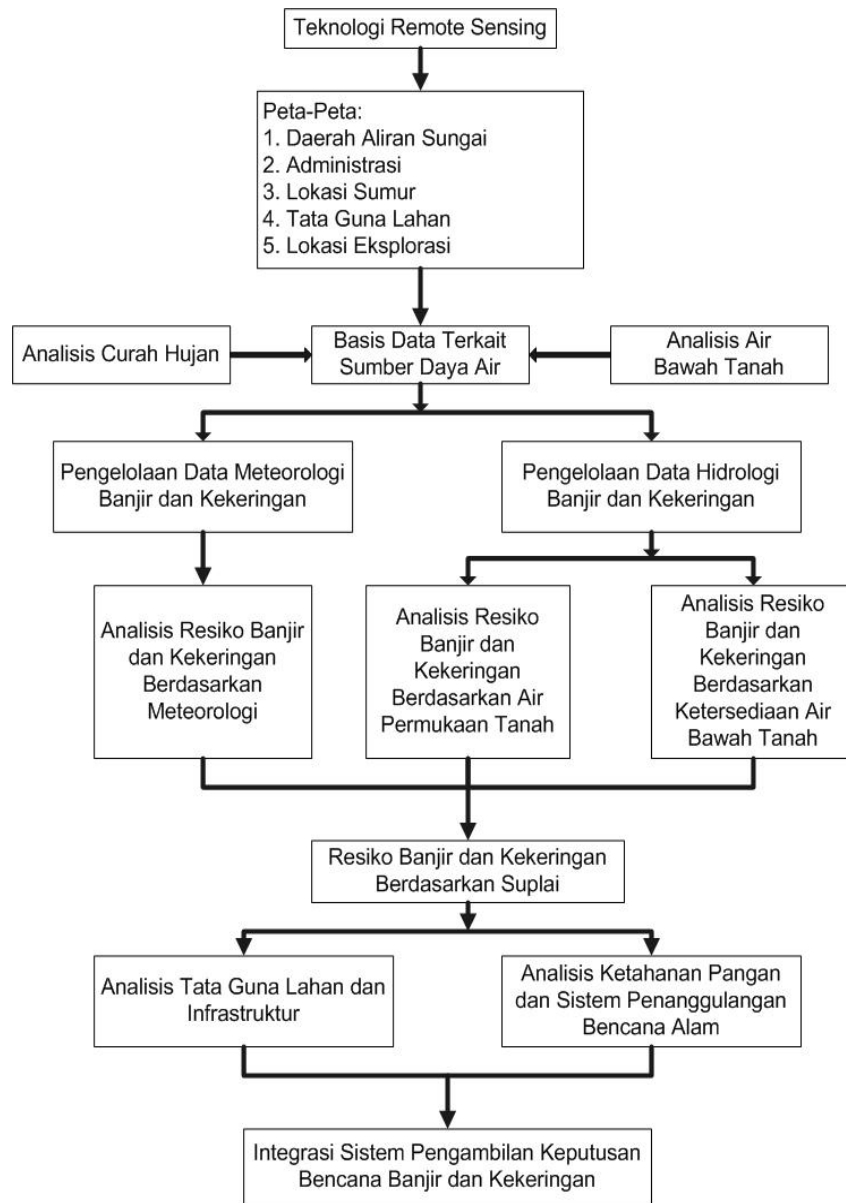
Fenomena kekeringan dan bencana banjir baik lokal ataupun akibat isu pemanasan global telah memicu gejolak politik, ekonomi dan sosial dalam kehidupan berbangsa dan bernegara. Tahun 1965 dan tahun 1997 yang menandai keruntuhan orde lama dan orde baru dalam pemerintahan negara Indonesia, salah satu faktornya adalah adanya bencana kekeringan dan banjir yang dapat dilihat secara faktual dari aspek: luasan wilayahnya, durasi kejadiannya, biaya dan waktu pemulihannya. Oleh karena itu diperlukan

proporsi penanggulangan dan tanggung jawab yang lebih serius dalam penanganannya. Untuk contoh kasus, total kerugian yang diakibatkan banjir di daerah Jakarta saja diperkirakan sudah mencapai kerugian aset sekitar Rp 5 triliun sampai Rp 6,7 triliun dimana Rp 2,7 triliun berasal dari kerusakan langsung harta masyarakat untuk wilayah kota Jakarta. Yang lebih memprihatinkan lagi, kedatangan banjir ini seolah-olah tidak terantisipasi secara baik.

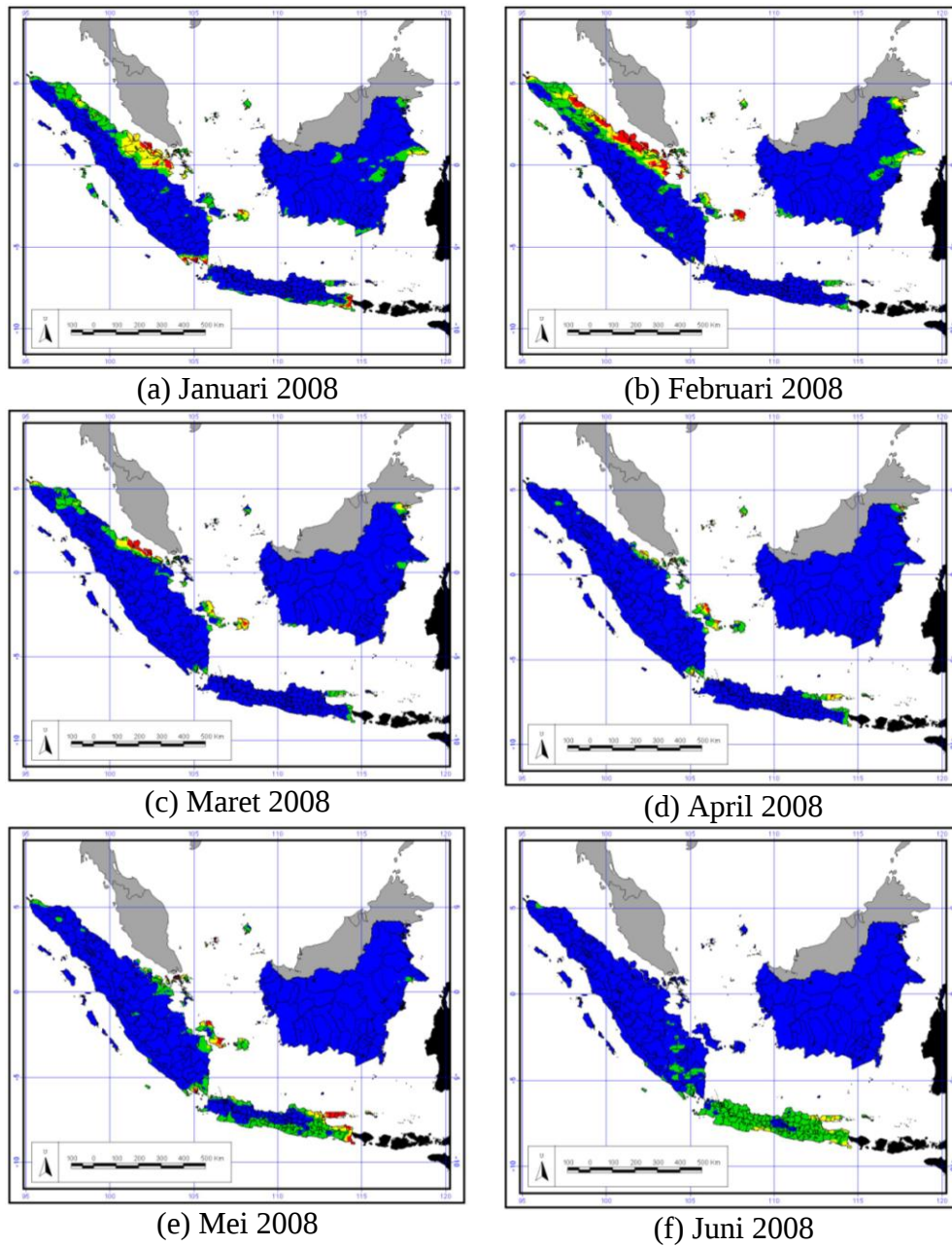


Gambar 22. Sketsa subsidensi udara atas yang kering dan divergensi massa udara permukaan yang disebabkan oleh sel tekanan tinggi H.

Untuk itu diperlukan sistem penanganan yang bersifat komprehensif dan terintegrasi dalam menangani bencana alam banjir dan kekeringan. Apalagi mengingat Indonesia termasuk daerah yang menjadi siklus rutin dampak El Nino dan La Nina. Oleh karenanya bencana banjir dan kekeringan dapat dipastikan terjadi sewaktu-waktu di berbagai wilayah di Indonesia. Sistem penanganan yang bersifat komprehensif dan integrasi tersebut dapat dibangun melalui sistem pendukung keputusan berbasis *Remote Sensing* (RS) dan *Geographic Information System* (GIS). Gambaran integrasi RS dan GIS dalam suatu sistem pendukung keputusan dapat dilihat pada Gambar 23. Indonesia melalui lembaga LAPAN sudah melaksanakan sistem mitigasi bencana alam menggunakan teknologi RS antara lain melalui satelit lingkungan dan cuaca seperti MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) dan TRMM (*Tropical Rainfall Measurement Mission*) (BANG FAT JA-LAPAN, 2008). Satelit-satelit tersebut memiliki kemampuan untuk merekam kawasan yang luas dengan periode ulang yang cepat sehingga pengguna dapat mengetahui informasi perubahan yang terjadi di permukaan bumi dan atmosfer secara *near realtime*, antara lain untuk pemantauan banjir dan kekeringan (Gambar 24). Pada Gambar 24, tingkat potensi kekeringan dibagi dalam 4 tingkat (4 level warna, merah: ekstrem, kuning: tinggi, hijau: sedang, biru: rendah (basah)).



Gambar 23. Integrasi RS dan GIS dalam sistem pendukung keputusan dalam penanganan dan penanggulangan bencana banjir dan kekeringan.



Gambar 24. Potensi kekeringan bulan Januari – Juni 2008 (Sumber: website Kedeputan Penginderaan Jarak Jauh-LAPAN).

UPAYA-UPAYA UNTUK MENGURANGI RISIKO BENCANA

1. Pendahuluan

Krishna S. Pribadi dan I Wayan Sengara

Istilah pengurangan risiko bencana secara umum dipahami sebagai upaya pengembangan dan penerapan secara luas kebijakan, strategi dan praktek-praktek untuk mengurangi kerentanan dan risiko bencana di masyarakat. Pengurangan risiko bencana (PRB) adalah suatu pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi, mengkaji dan mengurangi risiko bencana yang bertujuan untuk mengurangi kerentanan sosial ekonomi terhadap bencana dan juga menangani semua aspek lingkungan dan bahaya alam yang dapat menimbulkan. Istilah PRB mulai diperkenalkan pada awal abad ke 21 melalui program ISDR (*International Strategy for Disaster Reduction*) yang diluncurkan oleh PBB pada tahun 2000, yang kemudian pada kesempatan Konferensi Sedunia Pengurangan Bencana (*World Conference on Disaster Reduction*) yang diselenggarakan di Kobe, Jepang pada bulan Januari 2005 dan kebetulan waktunya bertepatan dengan pasca terjadinya gempa dan tsunami besar di Samudra Hindia pada tanggal 26 Desember 2004, diperkuat dengan kesepakatan dunia dalam bentuk Kerangka Aksi 2005-2015 Membangun Ketahanan Bangsa-bangsa dan Masyarakat Terhadap Bencana, atau dikenal sebagai HFA (*Hyogo Framework of Action*) 2005-2015.

Konsep PRB sangat terkait dengan pemahaman konsep risiko bencana, yang dipahami sebagai besarnya kerugian yang mungkin terjadi (kehilangan nyawa, cedera, kerusakan harta dan gangguan terhadap kegiatan sosial-ekonomi) yang disebabkan oleh suatu fenomena tertentu dalam suatu kejadian. Risiko bencana ini merupakan fungsi dari berbagai karakteristik dan frekuensi kejadian bahaya (*hazards*) yang terjadi di suatu wilayah tertentu, kondisi alam elemen-elemen yang berisiko dan tingkat kerentanan (*vulnerability*) dan atau ketahanan dari elemen-elemen tersebut.

Dalam konsep tersebut, istilah kerentanan dapat diartikan sebagai: “Kondisi-kondisi yang ditentukan oleh faktor-faktor atau proses-proses fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan, yang bisa meningkatkan rawannya sebuah komunitas terhadap dampak bahaya”, sedangkan bahaya (*hazard*) diartikan

sebagai: “Suatu peristiwa, fenomena atau aktivitas manusia secara fisik yang mempunyai potensi merusak yang bisa mengakibatkan hilangnya nyawa atau cedera, kerusakan harta benda, gangguan sosial dan ekonomi atau kerusakan lingkungan. Bahaya dapat mencakup kondisi laten yang bisa mewakili ancaman di masa depan dan dapat mempunyai berbagai sebab: alam (geologis, hidrometeorologis dan biologis) atau disebabkan oleh proses-proses manusia (kerusakan lingkungan dan bahaya teknologi)”.

Istilah ketahanan (*resilience*) dapat diartikan sebagai “Kapasitas sebuah sistem, komunitas atau masyarakat yang berpotensi terpapar pada bahaya untuk beradaptasi atau berubah untuk mencapai atau mempertahankan suatu tingkat fungsi dan struktur yang dapat diterima. Ini ditentukan oleh sejauh mana sistem sosial tersebut mampu untuk mengorganisir diri sendiri untuk meningkatkan kapasitas untuk belajar dari bencana yang lalu demi perlindungan yang lebih baik di masa depan dan untuk meningkatkan tindakan-tindakan peredaman risiko.” (UN/ISDR. Geneva 2004).

Upaya-upaya pengurangan risiko bencana dilakukan melalui penurunan kerentanan dan risiko bencana di masyarakat, baik berupa upaya-upaya pencegahan (*prevention*), pengurangan dampak (*mitigation*) dan peningkatan kesiapsiagaan (*preparedness*) untuk dapat melakukan tanggap darurat bencana dengan cepat dan efektif.

Upaya-upaya pengurangan risiko bencana merupakan bagian dari proses manajemen risiko bencana yang didasarkan kepada konsep manajemen risiko, yaitu suatu proses formal tempat faktor risiko diidentifikasi (*Identification*), dianalisis (*Analysis*), dan ditangani (*Response*) secara sistematis agar kerugian (*loss and damage*) dapat dicegah atau diperkecil melalui usaha-usaha penanganan risiko, melalui proses-proses:

- menghindari (*avoiding*) sumber-sumber bahaya (misal tidak membangun di daerah dataran banjir atau di daerah dengan tingkat kerawanan fisik yang tinggi terhadap gempa),
- merubah / memodifikasi (*altering*) ancaman / *hazard* (misal upaya menurunkan hujan secara artifisial untuk mengatasi kekeringan),
- memindahkan (*averting*) arah ancaman dari masyarakat yang rawan (misal membuat tanggul sungai, *sabo dam* untuk menahan dan mengarahkan aliran lahar dan sebagainya),
- beradaptasi (*adapting*) terhadap ancaman bahaya (membuat peraturan bangunan untuk bangunan tahan gempa, angin kencang dan sebagainya),
- mentransfer risiko kepada pihak lain (misal melalui asuransi bencana).

Kajian Risiko Bencana

Upaya pengurangan risiko bencana harus didahului oleh proses untuk memahami risiko yang dihadapi melalui suatu proses kajian risiko bencana untuk mengidentifikasi tingkat risiko dari berbagai elemen yang menghadapi risiko (*element at risk*). Identifikasi tingkat risiko bencana untuk setiap elemen akan memberikan acuan dalam penyusunan langkah-langkah mitigasi atau PRB yang diperlukan. Suatu kajian risiko bencana haruslah meliputi tiga faktor penting yang saling terkait, yaitu :

1. Kajian/identifikasi bahaya (*hazard assessment*)
2. Kajian/identifikasi kerentanan (*vulnerability assessment*). Kapasitas merupakan bagian dari kerentanan, dimana tingkat kapasitas suatu daerah dalam menghadapi bencana akan mengurangi tingkat kerentanan yang ada.
3. Kajian/identifikasi potensi Risiko (*Risk Assessment*)

Hasil yang diharapkan dari suatu kajian risiko bencana meliputi (a) gambaran besarnya bahaya (alam) yang dapat terjadi pada suatu kota/kawasan, (b) identifikasi bahaya-bahaya ikutan akibat bahaya alam tersebut, (c) tingkat kerentanan berbagai elemen berisiko (d) gambaran mengenai tingkat risiko dari masing-masing elemen yang dikaji. Tingkat risiko ini antara lain perkiraan jumlah korban jiwa penduduk, tingkat kerusakan bangunan-bangunan, infrastruktur dan *lifelines*, kerugian sosial dan ekonomi, hilangnya mata pencarian dan sebagainya. Hasil akhir yang diharapkan adalah rekomendasi mengenai rencana tindak lanjut berdasarkan hasil kajian sebagai masukan dalam penyusunan rencana manajemen risiko bencana.

Upaya-upaya Mitigasi Bencana

Terdapat berbagai upaya mitigasi sebagai bagian dari pengurangan risiko bencana dalam bentuk kegiatan mitigasi yang sifatnya struktural maupun non-struktural. Mitigasi struktural adalah semua bentuk struktur fisik yang ditujukan untuk mengurangi atau mencegah dampak dari suatu peristiwa bahaya (*hazard*), termasuk di dalamnya tindakan rekayasa dan pembangunan bangunan-bangunan dan prasarana tanggap bencana dan bersifat melindungi penggunaannya. Sebaliknya, mitigasi non-struktural adalah tindakan-tindakan yang terkait pembuatan kebijakan, membangun kesadaran dan pengetahuan, komitmen publik, berbagai praktek dan metoda, termasuk mekanisme partisipatif dan penyediaan informasi untuk mengurangi risiko dan dampak terkait.

Contoh-contoh Penerapan Upaya Pengurangan Risiko Bencana

Dalam bahasan selanjutnya, akan dipaparkan berbagai upaya pengurangan risiko bencana, mulai dari proses kajian risiko bencana dan upaya penyempurnaan peta kegempaan Indonesia, penerapan metoda desain berbasis kinerja untuk struktur bangunan tahan gempa, serta berbagai upaya untuk meningkatkan keselamatan pengguna bangunan terhadap bahaya gempa melalui contoh upaya meningkatkan keselamatan bangunan sekolah terhadap gempa di Indonesia, yang akan dibahas pada Bagian 2. Dalam proses pembangunan wilayah, proses penataan ruang merupakan proses yang sangat penting sebagai acuan awal bagi pemanfaatan ruang secara optimal, sekaligus digunakan sebagai alat untuk mengurangi risiko bencana melalui perencanaan dan pengendalian pemanfaatan ruang yang mempertimbangkan upaya-upaya mitigasi bencana, yang dibahas dalam Bagian 3. Dalam Bagian 4, akan dibahas upaya pengurangan risiko bencana dalam pembangunan infrastruktur, dengan contoh kajian pada infrastruktur transportasi kota Jakarta. Bagian 5 membahas pendekatan pengurangan risiko bencana pada perencanaan pembangunan pariwisata. Pembahasan secara spesifik mengenai peningkatan peran pihak swasta dalam upaya pengurangan risiko, melalui mekanisme transfer risiko bencana kepada pihak penanggung risiko akan dibahas pada Bagian 6. Berbagai upaya meningkatkan kapasitas dan kesiapsiagaan masyarakat sebagai bagian dari upaya pengurangan risiko bencana dibahas pada Bagian 7, sedangkan Bagian 8 membahas mengenai contoh peranan ITB sebagai suatu institusi akademik dalam merespons suatu kejadian bencana, sekaligus memberikan kontribusinya dalam upaya pengurangan risiko bencana di masa datang, dalam kasus bencana gempa bumi di Yogyakarta, Mei 2006.

2. Upaya Pengurangan Risiko Gempa Bumi

Bagian ini membahas beberapa upaya maju yang telah dilakukan di Indonesia dalam rangka mengurangi risiko bahaya gempa, melalui penyempurnaan peta kegempaan Indonesia sebagai dasar bagi penetapan berbagai keputusan pembangunan yang harus mempertimbangkan bahaya gempa, kemudian upaya pengembangan rencana tindak pengurangan risiko gempa di daerah perkotaan, berdasarkan atas suatu hasil kajian risiko dengan pendekatan analisis skenario, penerapan pendekatan berbasis kinerja untuk disain bangunan gedung tahan gempa, serta upaya-upaya peningkatan keselamatan bangunan gedung, dalam hal ini sekolah, melalui upaya-upaya perkuatan bangunan agar memenuhi kriteria bangunan yang aman terhadap gempa dan dapat melindungi penggunanya.

2.1. Penyempurnaan Peta Gempa Indonesia

Masyhur Irsyam, M. Asrurifak, Bambang Budiono, Wahyu Triyoso

Upaya-upaya pengurangan risiko bencana dapat mencakup berbagai aspek terkait *hazard*, kerentanan dan kapasitas dari elemen-elemen yang berisiko. Upaya identifikasi dan kuantifikasi *hazard* juga dapat merupakan salah satu upaya pengurangan risiko bencana. Jika suatu *hazard* dapat diidentifikasi dan dikuantifikasi secara lebih baik maka kita nantinya dapat mengupayakan pengurangan kerentanan pada elemen-elemen terkait. Penyempurnaan peta gempa Indonesia secara berkelanjutan merupakan salah satu upaya mitigasi dalam rangka mengurangi jumlah korban akibat gempabumi dan memberikan perlindungan yang maksimal pada bangunan dan infrastruktur baru yang akan dibangun. Penyempurnaan peta gempa Indonesia nantinya akan menjadi standard nasional Indonesia yang harus dipenuhi dalam pembangunan.

Penyempurnaan peta gempa Indonesia sebagai bagian dari pengembangan peta *hazard* nasional (*national hazard maps*) dengan data terkini dan metodologi dari perkembangan terkini dalam bahaya gempa sangat diperlukan untuk mengamankan pembangunan. Pengembangan peta gempa nasional memerlukan suatu koordinasi yang baik antara berbagai instansi terkait. Peta *hazard* gempa nasional yang diterbitkan harus diupayakan agar tidak menimbulkan kebingungan dalam masyarakat karena beberapa instansi pemerintah mengembangkan peta *hazard* gempa secara sendiri-sendiri tanpa suatu koordinasi yang baik antar instansi. Beberapa peta yang diterbitkan oleh instansi-instansi tertentu hendaknya dapat diunifikasikan.

Salah satu upaya unifikasi peta gempa Indonesia yang pernah dilakukan adalah dalam bentuk *round table discussion* sebagai bagian dalam *International Conference on Earthquake Engineering and Disaster Mitigation 2008 (ICEEDM08)*, yang merupakan inisiatif ITB dan Asosiasi Ahli Rekayasa Kegempaan Indonesia (AARGI). Dalam diskusi ini diundang berbagai ahli-ahli rekayasa gempa dan perwakilan dari instansi terkait untuk membahas upaya-upaya perbaikan dan unifikasi peta gempa Indonesia. Penerbitan peta gempa Indonesia ini haruslah merupakan komitmen nasional, oleh karena itu instansi-instansi terkait termasuk instansi pengguna seperti BNPB, Departemen PU, Departemen ESDM, dan instansi terkait lainnya perlu memberikan dukungan yang konkrit. Diharapkan di masa mendatang dapat diterbitkan peta gempa Indonesia yang dapat diberlakukan secara nasional dari hasil suatu konsensus nasional. Instansi-instansi dan

masyarakat pengguna nantinya akan mengacu pada peta gempa Indonesia yang baku yang menjadi standar nasional Indonesia.

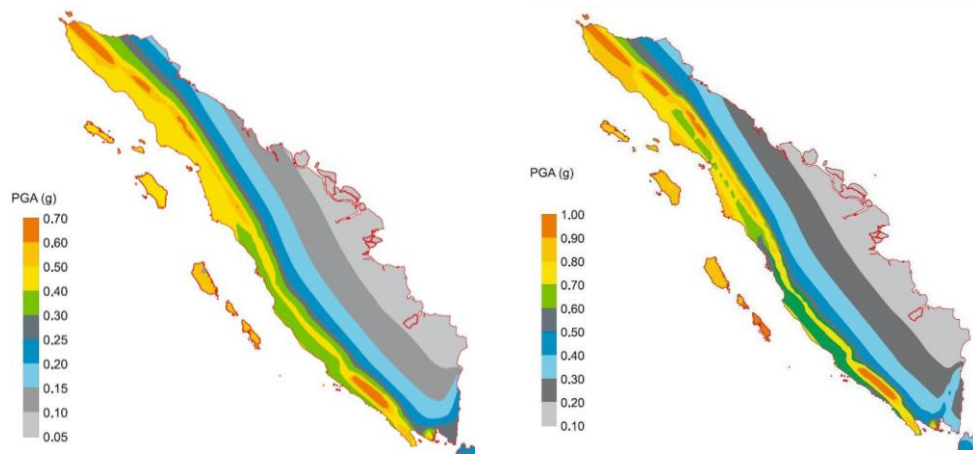
Institut Teknologi Bandung telah memprakarsai berbagai upaya ke arah standarisasi nasional peta gempa Indonesia ini dengan mengerahkan berbagai keahlian dalam bidang terkait, dengan berupaya mengadopsi perkembangan terkini dalam ilmu dan teknologi *seismic hazard* di dunia. Beberapa penelitian terkini dalam upaya ini di ITB di antaranya adalah yang dilakukan oleh Irsyam et al. (2008) dan Sengara et al. (2008). Untuk langkah ke depan dalam kaitan ini, suatu kerjasama antara ITB dan perguruan tinggi lainnya dengan instansi-instansi terkait perlu digalakkan. Penelitian mengenai rekayasa dan zonasi kegempaan perlu digalakkan dan Pemerintah perlu memberikan perhatian yang serius terhadap masalah kegempaan di Indonesia. Pengurangan korban jiwa akibat gempabumi serta pengamanan bangunan dan infrastruktur di Indonesia tidak dapat direalisasikan dengan efektif tanpa didukung dengan penelitian yang memadai.

Penyempurnaan peta gempa Indonesia dilakukan dengan suatu studi yang dimaksudkan untuk memperoleh peta *hazard spectra* dengan metode probabilitas (*Probabilistic Seismic Hazard Analysis/PSHA*). PSHA dengan metodologi yang baru perlu menerapkan model sumber gempa 3-D. Salah satu upaya yang dilakukan oleh ITB adalah menerapkan metodologi baru dalam PSHA ini. Metodologi ini adalah sebagai tindak lanjut dari pertemuan kaji ulang SNI 03-1726-2002 pada tanggal 27 Oktober 2008 di Jakarta yang dikoordinir oleh Departemen Pekerjaan Umum yang telah menyepakati untuk segera merevisi SNI 03-1726-2002. Data-data parameter sumber gempa yang digunakan adalah dari informasi terkini yang bisa didapat. Model sumber gempa yang digunakan adalah seperti yang diusulkan oleh USGS yang digunakan untuk pembuatan peta *seismic hazard*, yaitu: sumber gempa *background*, sumber gempa *fault* dan sumber gempa subduksi.

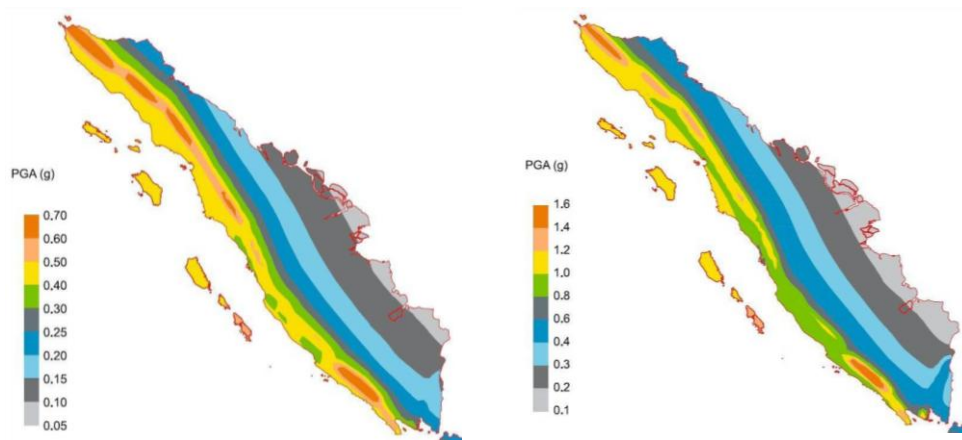
Hasil analisa dari studi ini menunjukkan bahwa nilai percepatan puncak di batuan dasar untuk periode ulang 500 tahun cenderung lebih besar dari nilai yang ada di SNI 03-1726-2002 akibat diperhitungkannya pengaruh sumber gempa 3-D dan hal-hal teknis terkait lainnya yang tidak diperhitungkan dalam kajian sebelumnya. Kajian ini menggambarkan proses penyusunan peta bahaya gempa pada tingkat regional (pulau Sumatera) yang selanjutnya dapat digunakan sebagai rujukan atau acuan bagi proses kajian bahaya gempa pada daerah-daerah secara lebih rinci, untuk keperluan penentuan besaran ancaman bahaya gempa bagi perencanaan struktur bangunan-bangunan gedung dan infrastruktur di berbagai daerah.

Peta *hazard spectra* yang dihasilkan berdasar analisa probabilitas hazard gempa tidak hanya pada kondisi percepatan puncak (peak ground

acceleration/PGA) saja, tetapi juga pada spectra periode pendek (0.2 detik) dan periode panjang (1.0 detik) di batuan dasar, sebagai contoh hasil output (Gambar 25 dan Gambar 26) adalah untuk Sumatera berdasarkan publikasi dalam *Journal of Earth System Science* (Irsyam dkk., 2008). Dua tingkat bahaya dipertimbangkan dalam studi yang dikerjakan oleh Irsyam dkk., 2008, adalah mewakili 10% dan 2% kemungkinan kejadian (*probability of exceedance*) pada periode 50 tahun umur bangunan atau setara dengan kira-kira 500 tahun dan 2500 tahun periode ulang gempa.



Gambar 25. Peta percepatan puncak (PGA) di batuan dasar pada periode ulang 500 dan 2500 tahun (Irsyam dkk., 2008).



Gambar 26. Peta hazard spectra $T = 0.2$ dan 1.0 detik pada periode ulang 500 tahun (Irsyam dkk., 2008).

2.2. Kajian Risiko dan Penyusunan Rencana Tindak Kota Bandung Terhadap Bahaya Gempa

I Wayan Sengara dan Krishna S. Pribadi

Perkembangan dalam kajian risiko bencana telah mengalami kemajuan yang pesat dalam beberapa tahun terakhir ini, seiring dengan banyaknya kejadian bencana gempabumi di dunia. Para ahli rekayasa gempa dan analisis risiko bencana telah mengembangkan metodologi analisis risiko dengan menggabungkan teknik-teknik baru dalam analisis bahaya dan kerentanan berbagai elemen yang didasarkan pada hasil-hasil penelitian. Dari analisis risiko ini dapat dihasilkan suatu peta-peta risiko bencana yang lebih representatif menggambarkan suatu skenario bencana gempa sehingga dapat disusun suatu *Disaster Risk Reduction Management Plan* (DRRMP) yang memadai dalam upaya PRB gempabumi. Metodologi sejenis ini dapat diterapkan untuk jenis-jenis bencana lainnya seperti tsunami, banjir, dan sebagainya.

Daerah-daerah khususnya perkotaan di Indonesia sebagai negara maritim yang sangat berpotensi terhadap berbagai jenis bahaya alam, sudah waktunya untuk mempersiapkan diri menghadapi bencana di masa depan. Langkah-langkah PRB akan efektif dapat dilakukan melalui suatu kajian risiko bencana dan setiap daerah perlu memiliki DRRMP. Terlebih kota-kota besar di Indonesia dengan kepadatan penduduk dalam tatanan tata ruang serta bangunan dan infrastruktur yang sedikit banyak memiliki tingkat kerentanan tertentu akan memiliki suatu tingkat risiko tertentu terhadap bencana. Dapat dibayangkan kalau kota-kota besar di Indonesia mengalami suatu bencana tanpa suatu DRRMP dan kesiapan yang memadai, maka tingkat risiko korban jiwa dan kerugian materiil serta terganggunya kegiatan ekonomi akan tinggi yang berpotensi menyebabkan kondisi kritis ekonomi.

Oleh karena itu, DRRMP perlu disiapkan, langkah-langkah mitigasi terhadap elemen-elemen yang berisiko harus disiapkan, rencana umum tata ruang perlu disesuaikan, pembangunan baru perlu dikontrol secara lebih ketat dengan berbagai ketentuan teknis dan standar-standar nasional yang memadai dan terus diperbaharui dari hasil-hasil suatu penelitian. Dalam hal ini ITB dengan keahlian yang dimiliki dari berbagai bidang ilmu dan teknologi kebencanaan ingin memberikan kontribusi kepada instansi-instansi terkait dan masyarakat dalam upaya pengurangan risiko bencana.

ITB melalui Lembaga Penelitian dan kelompok-kelompok studi terkait khususnya Kelompok Studi Masalah Gempa (KSMG) pada tahun 1998 (sekarang menjadi Pusat Mitigasi Bencana atau PMB) memiliki pengalaman dalam melaksanakan kajian risiko bencana untuk kasus bencana gempabumi di kota Bandung. Studi ini menggunakan pendekatan yang disebut *Risk Assessment Tools for Diagnosis of Urban Areas Against Seismic Disaster (RADIUS)*. Kegiatan ini memperoleh dukungan berupa *grant* dari *International Decade for Natural Disaster Reduction (IDNDR)* serta melibatkan berbagai instansi seperti Puslitbang Geologi, Puslitbang Pemukiman dan Pemda Kota Bandung.

RADIUS Bandung bertujuan menghasilkan suatu gambaran skenario kejadian gempa dan tingkat risiko yang dapat timbul akibat gempa dan menyusun suatu rencana penanggulangan bencana serta rencana tindak (*action plans*) untuk mengurangi dampak negatif akibat suatu kejadian gempabumi di Kota Bandung berdasar skenario tersebut.

Kajian bahaya gempa Kota Bandung secara probabilistik memperhitungkan pengaruh kondisi geoteknik lokal (dengan data geoteknik yang terbatas) secara spasial memberikan input berupa peta mikrozonasi seismik yang menyajikan distribusi secara spasial besarnya percepatan puncak getaran tanah (*peak ground acceleration, PGA*) di permukaan tanah. Peta mikrozonasi seismik ini dikembangkan dengan level probabilitas kejadian gempa 200 tahunan (10% kemungkinan terlewati dalam 25 tahun), yang dihasilkan dari hasil suatu analisis bahaya gempa secara probabilistik.

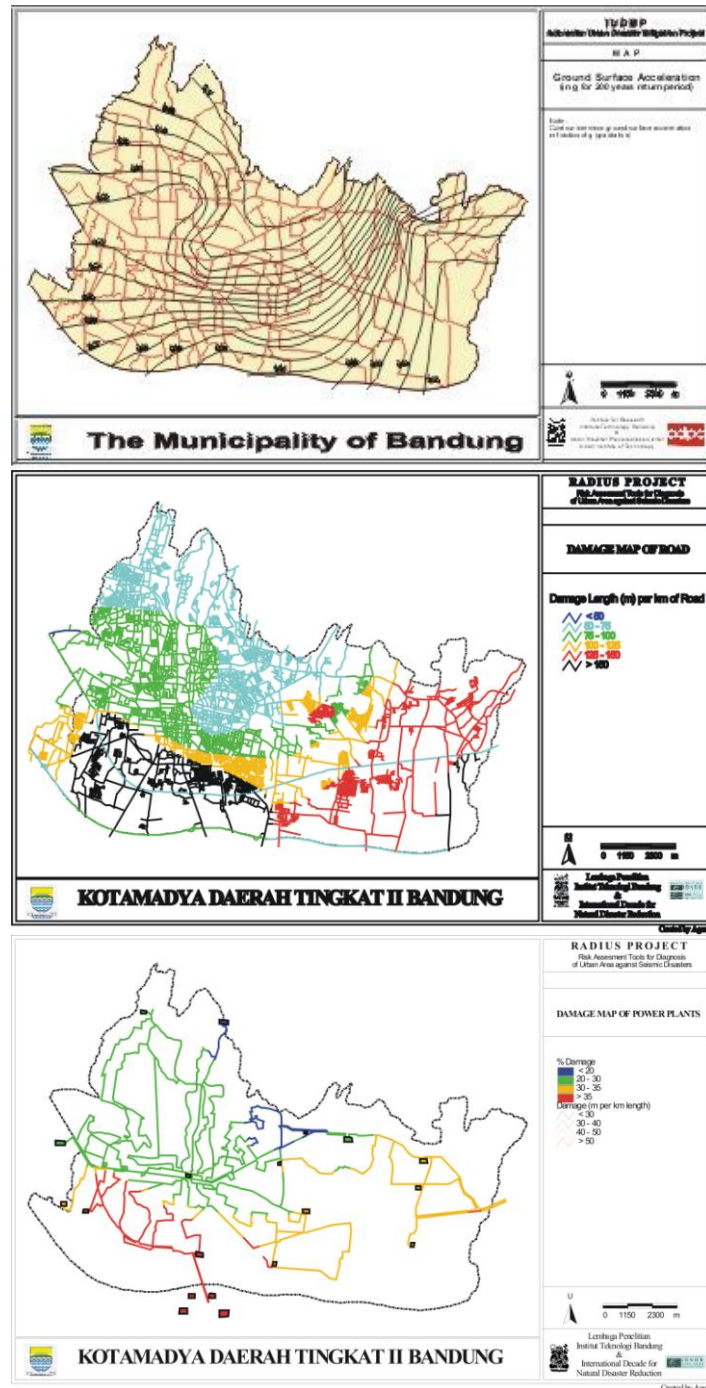
Peta mikrozonasi seismik ini ditunjukkan pada Gambar 27 (Sengara and Aswandi, dalam RADIUS Project Report, 1999). Dalam peta mikrozonasi seismik ini dapat diidentifikasi variasi besarnya PGA secara spasial. Terlihat bahwa besarnya PGA di daerah Selatan (Cekungan Bandung) relatif lebih besar dibandingkan di Utara. Suatu skenario gempa untuk kajian risiko ini dibuat, yaitu dengan skenario kejadian gempa 200 tahunan dan terjadi pada 2 Maret 1999 siang jam 14.30 WIB. Hasil analisis risiko memberikan gambaran bahwa goncangan gempa yang digambarkan mencapai skala MMI 8 sampai 9 tersebut dapat mengakibatkan korban jiwa dan berbagai kerusakan yang cukup parah pada infrastruktur dan bangunan di Kota Bandung.

Kajian risiko gempa yang telah dilakukan tersebut, digunakan sebagai masukan untuk memformulasikan dan mengimplementasikan rencana tindak dan strategi mitigasi bencana kota Bandung. Rencana tindak dibuat untuk membantu Pemerintah Daerah dan masyarakat kota Bandung dalam memitigasi bencana gempa yang dapat terjadi setiap saat, dengan mengidentifikasi, menganalisa, memfokuskan dan mengintegrasikan kegiatan

manajemen risiko untuk menghasilkan strategi kota dalam menghadapi bencana di masa mendatang. Rencana tindak yang dihasilkan terdiri dari 12 langkah strategis jangka panjang yang diusulkan untuk Kota Bandung, meliputi :

1. Memperkuat institusi penanggulangan bencana.
2. Memperbaiki kemampuan tanggap darurat kota.
3. Meningkatkan kepedulian dan kesiapan masyarakat pada masalah yang terkait dengan risiko kegempaan.
4. Meningkatkan keamanan terhadap gempa pada sistem infrastruktur dan utilitas.
5. Meningkatkan keamanan terhadap gempa pada bangunan strategis dan penting.
6. Meningkatkan keamanan terhadap gempa pada daerah perumahan dan fasilitas umum.
7. Meningkatkan keamanan terhadap gempa pada bangunan industri dan kawasan industri.
8. Meningkatkan keamanan terhadap gempa pada bangunan sekolah dan anak-anak sekolah.
9. Memperhatikan keamanan terhadap gempa dan kaidah bangunan tahan gempa dalam proses pembuatan konstruksi baru.
10. Meningkatkan pengetahuan para ahli mengenai fenomena gempa, kerentanan terhadap gempa dan teknik-teknik mitigasi.
11. Memasukkan prosedur risiko bencana gempa kedalam perencanaan tata ruang/penggunaan jalan.
12. Meningkatkan kemampuan pemulihan masyarakat dalam jangka panjang setelah terjadi gempa besar.

Proses komprehensif dalam memahami masalah kebencanaan yang dihadapi suatu kota atau daerah seperti yang ditunjukkan pada contoh di atas dapat diterapkan di berbagai daerah lain di Indonesia. Tentu saja diperlukan penyesuaian-penyesuaian bergantung kepada kondisi dan kemampuan dari daerah tersebut.



Gambar 27. Peta mikrozonasi seismik yang menunjukkan distribusi PGA Kota Bandung, Peta kerusakan jalan dan Peta kerusakan jaringan listrik.

2.3. Penerapan Desain Berbasis Kinerja Struktur Tahan Gempa (Performance Based Seismic Design/PBSD)

Bambang Budiono

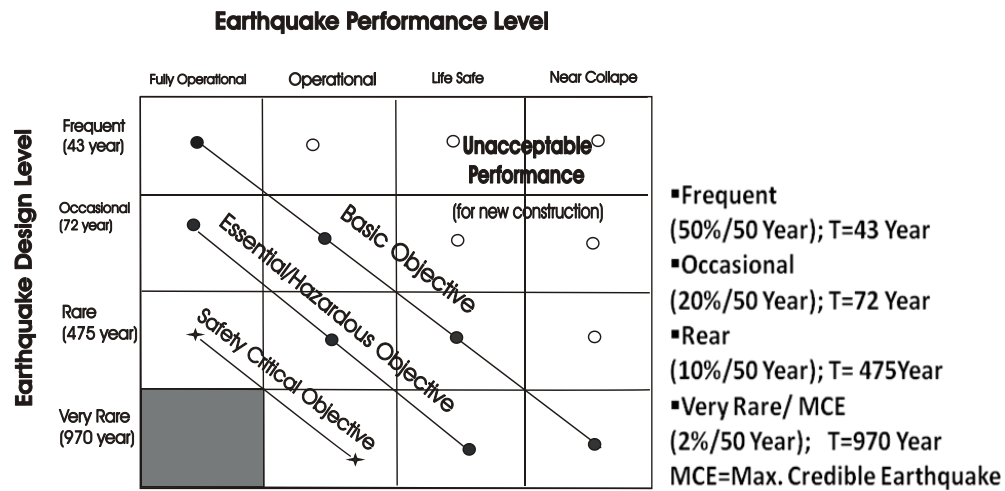
Strategi Desain Struktur Bangunan Tahan Gempa menurut *Uniform Building Code* 1997 dan Standar Indonesia SNI 03-1726-2002 terbagi dalam tiga katagori sebagai berikut:

1. BangunanTahan Beban Gempa Ringan
2. BangunanTahan Gempa Sedang
3. BangunanTahan Gempa Kuat

Pada umumnya desain Struktur Bangunan Tahan Gempa adalah desain yang mengatur hubungan antara respon gaya gempa horisontal yang bekerja pada struktur (faktor kekuatan), kekakuan struktur (*stiffness*) dan deformasi lateral struktur untuk ketiga katagori desain tersebut diatas. Sejak tahun 1996 *Applied Technology Council* 40 mengembangkan kriteria struktur tahan gempa baik untuk gedung baru maupun retrofitting gedung lama didasarkan atas konsep desain struktur berdasarkan kinerja terhadap beban gempa (*Performance Based Seismic Design-PBSD*).

PBSD mengikutkan pemilik, arsitek dan ahli struktur untuk dapat memilih level atau intensitas gempa yang dikehendaki termasuk risiko terjadinya gempa serta umur bangunan untuk mendesain level struktur tahan gempa. Informasi ini digunakan untuk menentukan juga jenis asuransi untuk memproteksi gedung tersebut. Penentuan kinerja yang dipilih harus sesuai dengan kepentingan struktur sebagai berikut (Gambar 28):

- a) Bangunan dalam katagori *Basic Objective* seperti gedung sekolah, perkantoran, jembatan yang boleh rusak berat tetapi tidak roboh bila dibebani oleh gempa kuat.
- b) Bangunan dengan katagori *Essential Objective* seperti rumah sakit, gedung pemadam kebakaran dan kantor polisi serta katagori *Hazardous Objective* seperti pabrik kimia, dimana gedung-gedung katagori ini boleh rusak ringan sampai moderat bila dibebani oleh gempa kuat.
- c) Bangunan dengan katagori *Safety Critical Objective* yang harus tetap operasional meskipun terjadi gempa kuat. Gedung-gedung yang termasuk katagori ini adalah reaktor nuklir atau gudang senjata dan amunisi.



Gambar 28. Desain Berbasis Kinerja Struktur Tahan Gempa Rekomendasi dari SEAOC[18].

PBSD adalah metodologi desain struktur tahan gempa untuk masa depan. PBSD menambahkan kriteria disamping struktur harus tahan gempa dengan berbagai jenis intensitas gempa yang ditinjau sehingga struktur dapat didesain secara *cost-effective* antara lain:

1. Mengurangi kerugian finansial akibat kerusakan struktural dan non struktural
2. Memungkinkan kita mendesain struktur pada performance level gempa kuat yang ditinjau, sehingga menjadi desain yang cost effective
3. Memungkinkan kita mengetahui respon struktur dan non struktur untuk berbagai jenis gempa yang ditinjau
4. Mengikutkan pihak lain yang berkepentingan terutama pemilik gedung dan arsitek sehingga mengetahui level keamanan gedung terhadap gempa yang ditinjau.

2.4. Upaya Meningkatkan Keselamatan Bangunan Sekolah Terhadap Gempa

Krishna S. Pribadi dan Dyah Kusumastuti

Dalam upaya peningkatan ketahanan sekolah terhadap bencana gempa, Pusat Mitigasi Bencana (PMB) ITB bekerja sama dengan *United Nations Centre for Regional Development* (UNCRD) telah mengembangkan metoda untuk mengurangi kerentanan bangunan sekolah yang sudah ada, sebagai bagian dari program *School Earthquake Safety Initiative* (SESI). Berdasarkan masukan dari Dinas Pendidikan setempat, dua sekolah, yaitu SD Cirateun Kulon II di Kotamadya Bandung, dan SD Padasuka II di Kabupaten Bandung, telah terpilih sebagai proyek percontohan untuk meningkatkan ketahanan sekolah terhadap gempa, meliputi upaya-upaya perbaikan dan perkuatan bangunan sekolah, serta kegiatan-kegiatan untuk meningkatkan kesiapan komunitas sekolah terhadap bencana gempa. Dengan mengingat peran sekolah di lingkungan masyarakat di Indonesia dan juga peran anak-anak sekolah di lingkungan keluarganya, melalui upaya ini diharapkan ketahanan masyarakat terhadap bahaya gempa di lingkungan sekolah percontohan tersebut juga akan turut meningkat.

Upaya ini dimulai dengan pendekatan kepada pemerintah daerah setempat, melalui Dinas Pendidikan di Kota Bandung dan di Kabupaten Bandung, untuk mendapat dukungan terhadap pelaksanaan program tersebut, melalui proses pengamatan dan pemilihan sekolah-sekolah yang akan dijadikan proyek percontohan, penyelidikan awal dan penyelidikan lanjutan untuk mendapatkan jenis dan mutu material bangunan serta sistem struktur yang digunakan, analisis kerentanan struktur yang ada, perencanaan dan pelaksanaan perkuatan fisik.

Desain perkuatan fisik menggunakan 2 strategi yang berbeda, karena kondisi *existing* bangunan yang berbeda. Strategi pertama menggunakan perkuatan fisik dengan memasang kolom, balok pengikat dinding dan balok pondasi (*sloof*) yang tadinya tidak memadai, dengan cara konvensional sehingga terpaksa dilakukan pembongkaran dinding di tempat yang akan di pasang elemen perkuatan tersebut. Strategi kedua menggunakan perkuatan fisik memanfaatkan jaring kawat (*wire mesh*) yang dilapis dengan mortar beton. Hal ini dilakukan pada bangunan yang memiliki kondisi *existing* yang relatif lebih baik. Perkuatan pondasi juga dilakukan karena kondisi pondasi yang ada tidak memenuhi syarat (Gambar 29).

Selain upaya perkuatan fisik bangunan pada kedua sekolah, dilakukan pula berbagai upaya diseminasi meliputi pelatihan terhadap tukang, pembuatan manual/*guideline* untuk pembangunan/konstruksi struktur tahan gempa bagi tukang, orangtua murid, dan guru, serta pelatihan “duck, cover and hold” bagi guru dan murid. Untuk meningkatkan pemahaman dan kesiapan anak sekolah terhadap bahaya gempa, kepada guru-guru sekolah diberikan pelatihan untuk mengembangkan program pendidikan bahaya gempa kepada murid sekolah melalui integrasi secara tematik kepada mata pelajaran yang sudah ada pada kurikulum sekolah, seperti Ilmu Pengetahuan Alam, Ilmu Pengetahuan Sosial, Olahraga dan Kesehatan, Pendidikan Agama dan sebagainya. Juga diadakan seminar penyuluhan bagi masyarakat di sekitar sekolah yang melibatkan para orang tua murid, komponen masyarakat setempat serta unsur-unsur pemerintahan desa.



Gambar 29. Tahapan-tahapan dalam pekerjaan fisik perkuatan bangunan.

3. Penataan Ruang sebagai Alat Mitigasi Bencana

Bagian ini membahas pemanfaatan penataan ruang sebagai upaya pengurangan risiko bencana, dari mulai konsep sampai upaya penerapannya, serta upaya membangun basis data untuk memenuhi kebutuhan data dalam penyusunan rencana tata ruang yang memadai bagi keperluan mitigasi bencana.

3.1. Penataan Ruang Berbasis Mitigasi Bencana

Djoko Sujarto

Kiprah kehidupan dan penghidupan manusia pada hakekatnya berada dalam ruang pada permukaan bumi ini. Ruang dapat diartikan sebagai suatu wadah secara keseluruhan yang meliputi ruang permukaan bumi yang terdiri dari daratan, lautan dan ruang di atas permukaan yaitu ruang udara. Unsur unsur ini dalam ruang merupakan suatu kesatuan wilayah di mana terjadi suatu interaksi sistem sosial yang mencakup manusia dengan berbagai kegiatan sosial ekonomi dan sosial budayanya dengan sumber daya alam dan binaan. Pada ruang inilah manusia dan makhluk lain hidup, melakukan kegiatan, dan memelihara kelangsungan hidupnya. Untuk dapat menempatkan kehidupan dan penghidupan manusia maka ruang akan memerlukan penataan agar sesuai dengan pelaksanaan kiprah kehidupan tersebut. Untuk memenuhi kebutuhan inilah maka suatu usaha Penataan Ruang akan merupakan hal yang sangat esensial untuk dapat mewadahi kiprah kehidupan dan penghidupan tersebut.

Tata Ruang merupakan suatu artian harafiah dari ‘spatial’, yaitu segala sesuatu yang mendasarkan kepada pertimbangan dan kaidah keruangan. Tata Ruang akan merupakan suatu tatanan berbagai unsur kegiatan pada atau di dalam ruang. Tata Ruang akan merupakan perwujudan dari kebutuhan kehidupan penduduk yang tumbuh dan berkembang serta perilaku manusia ke dalam tatanan kegiatan atau aktivitas yang satu sama lain mempunyai hubungan fungsional di dalam ruang. Jadi dalam hal terkandung pengertian tata ruang sebagai wadah dan komponen komponen tata ruang (*spatial components*) yang terdiri dari wujud struktur ruang dan pola ruang sebagai pembentuk tatanan ruang. Jadi tata ruang merupakan penataan segala sesuatu yang berhubungan dengan peri kehidupan manusia di dalam ruang sebagai wadah penyelenggaraan kehidupan dan penghidupan secara fisik maupun secara fungsional. Dalam wawasan ini akan terjadi suatu hubungan organisatoris antara berbagai macam obyek dan manusiadi dalam ruang

tertentu. Di dalam tatanan ruang akan terdapat suatu agihan (allocation) berbagai tindakan dan kegiatan manusia untuk mencapai suatu tujuan yang diharapkan atau merupakan suatu penjabaran dari suatu produk perencanaan fisik dan non fisik. Dalam hal ini di dalam wujud tata ruang terdapat suatu tatanan sistemik yang terdiri dari tiga unsur pokok yaitu ruang atau lingkungan yang menjadi wadah di mana berbagai unsur kehidupan dengan kegiatannya berlangsung dengan berbasis kepada keterbatasan baik alami maupun non alami ; agihan aktivitas fungsional yang menunjang kegiatan usaha dan kegiatan manusia serta kemudahan berinteraksi antara kegiatan yang satu dengan yang lainnya secara internal maupun eksternal.

Sementara itu sifat ruang bumi ini secara alami memiliki kelayakan untuk kehidupan tetapi juga memiliki daya perusakan yang dapat mengancam manusia di dalam menempatkan kirah kehidupan dan penghidupan tersebut. Bahkan bagian bumi Indonesia ini hal tersebut juga semakin menjadi pertimbangan dasar di dalam pengembangan pemanfaatan ruang untuk kehidupan dan penghidupan karena sifat tersebut.

Demikian pentingnya masalah ini sehingga di dalam pertimbangan dasar Undang Undang tentang Penataan Ruang (UU No.26 Tahun 2007) secara eksplisit ditekankan bahwa : secara geografis Negara Kesatuan Republik Indonesia berada pada kawasan rawan bencana sehingga diperlukan penataan ruang yang berbasis mitigasi bencana sebagai upaya meningkatkan keselamatan dan kenyamanan kehidupan dan penghidupan.

Atas dasar kenyataan ini maka penataan ruang dalam mitigasi bencana alam dan non alam akan memerlukan pertimbangan berbagai batasan, kaidah pengembangan ruang dengan mendasarkan kepada penetapan wilayah limit dan wilayah kendala sebagai dasar untuk dapat menetapkan wilayah layak bangun dan layak untuk menempatkan kiprah kehidupan dan penghidupan.

3.2. Pengembangan Basis Data Kebencanaan untuk Penataan Ruang

Roos Akbar

Perencanaan pada dasarnya merupakan sebuah keputusan bersama untuk masa depan dengan mengalokasikan sumberdaya yang ada untuk kepentingan bersama atau tujuan yang disepakati bersama. Apalagi pada era teknologi informasi sekarang ini, perencanaan tidak lagi sekedar berupa optimasi sistem, tetapi lebih merupakan sebuah desain kolektif yang artinya

teknologi informasi dilihat sebagai penyediaan infrastruktur informasi yang memfasilitasi interaksi sosial, komunikasi antar manusia, dan debat untuk mencapai tujuan bersama dan memperhatikan perhatian bersama.

Tumbuh dan berkembangnya kota dan wilayah di Indonesia sedikit banyak sudah mulai diatur dengan suatu perencanaan penataan ruang yang merujuk pada undang-undang penataan ruang. Pengalaman Indonesia dalam penataan ruang kota dan wilayah memperkaya penetapan peraturan yang terkait dengan penataan ruang (misalnya munculnya UU Penataan Ruang No. 26 tahun 2007 sebagai pengganti UU Penataan Ruang No. 24 tahun 1992). Definisi dan lingkup penataan ruang serta sangsi yang ditetapkan atas pelanggaran dalam penataan ruang merupakan beberapa hal yang mulai diterapkan pada undang-undang yang baru tersebut. Namun demikian beberapa hal masih terdapat “kekurangan” dalam penataan ruang yang telah dilakukan.

Bentuk geografis dan geologis Indonesia yang merupakan jalur bencana dan atau bentuk negara maritim, kadang belum diperhatikan dengan baik dalam proses penataan ruang karena keterbatasan pengetahuan kita terhadap negara kita sendiri. Aspek komprehensiveness dalam proses penataan ruang kadang masih dihadapkan pada keterbatasan data. Data kebencanaan disamping data yang lain masih merupakan hal yang sangat “mewah” dalam proses penataan ruang. Besarnya angka korban dalam kejadian bencana, kadang masih belum diimbangi oleh tersedianya data kebencanaan tersebut untuk kepentingan penataan ruang.

Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa tata ruang disusun berdasarkan data yang tersedia dan bukannya data yang dibutuhkan. Pada sisi yang lain, dana yang tersedia untuk penyusunan tata ruang selalu diasumsikan bahwa data sudah tersedia. Padahal, penataan ruang mempunyai tingkatan (hirarki) yang berbeda dimulai dari penataan ruang pada skala nasional (RTRWN) dengan skala 1: 1.000.000, penataan ruang pada skala kota (RTRW Kota) dengan skala 1:20.000 hingga rencana detail dengan skala yang lebih rinci lagi. Ketidaksadaran akan pentingnya data dan informasi inilah yang mengakibatkan penataan ruang disusun kadang hanya berdasarkan data yang tersedia. Kecurigaan sebuah daerah (misalnya) yang kemungkinan/diduga merupakan daerah rawan bencana (dari faktor sejarah, singkapan fenomena alam/fisik, dan sebagainya) kadang diabaikan hanya karena tidak tersedianya data untuk analisis. Kesadaran perlunya data untuk daerah tersebut kadang tidak dapat diakomodasikan dalam penataan ruang yang dilakukan saat itu karena faktor biaya (tidak tercakup dalam biaya penyusunan dokumen tata ruang), waktu (karena harus dilakukan survey rinci/mikro zonasi). Padahal teknologi dan kemampuan yang ada (GIS dan

remote sensing serta lainnya) sudah sangat mendukung untuk menghasilkan data tersebut.

Terjadinya pertumbuhan pemanfaatan teknologi di Indonesia dapat diduga tidak sesuai dengan kebutuhan untuk penataan ruang. Teknologi kadang menjadi sekedar tujuan dan bukannya untuk mencapai sesuatu yang lebih jauh. Proyek yang ada di Indonesia dan juga di negara sedang berkembang lainnya kadang sering dikendalikan oleh teknologi yang ada (*technology driven*) yang kadang terlalu tinggi melebihi tugas yang harus diselesaikan. Akibatnya, perkembangan teknologi yang seharusnya sangat bermanfaat untuk penataan ruang berkembang sendiri pada arah yang salah.

Bencana dengan korban jiwa dan harta benda yang sangat besar sebenarnya menggugah kembali perlunya kesadaran akan perlunya pertimbangan pentingnya aspek kebencanaan dipertimbangkan dalam proses penataan ruang. Disebutkan menggugah kembali karena memang pada dasarnya berdasarkan aspek komprehensiveness dalam proses penataan ruang jelas sudah memasukkan perlunya pertimbangan tersebut dalam proses penataan ruang. Sayang tidak siapnya data terutama dengan resolusi tinggi, menyebabkan pertimbangan kebencanaan paling banter hanya dapat dilakukan pada skala perencanaan yang sangat umum. Dapat dikatakan bahwa daerah-daerah di Indonesia belum memiliki peta tentang kebencanaan pada skala yang rinci (skala kota seharusnya 1:20.000). Peta daerah rawan gempa yang tersedia di Indonesia, skala terbesar yang ada adalah pada skala 1:250.000 yang hanya dapat digunakan pada penyusunan tata ruang pada skala propinsi (RTRW Propinsi) dan jelas tidak bermakna apapun untuk penyusunan tata ruang skala kabupaten dan atau kota.

Tidak tersedianya data kebencanaan ini bukan hanya terkait dengan peta untuk analisis geologi (kegempaan, gerakan tanah, patahan dan sebagainya), tetapi juga pada sektor yang lain seperti halnya kehutanan dan sebagainya juga tidak tersedia secara memadai pada resolusi yang lebih baik. Peta hutan pada skala 1:250.000 jelas akan sangat berbeda dengan peta huta pada skala 1:20.000 misalnya. Kita bisa membayangkan pada skala 1:250.000 misalnya, kerusakan hutan seluas 5 km² tidak akan dapat terlihat di peta, padahal dalam dunia nyata hal ini dapat menyebabkan terjadinya longsor.

Sudah cukup banyak penelitian yang dilakukan mengenai bagaimana membuat dan manage data spatial (karena tidak ada institusi yang tidak berhubungan dengan data spatial). Ledakan pertumbuhan pemanfaatan GIS dan remote sensing misalnya terjadi hampir disemua bidang keilmuan. Demikian pula beberapa aspek khusus yang perlu diperhatikan untuk menunjang hal tersebut seperti mulai dari pengaruh politik, tradisi/kebudayaan, kondisi management, kekurangan tenaga ahli/pengalaman,

infrastruktur yang tidak memadai, dan sumberdaya keuangan yang terbatas. Namun, untuk penataan ruang masih selalu dihadapkan pada keterbatasan data dan informasi. Oleh sebab itu, pengembangan basis data untuk perencanaan merupakan sebuah kebutuhan mutlak agar proses perencanaan yang dilakukan dapat dipertanggung jawabkan. Hal ini menjadi sangat penting apalagi jika kita memahami prinsip-prinsip dalam sistem informasi, seperti misalnya: dengan satu data/informasi kita bisa mengambil keputusan dan dengan banyak data/informasi kita juga bisa mengambil keputusan dan bisa jadi keputusannya sama. Sedangkan yang membedakan adalah keyakinan kita akan keputusan tersebut. Jika kita merujuk kembali pada pemahaman perencanaan seperti yang diuraikan di atas bahwa perencanaan adalah sebuah keputusan bersama, maka keyakinan akan keputusan ini menjadi sangat penting, dan itu bergantung pada basis datanya.

Perlu pula ditekankan disini bahwa persoalan pengembangan basis data bukan hanya sekedar pembuatan/penyediaan data semata (*availability*) tetapi yang tidak kalah pentingnya adalah kelayakan dari data itu sendiri (*reliability*) terutama dalam hal ini untuk kepentingan proses penataan ruang (mulai dari perencanaan, pemanfaatan dan pengendalian). Integrasi data secara vertikal maupun horisontal kemudian menjadi suatu kebutuhan agar data yang dihasilkan dapat bermanfaat dalam proses penataan ruang karena adanya berbagai macam tingkatan rencana.

Suatu rencana tata ruang yang disusun berdasarkan data dan informasi yang memadai, jelas akan memenuhi prinsip-prinsip *good governance* seperti transparansi dan akuntabilitas dan mempunyai wawasan ke depan (*sustainability*).

4. Pengurangan Risiko Bencana dalam Pembangunan Infrastruktur

Dalam membangun dan mengelola infrastruktur, baik infrastruktur wilayah maupun infrastruktur perkotaan, berbagai pertimbangan berkaitan dengan ancaman bahaya bencana yang dapat menimbulkan gangguan terhadap investasi dan operasi infrastruktur perlu dipertimbangkan. Bagian ini membahas pertimbangan-pertimbangan apa saja yang perlu diambil dalam perencanaan infrastruktur, serta suatu ilustrasi kajian terhadap infrastruktur transportasi perkotaan di Jakarta bila terjadi gempa yang merusak. Langkah-langkah yang perlu diambil untuk mencegah terjadinya kerugian yang besar akibat lumpuhnya sistem transportasi dikemukakan di sini.

4.1. Pertimbangan Aspek Kebencanaan dalam Pengembangan Infrastruktur Perkotaan

Iwan P. Kusumantoro

Menyebut kota, maka akan terbayang suatu kawasan yang dipenuhi bangunan tinggi, kompak, dan juga jumlah penduduk besar dan padat. Pergerakan orang, kendaraan dan barang hilir mudik mengisi setiap sisi ruangnya. Mengacu kepada karakteristik kawasan perkotaan seperti tersebut, dapat dibayangkan, apa akibatnya jika penduduk perkotaan sebesar ini mengalami bencana? Sebut saja bencana alam seperti gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, tanah longsor, dan lain-lain, ataupun bencana kebakaran, ledakan, ataupun bencana lainnya. Keduanya akan memiliki dampak yang luar biasa jika dihadapkan pada karakteristik kawasan perkotaan yang diidentikan dengan jumlah penduduk yang besar dan kepadatan bangunan yang tinggi.

Pada sisi lain, dampak bencana sangat berkaitan dengan tingkat ketahanan lingkungan atau kawasan. Seperti dikemukakan Awotona (1997) dampak dan risiko bencana akan meningkat pada kondisi yang rentan. Artinya besaran risiko bencana akan sangat tergantung kepada tingkat kerentanan serta tingkat ketahanan wilayah yang bersangkutan; Pada sisi ini ketersediaan dan kualitas infrastruktur perkotaan merupakan bagian dari tingkat ketahanan wilayah (Grigg, 2004). Ketersediaan infrastruktur baik jumlah, sebaran, kualitas, hingga tingkat pelayanan menjadi faktor penting dalam menentukan tingkat ketahanan wilayah dalam menghadapi risiko bencana. Selain itu, kondisi sosial-ekonomi masyarakat juga sangat menentukan tingkat kerentanan wilayah. Perlu disadari, pada masyarakat miskin atau pra-sejahtera, tingkat kerentanan menjadi tidak tertanggulangi karena kemampuan beradaptasi terhadap perubahan lingkungan, jauh tertinggal dari kecepatan perubahan lingkungan itu sendiri.

Adalah salah, jika berpikir bahwa suatu kejadian bencana khususnya di kawasan perkotaan merupakan surat takdir yang hanya dapat dihadapi dengan sikap pasrah. Bencana bukanlah takdir (WALHI, 2008). Dampak bencana terhadap kehidupan masyarakat perkotaan dapat diredam atau setidaknya direduksi dengan mempersiapkan setiap aspek kehidupan kota. Peran infrastruktur perkotaan dalam mendukung keberlanjutan kehidupan komunitas kota harus dikedepankan, khususnya dalam menghadapi berbagai potensi bencana baik dari kejadian bahaya alam ataupun bahaya lainnya.

Praktek pengembangan infrastruktur perkotaan yang berlangsung selama ini belum sepenuhnya memasukan pertimbangan kebencanaan secara menyeluruh dan terpadu. Saat ini, pertimbangan aspek kebencanaan pada pembangunan infrastruktur perkotaan baru terbatas pada aspek penyiapan kekuatan struktur fisik bangunan infrastruktur pada skala risiko tertentu, misal kejadian gempa bumi. Tetapi bagaimana jika estimasi gangguan gempa bumi melampaui batas toleransi?, apa yang akan terjadi jika bangunan infrastruktur tersebut justru berpotensi menjadi bahaya ikutan (*colleteral hazard*), bagaimana dampak terhadap masyarakat sekitarnya, serta banyak lagi pertimbangan lain yang dapat dikaitkan dengan kondisi tersebut.

Beberapa arahan yang perlu dilakukan adalah (i) kebijakan pengembangan infrastruktur perkotaan semestinya mempertimbangkan karakter unik setiap jenis infrastruktur, mengingat spesifikasi infrastruktur berbeda sehingga memiliki dampak serta bentuk penanganan yang berbeda pula; (ii) perlu mengubah paradigma yang lebih bertumpu pada penanganan saat dan pasca bencana, serta memberikan perhatian yang berimbang terhadap potensi sebelum bencana; (iii) bencana erat kaitannya dengan perilaku manusia dalam memperlakukan alam dan lingkungannya, karenanya secara normatif, kepatuhan terhadap pengaturan penggunaan ruang perlu ditingkatkan; (iv) kebijakan pengembangan infrastruktur perkotaan harus menggunakan aspek kebencanaan sebagai titik tolak memadukan berbagai program pembangunan perkotaan yang memberikan jaminan keamanan dan keselamatan masyarakat perkotaan dari kejadian bencana.

4.2 Kajian Pengaruh Gempa Bumi Terhadap Pergerakan Transportasi di Jakarta

Ofyar Z. Tamin, Dradjat Hoedajanto, Masyhur Irsyam, Dimas B.E Dharmowijoyo

Gempa bumi dapat mempengaruhi kondisi jaringan transportasi. Ketika gempa bumi terjadi terdapat tahap-tahap yang perlu dilakukan untuk *recovery* akibat bencana ini. Tahap pertama adalah *rescue* dan evakuasi korban selanjutnya rehabilitasi dan rekonstruksi. Ketiga tahap ini minimal memerlukan waktu selama 5 tahun mengembalikan kondisi seperti semula. Tentunya dengan kebutuhan dana yang cukup.

Gempa bumi dapat menghancurkan prasarana transportasi dan mengakibatkan hambatan dalam pergerakan transportasi. Pada dasarnya

sebagian besar konstruksi transportasi sangat rentan terhadap gempa bumi, seperti jembatan/*flyover*, dermaga, bandara dan stasiun KA atau jalan layang KA. Hambatan putusnya jaringan transportasi akan mengakibatkan pemborosan ekonomi yang cukup besar dalam pergerakan transportasi dan sangat mempengaruhi perekonomian bangsa setelah gempa bumi.

Studi ini difokuskan pada pencegahan pengaruh terhadap kerusakan total prasarana transportasi. Mengapa ini perlu dilakukan? Karena rehabilitasi dan rekonstruksi prasarana transportasi akibat pengaruh bencana alam membutuhkan biaya yang sangat mahal. Selain itu kegagalan prasarana transportasi akibat bencana alam ini akan menghasilkan pemborosan ekonomi yang sangat besar. Pemborosan ini diperhitungkan terhadap biaya operasi kendaraan dan nilai waktu. Suatu kegagalan prasarana transportasi akan mengakibatkan operasi transportasi menjadi lebih lama karena melalui jalur lain yang lebih lama dan panjang. Selain itu kegagalan suatu prasarana transportasi ini mengakibatkan jalur lain menjadi lebih padat karena sebagian besar atau seluruh pengguna yang melalui jalur yang gagal tersebut berpindah ke jalur lain tersebut.

Hasil simulasi kejadian gempa bumi di kota Jakarta terhadap keseluruhan moda transportasi menunjukkan bahwa kegagalan prasarana transportasi akan mengakibatkan kerugian baik secara ekonomi maupun finansial. Skenario pengembangan *escape road* untuk wilayah perkotaan sangat sulit dilakukan. Ini disebabkan wilayah perkotaan yang sudah padat. Perkuatan dengan pelebaran jalan juga akan menghasilkan solusi yang tidak efektif. Oleh karena itu perkuatan struktur konstruksi masing-masing moda adalah satu-satunya cara paling efektif untuk mengurangi dampak gempa.

Terdapat beberapa prioritas perkuatan struktur untuk mengurangi dampak kegagalan transportasi ini yang dapat menjadi acuan dalam penganggaran. Prioritas ini ditentukan berdasarkan parameter atau indikator jumlah demand yang dapat diangkut oleh suatu prasarana transportasi, lintas-lintas penting dalam pergerakan di Kota Jakarta dan kondisi struktur prasarana tersebut eksisting. Dari ketiga indikator atau parameter tersebut didapat prioritas:

1. Perkuatan prasarana KA dan moda angkutan massal lainnya sebagai moda vital perangkutan massal.
2. Perkuatan ramp-ramp di Jalan Tol sebagai *escape road* dan mengantisipasi masih dapat digunakannya jalan tol apabila kerusakan yang terjadi hanya sebagian penggal jalan tol saja.
3. Perkuatan Simpang susun Cawang.
4. Perkuatan Bandara Soekarno Hatta.

5. Perkuatan Jalan Tol menuju Tanjung Priok.
6. Perkuatan *Fly Over-fly over* di Jalan Tol Dalam Kota.
7. Perkuatan Jalan Tol TB Simatupang.
8. Perkuatan jembatan-jembatan di Jalan Arteri Primer di DKI Jakarta sebagai alternatif pasca gempa.

Penanganan di tiap-tiap kota akan berbeda satu dengan yang lain, demikian juga di wilayah antar kota yang mempunyai karakteristik pergerakan dan prasarana transportasi akan berbeda pula. Pada wilayah antar kota dapat diterapkan perkuatan jaringan jalan sekunder dan *escape road* sebagai prioritas kedua dalam penanganan gempa.

Rekomendasi penanganan untuk berbagai tipologi wilayah adalah sebagai berikut:

- A. Di wilayah Metropolitan seperti DKI Jakarta, Surabaya dan sekitarnya, Medan dan sekitarnya serta Bandung dan sekitarnya, penanggulangan gempa untuk prasarana transportasi dilakukan dengan:
 1. Perkuatan struktur di prasarana transportasi yang vital runtuh karena gempa.
 2. Perkuatan tersebut di arah transversal dan longitudinal sehingga keruntuhan (*collapse*) tidak terjadi.
 3. Prasarana tersebut antara lain *fly over*, jembatan dan sebagainya.
 4. Prasarana transportasi tersebut tentunya berada di arteri primer dan melayani pergerakan vital ke beberapa wilayah di perkotaan.
- B. Di wilayah yang belum berkembang atau Kota Besar dan Menengah:
 1. Pembangunan prasarana transportasi sebaiknya telah menggunakan standar gempa untuk gempa 500 tahun atau 2,500 tahun.
 2. Perkuatan di wilayah transversal dan longitudinal sebaiknya dilakukan agar keruntuhan (*collapse*) tidak terjadi.
- C. Di wilayah antar kota:
 1. Perkuatan-perkuatan jembatan perlu mulai dilakukan menggunakan standar gempa 500 tahun atau 2,500 tahun.
 2. Perkuatan jalan arteri sekunder sebagai *escape road* juga perlu dilakukan.

Untuk wilayah dengan hazard gempa tertentu seperti ini perlu disusun suatu penanganan gempa dengan kondisi hazard gempa tertentu. Tiap wilayah atau kota mempunyai karakteristik gempa yang berbeda-beda sesuai dengan kondisi dasar buminya. Tentunya ini akan mempengaruhi dampak gempa yang terjadi. Oleh karena itu sangat perlu untuk menyusun standar gempa tertentu untuk kondisi yang berbeda-beda seperti penanganan gempa bumi untuk wilayah patahan dan pergeseran.

5. Mitigasi Bencana dalam Perencanaan dan Penyelenggaraan Kepariwisata

Myra P. Gunawan

Mitigasi bencana dalam tulisan ini mencakup bencana alam maupun non-alam (budaya, ekonomi) yang dilihat secara timbal balik: bencana yang memberikan dampak kepada pariwisata dan sebaliknya pariwisata yang mempunyai potensi dampak yang menimbulkan bencana/gangguan terhadap lingkungan alam atau masyarakat dan budayanya. Tempat-tempat menarik untuk pariwisata dapat terletak pada kawasan rawan bencana alam, kawasan yang dilindungi, kawasan yang mempunyai daya dukung terbatas ataupun tempat di mana masyarakat tidak selalu siap menghadapi tamu dari berbagai budaya yang berbeda. Kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa tempat-tempat menarik bagi wisatawan ini dapat membahayakan wisatawan yang bersangkutan, atau menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan alam dan budaya dimana kegiatan pariwisata berlangsung.

Perencanaan pariwisata pada dasarnya mengikuti proses dan konsep perencanaan umumnya dengan pemahaman dan penerapan tentang sistem kepariwisataan yang menyangkut wisatawan maupun masyarakat tuan rumah serta elemen yang menjadi daya tarik. Perencana harus memahami dan mengantisipasi kemungkinan bencana (dua arah) dengan memperhatikan semua peraturan perundangan yang berlaku dan menerapkan konsep daya dukung dalam perencanaannya. Berbagai pelanggaran sering terjadi dengan dalih untuk memenuhi permintaan, kebutuhan atau keinginan wisatawan; padahal pembangunan pariwisata seyogyanya ditujukan untuk kepentingan masyarakat: memperoleh kesempatan usaha dan kerja dan untuk peningkatan kesejahteraan umumnya.

Perencanaan pariwisata terintegrasi ke dalam perencanaan kota atau wilayah, memperhatikan daya dukung alam maupun masyarakat serta kebocoran

ekonomi pada berbagai skala, dan tidak hanya berorientasi kepada mekanisme pasar. Pengalaman bencana yang menimpa berbagai kawasan atau penyelenggaraan wisata menunjukkan adanya pelanggaran terhadap daya dukung (kapasitas) sarana, pelanggaran dalam penataan ruang atau pelanggaran norma budaya yang menjadi bom waktu. Peristiwa teroris di Bali, oleh Gubernur Bali saat itu dianggap sebagai peringatan dari Sang Pencipta, karena sudah banyaknya pelanggaran-pelanggaran. Terlepas dari itu, peristiwa Bali mendorong munculnya rumah sakit internasional, yang seharusnya tanpa peristiwa itupun rumah sakit internasional memang harus ada, untuk destinasi kelas dunia seperti Bali. Pangandaran yang merupakan salah satu ikon pariwisata Jawa Barat dan mengalami bencana beberapa tahun yang lalu juga membuktikan bahwa korban terbesar berada di kawasan yang tidak sesuai dengan peraturan serta kaidah-kaidah penataan ruang. Saat ini di banyak tempat di sepanjang pantainya, terlihat papan pengumuman berukuran besar sebagai peringatan dini dengan petunjuk apa yang harus dilakukan masyarakat bila bencana terjadi. Kedua contoh di atas mewakili bencana non-alami dan alami. Mengapa hal-hal tersebut baru dilakukan setelah terjadi bencana? Di beberapa kawasan wisata, peringatan juga dapat dilakukan untuk bencana lain, Toraja misalnya memasang pengumuman agar para wisatawan berpakaian rapih untuk mencegah/mengurangi efek demonstrasi bagi masyarakat setempat, peringatan juga dapat dilakukan untuk larangan berjudi, minum minuman keras atau kegiatan lain yang melanggar hukum yang berlaku.

Dalam penataan ruang, kawasan wisata yang terletak di kawasan yang rawan bencana alam perlu dilengkapi dengan jalur-jalur evakuasi, yang dalam keadaan normal dapat dimanfaatkan sebagai ruang-ruang publik dengan berbagai fungsi selain aksesibilitas. Di samping itu dalam hal yang relevan perlu tersedia *lifeguard*, pos informasi dan keamanan serta *signage* yang komunikatif, hal-hal yang seringkali diabaikan sebelum terjadi bencana/kecelakaan.

Dari segi sosial, masyarakat perlu dipersiapkan untuk dilibatkan bersama pemerintah setempat untuk meningkatkan kesadaran akan dampak positif (peluang) dan dampak negatif (bencana) yang dapat ditimbulkan oleh kegiatan pariwisata, dalam keadaan 'normal' maupun dalam penanggulangan dan pencegahan bencana. Juga tentang kemungkinan bencana alam atau lainnya yang mungkin mengancam wisatawan maupun dirinya sendiri. Di Pangandaran misalnya anak-anak masih bermain dengan riang di perairan dimana tanda dilarang berenang terpancang, tanpa ada yang peduli, dan dibiarkan juga oleh balawista (istilah untuk *lifeguard* setempat) yang lebih peduli kepada wisatawan (*by default*).

Masyarakat perlu diikutsertakan dalam pengembangan indikator-indikator kunci yang sesuai dengan konteks pariwisata dan karakteristik lingkungan masing-masing. Indikator lingkungan dapat berbentuk indikator alam: ketersediaan air bersih, polusi udara, kontaminasi air laut/danau atau perairan lain, berkurangnya spesies tertentu sampai kepada berlangsungnya masa *breeding* dan sebagainya. Sementara indikator sosial budaya dapat berbentuk: perubahan perilaku masyarakat (makanan-minuman, cara berpakaian), keterlibatan masyarakat, kesempatan kerja bagi masyarakat dan banyaknya pekerja pendatang, kondisi aset-aset budaya. Indikator ekonomi yang penting bagi masyarakat dan daerah: pemanfaatan produk lokal/impor, kepemilikan usaha lokal atau pendatang, jenis usaha nasional atau waralaba asing dan sebagainya. Masyarakat yang sudah paham dan tersadarkan dapat diikutsertakan untuk melakukan pemantauan terhadap indikator-indikator strategis/kunci yang dipilih bersama, mengingat masing-masing indikator mengarah kepada suatu permasalahan tertentu, mana yang disepakati sebagai permasalahan strategis/prioritas.

Yang tak kalah pentingnya adalah penyediaan dan pemanfaatan informasi dasar bagi perencanaan; banyak informasi tak tersedia, bahkan informasi tentang jumlah wisatawan saja masih banyak destinasi yang belum memiliki, dan masih banyak pula perencanaan pariwisata yang orientasinya adalah menciptakan se'bagus-bagus'nya kawasan untuk memuaskan wisatawan. Demikian pula dengan para operator pariwisata yang masih belum menyadari potensi bencana sehingga tak melengkapi kegiatannya dengan sarana yang diperlukan yang sudah diatur dalam standar operasi.

Kunci dalam keberhasilan suatu kawasan wisata adalah lokasi dan lokasi. Namun sekarang keamanan menjadi penentu, dan makin tingginya kesadaran masyarakat akan bencana, penegakan peraturan dan penerapan standar operasi menjadi makin menjadi perhatian.

6. Pemodelan Katastrofi, Asuransi dan Konsep Kemitraan Publik-Swasta dalam Penanggulangan Bencana: Menuju Masyarakat Berdaya

M. T. Zen

Pendahuluan

Tujuan ringkasan ini menyangkut tiga hal, yakni: 1. Menerangkan secara singkat apa yang disebut Pemodelan Bencana, Pemodelan Katastrofi, atau

Catastrophic Model; 2. Menjelaskan bagaimana suatu perusahaan swasta seperti asuransi dapat berperan aktif secara riil dan mengambil alih sebagian dari tanggung-jawab keuangan dalam penanggulangan bencana, dalam suatu skema yang disebut *Risk Transfer*, dan 3. Bagaimana dunia usaha dapat berperan dalam penanggulangan bencana dalam suatu skema yang disebut Kemitraan Publik-Swasta (*Public-Private-Partnership*) dalam rangka Tanggung Jawab Sosial Korporasi (*Corporate Social Responsibility*).

Pemodelan Katastrofi

Teori-teori tentang katastrofi sudah mulai bermunculan sebelum akhir abad ke-20 dan diskursus akademik sudah mulai diadakan di mana-mana. Akan tetapi Pemodelan Katastrofi dalam arti model-komputer, dan mulai dipakai secara riil oleh dunia usaha baru dimulai sejak badai-badai banyak mengamuk di pantai Florida ditahun 1992; Badai Hugo (1989) dan Badai Katrina (2005) (Baca Kuzak dan Larsen, 2005).

Sesudah itu Pemodelan Katastrofi baru secara riil diterapkan untuk meng-asses risiko gempa bumi. Bermunculanlah lembaga-lembaga dan badan-badan usaha yang mencoba membuat prediksi mengenai kemungkinan kerugian yang disebabkan oleh gempa. Asesmen-asesmen itu dipakai oleh perusahaan asuransi untuk menaksir kerugian yang mungkin terjadi, jika ada bencana; dalam hal ini bencana gempa bumi.

Pemodelan Gempa Bumi

Bencana alam banyak sekali melanda masyarakat seperti banjir, badai, puting beliung, gempa bumi, tsunami, peletusan gunung berapi, tanah longsor, dan lain-lain. Tak dapat disangkal, di manapun jika terjadi bencana alam, yang paling menderita adalah lapisan masyarakat paling miskin, dan secara logis, jika terjadi bencana alam di dunia ini yang paling menderita itu adalah negara-negara berkembang yang miskin pula.

Perkembangan dunia terus berlanjut dengan laju terus meningkat dan dengan sendirinya juga pembangunan fisik. Penduduk dunia semakin hari semakin bertambah; kota-kota besar terus bermunculan seperti Tokyo, Los Angeles, New York, yakni kota-kota dengan jumlah penduduk melebihi 10 juta manusia dengan bermacam prasarana angkutan, gedung pencakar langit, serta fasilitas umum lainnya, seperti *viaduct*, *aquaduct*, jalan tol bertingkat dan lain lain.

Sejak akhir abad ke-20 dan dasawarsa pertama abad ke-21 ini banyak sekali bencana-bencana yang kelihatannya ada kaitannya dengan masalah pemanasan global seperti badai, banjir, puting beliung, musim panas

berkepanjangan atau sebaliknya musim penghujan yang berkepanjangan dan penyakit-penyakit baru seperti flu burung, flu babi, dan lain lain dan terrorisme. Wabah-wabah itu sangat erat kaitannya dengan penambahan penduduk yang berinteraksi.

Karena kepadatan kota-kota besar, dan banyaknya orang bepergian yang menggunakan kereta api, pesawat udara atau angkutan lain, penularan sangat sukar untuk dicegah. Bayangkan berapa ribu atau ratusan ribu orang dalam sehari melintasi duane bandara Kennedy, Ohara, Narita dan lain-lain tempat lagi, belum lagi yang bepergian dengan kereta api. Semuanya berdesakkan ditempat-tempat yang relatif sempit.

Khusus untuk Indonesia saja antara tahun 2004 hingga tahun 2007 kerugian yang diderita masyarakat sebagai akibat bencana alam itu mencapai triliunan rupiah (Tabel 1 dan 2). Semua biaya penggantian kerugian itu ditanggung sepenuhnya oleh pemerintah. Bayangkan berapa pusat kesehatan masyarakat yang dapat dibangun dan berapa sekolah dari TK hingga ke SD, SMP dan SMA yang dapat dibangun dalam rangka mencerdaskan bangsa dan meningkatkan kesehatan masyarakat, jika tidak ada pengeluaran ganti rugi kepada penduduk yang terkena musibah.

Berdasarkan laporan Bank Dunia (Cameron, 2000) antara 1994 hingga 1995 beberapa gempa bumi menyebabkan kerugian finansial lebih dari US\$10 milyar. Dari angka tersebut harus ditambahkan Aceh, Nias, Sumatra Barat, Bengkulu, Papua, Bantul, Pangandaran dan lain lain. Ini termasuk gempa Northridge, California (1994), gempa Kobe (1995), dan gempa Chi-Chi di Taiwan (1999). Bank Dunia melaporkan bahwa lebih dari 100.000 orang tewas (belum termasuk Aceh, Bantul).

Tabel 1. Kerugian-kerugian disebabkan oleh bencana alam di Asia di Abad ke-20 (dokumen Maipark, 2008).

Negara	Bencana	Waktu Kejadian	Jumlah Korban	Total Kerugian (juta USD)	Asuransi Kerugian (juta USD)
India	Tornado	24.03.1988	200	10	
Taiwan	Gempa bumi	20.09.1999	2.474	14.000	
Japan	Gempa bumi, Tsunami	12.07.1993	247	1.000	850
Thailand	Typhoon	04.11.1989	1.000	280	16
Indonesia	Gempa bumi, Tsunami	26.12.2004	227.898	5.000	
Bangladesh	Siklon	15.11.2007	3.360	3.700	

Tabel 2. Kerugian Ekonomi akibat beberapa Gempa Besar di Indonesia.

Jenis Bencana	Tanggal kejadian	Kerugian	Jumlah Rumah Tinggal
Gempa dan Tsunami Aceh	26/12/2004	USD 5 miliar	120.000
Gempa Bantul-Yogyakarta	27/05/2006	USD 3,1 miliar	358.693
Gempa dan Tsunami Pangandaran	17/07/2006	<USD 55 juta	1.908
Gempa Bengkulu	12/09/2007	USD 150 juta	18.000

Sumber: Bakornas, Bappenas dan OCHA (2008)

Oleh karena itu pemanfaatan Pemodelan Katastrofi semakin banyak dipakai di mana-mana, khususnya dalam usaha mengurangi risiko atau mentransfer risiko agar perusahaan tidak merugi dan sebaliknya tidak meminta bayaran terlalu tinggi. Hal tersebut sangat penting. Bagi masyarakat dan pemerintah, bahwa harga premi yang ditetapkan itu tidak berasal dari isapan jempol, atau digapai begitu saja dari udara tanpa dasar ilmiah. Jadi, apa sebetulnya yang disebut Pemodelan Katastrofi itu. Pada umumnya pertanyaan itu dapat dijawab dengan mengatakan sebagai berikut:

Membangun CAT Model tidak lain dari membangun infrastruktur bagi mengkuantifikasikan risiko (*to build an infrastructure for risk quantification*). Apa saja yang dipersoalkan harus dinyatakan dalam angka. Ingat Blaise Pascal pernah mengatakan: "Things are numbers". "Tous est numero". "Essensi semua hal itu adalah angka". Dalam proses membangun CAT Model tahap demi tahap dilewati, tetapi semua itu haruslah dinyatakan dalam angka. Kalau tidak, itu bukan CAT Model namanya. Di dunia ini ada 4 perusahaan yang bergerak dalam Pemodelan Katastrofi, yakni: EQECAT, Risk Management Solutions, Air World Wide. Kini muncul CAT Model Maipark di Jakarta yang dikembangkan oleh Departemen R&D Maipark. Besar kemungkinan satuan ini segera akan menjadi suatu Cat Modelling Company secara bekerjasama dengan suatu Actuarial Consulting Co. dari luar. Oleh perusahaan Re-Asuransi Munich Re, Swiss Re, Asia Capital Re-Insurance serta AON Benfield yang memberikan perlindungan finansial kepada Maipark. CAT Model Maipark sudah diakui dalam arti mereka juga menggunakan temuan-temuan Maipark.

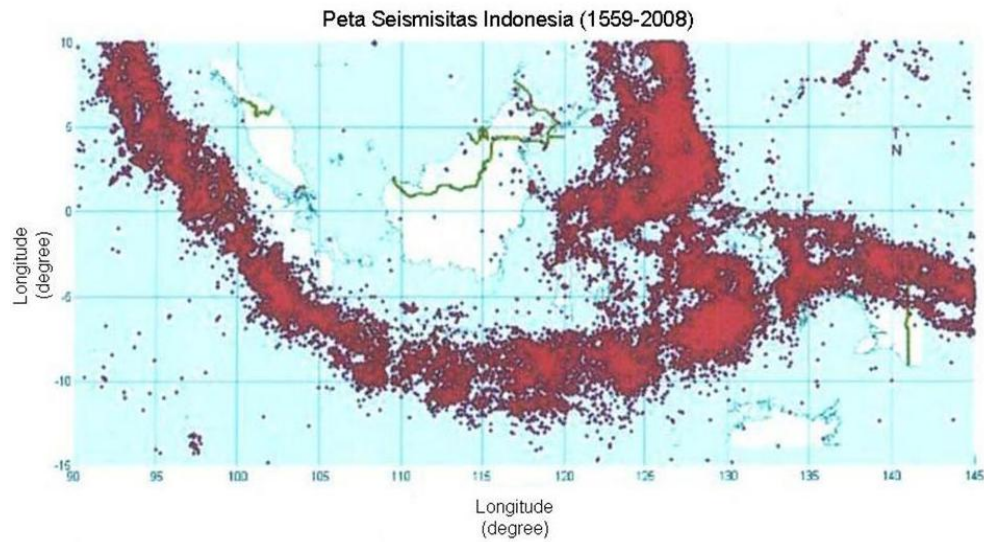
Dalam rangka pembangunan CAT Modelnya, Maipark terlebih dahulu membangun Katalog Gempanya. Katalog ini memuat entry sebanyak > 55.000 event gempa; data berawal dari tahun 1559 hingga kini, dihimpun dari berbagai sumber, USGS, Pusat Stasiun Gempa Jerman, Jepang, BMKG, dan dokumen lama dari zaman Hindia Belanda dulu (Gambar 30a dan 30b).

Pemunculan gempa pada gambar tersebut membentang dari 90°BT hingga 145°BT, dan dari 10°Lintang Utara hingga ke -15°Lintang Selatan, menutupi wilayah sangat luas. Tidak ada negara yang mempunyai liputan gempa seluas Indonesia; gempa dengan berbagai kedalaman dan dari daerah-sumber (*source zone*) yang bermacam-macam (subduksi, sesar mendatar, sesar sungkup); ada daerah suture yang diapit oleh dua bidang subduksi berlawanan, serta sesar-sesar lokal yang sangat besar jumlahnya. (Gambar 31 dan 32).

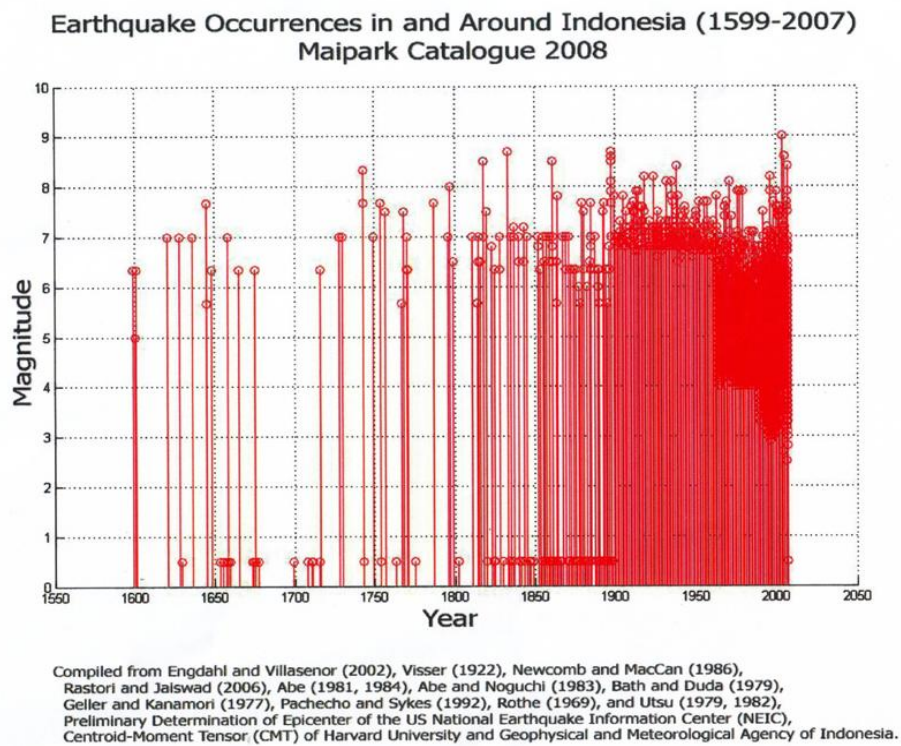
Gambar 32 memperlihatkan bahwa hingga kini kecenderungan kita sangat banyak memperhatikan sifat-sifat gempa di daerah-sumber (*source zone*). Yang sangat penting juga adalah: (1) mengerti dan memahami benar perilaku struktur tanah di bawah permukaan; (2) mentaati/menerapkan aturan bangunan (*building codes*), keahlian para "tukang pembuat rumah" (*workmanship*) harus terdidik dan terlatih; (3) tidak menggunakan bahan bangunan sembarangan, dan tidak "curang" dalam mengaduk beton/semen, dan lain lain. (ini berkaitan dengan etika dalam teknik bangunan); (4) harus ada inspeksi dan sanksi-sanksi terhadap yang melanggar. Kode etik harus juga berlaku dalam profesi membangun rumah. Di Indonesia terdapat bagian bumi yang lemah bahannya sehingga harus diperhatikan.

Konsep PPP dan Tanggung Jawab Sosial Korporasi

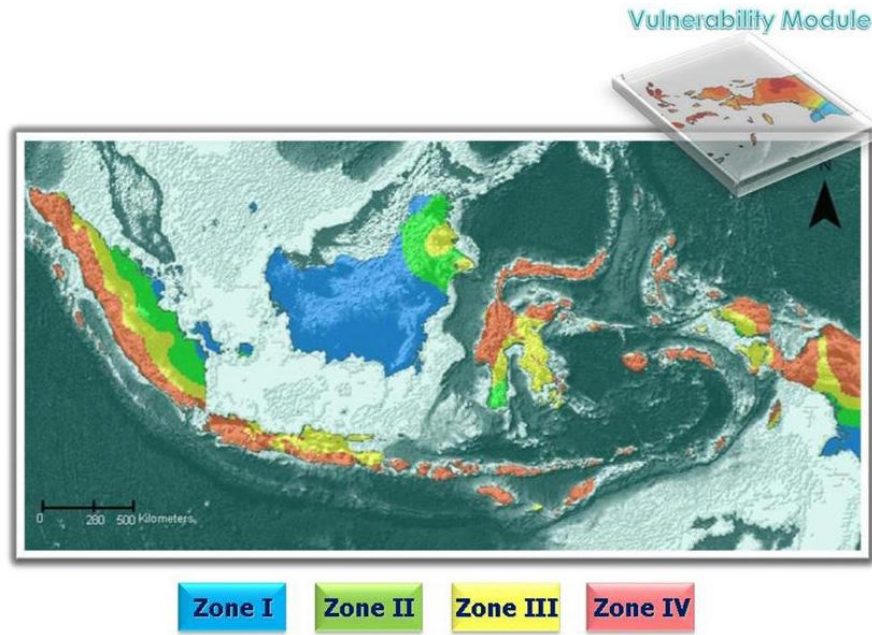
Sebagaimana disebutkan sebelumnya, begitu banyak dana yang harus dikeluarkan oleh pemerintah negara-negara di dunia yang seharusnya dapat dimanfaatkan untuk hal-hal lain yang lebih penting. Banyak sekali organisasi massa, LSM, perorangan yang mau atau yang tidak mau disebut namanya, yang menyumbangkan uangnya untuk membantu mereka yang terkena musibah yang disebabkan bencana alam. Tetapi semuanya atas dasar suka rela. Dalam hal itu banyak LSM-LSM yang bergerak, dan sehubungan dengan hal tersebut banyak pula perusahaan-perusahaan, baik perusahaan negara maupun swasta murni yang turut menyumbang. Lihat sewaktu peristiwa Aceh: LSM, perusahaan-perusahaan (pemerintah dan swasta) yang ikut menyumbang. Dalam kaitan itu muncul kesadaran dari berbagai pihak bagaimana caranya untuk ikut serta meringankan penderitaan sebagian manusia di dunia ini.



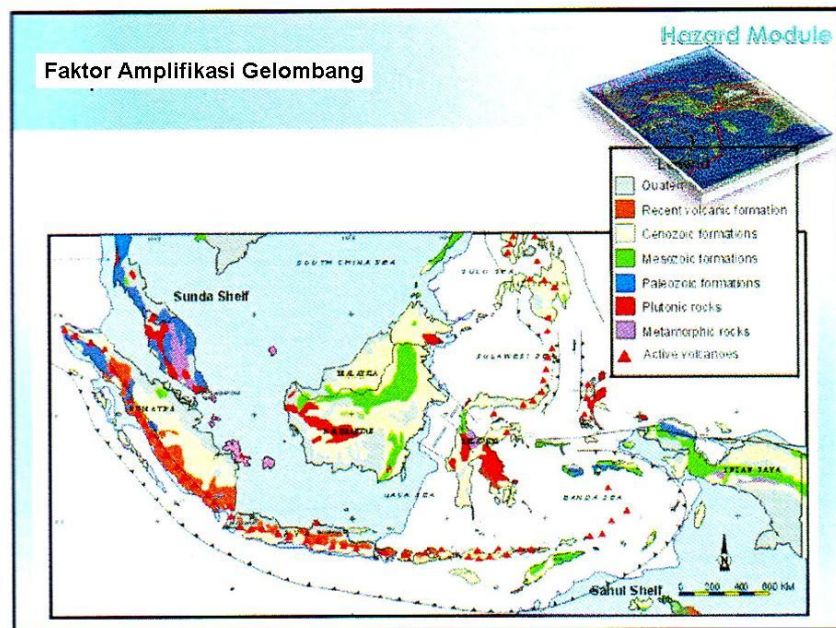
Gambar 30a. Katalog Gempa Maipark (2000).



Gambar 30-b. Katalog Gempa Maipark (2008): Sebaran dalam waktu.



Gambar 31. Empat Zona Risiko Gempa (Maipark, 2008).



Gambar 32. Peta Indonesia dengan wilayah lemah dibawah permukaan.

Dari kancah itu muncullah pertanyaan: di mana tanggung jawab sosial korporasi itu? Pemerintah negara-negara berkembang sudah banyak mengeluarkan dana dan usaha guna meringankan manusia yang ditimpa malapetaka. Jadi, muncullah istilah *Corporate Social Responsibility*. Oleh karena itu lebih banyak lagi perusahaan swasta yang ikut serta menyumbang dalam meringankan nasib orang yang tidak beruntung. Tetapi tetaplah berupa sumbangan sekalipun dalam pengertian *Corporate Social Responsibility* dan *Public-Private-Partnership* (Kemitraan Publik-Swasta atau KPS).

Perusahaan yang turut aktif menyumbangkan dana, atau dalam bentuk apapun, untuk meringankan penderitaan para korban bencana alam sudah banyak. Disini tersirat tanggung jawab sosial suatu korporasi dan dalam semangat PPP tadi. Tetapi, apapun bentuknya, perusahaan-perusahaan itu tidak langsung berhubungan dengan masalah penanggulangan bencana alam, termasuk perusahaan yang menghasilkan peralatan untuk peringatan dini, stasiun-stasiun seismik, obat-obatan, dan sebagainya.

Suatu bidang usaha yang langsung berhubungan dengan mentransfer risiko, dan dapat juga memanfaatkan pasar modal internasional dalam jumlah besar hanyalah asuransi dan re-asuransi yang akan diterangkan lebih lengkap di paragraf berikut.

Asuransi Sebagai Bidang Usaha yang Langsung Berkaitan dengan Mentransfer Risiko

Asuransi adalah suatu kontrak atau perjanjian antara 2 pihak (atau lebih); pihak pertama atau penanggung, membayar kerugian kepada yang tertanggung jika terjadi sesuatu di mana pihak tertanggung merasa dirugikan; sebaliknya si tertanggung, sesuai perjanjian tadi membayar sejumlah uang untuk waktu tertentu (sesuai kontrak) setahun sekali, atau untuk satu *event* tertentu; uang yang dibayarkan tertanggung kepada si penanggung (*insurer*) disebut premi. Sebaliknya (sesuai kontrak) ganti kerugian yang harus dibayar oleh si penanggung kepada yang tertanggung apabila terjadi keadaan di mana tertanggung merasa dirugikan, disebut "dana *claim*".

Penutup

Pemerintah tidak bisa lagi dibiarkan sendiri menanggung risiko bencana alam. Dunia usaha harus juga berpartisipasi dalam meringankan "tekanan" pada APBN Indonesia. Selayaknya dibangun suatu kemitraan antara Pemerintah dan Dunia Usaha, khususnya industri asuransi. Hal ini sudah terjadi dan mulai benar-benar bergerak ke arah yang diharapkan.

Perusahaan-perusahaan asuransi dan Re-asuransi di Indonesia bergabung membentuk PT. Asuransi Maipark atas prakarsa Departemen Keuangan RI. Perusahaan-perusahaan tersebut merupakan pemegang saham Maipark. Ini wujud dari tanggung jawab sosial korporasi dan bekerjasama dengan Pemerintah dalam rangka *Public-Private-Partnership*. Maipark merupakan suatu badan usaha yang harus berkembang, membuat laba, dan seterusnya. Maipark berusaha keras agar tidak merugi dengan membentuk Dept. R&D yang membangun Pemodelan Katastrofi dengan tujuan membuat prakiraan dan perkiraan mengenai besarnya kerugian apabila terjadi gempa di Indonesia. Pada saat ini Maipark memang baru menekuni gempa bumi dan tsunami, nantinya juga menangani letusan vulkanik, banjir dan tanah longsor.

Kekuatan dan keindahan sistem perasuransian adalah bahwa kebiasaan berasuransi membimbing masyarakat merencanakan hidup secara lebih baik. Kebiasaan berasuransi sama baiknya dengan kebiasaan menabung. Dalam hal ini peran pemerintah sangat penting dalam menjaga iklim usaha perasuransian yang baik: menerapkan sanksi bagi yang berbuat kejahatan, tetapi menghargai yang berbuat baik dan benar. Oleh karena itu di manapun di dunia ini masyarakat mendambakan *Good and Clean Governance*.

7. Peningkatan Kapasitas Masyarakat dalam Membangun Kesiapsiagaan

Upaya pengurangan risiko bencana perlu dilakukan pada berbagai tingkat, dengan melibatkan semua pemangku kepentingan yang terkait, termasuk masyarakat pada tingkat komunitas yang terkecil. Bagian ini membahas bagaimana upaya pengurangan risiko bencana berbasis partisipasi masyarakat dapat dilakukan di Indonesia. Selain itu juga dibahas konsep membangun kesiapsiagaan masyarakat sebagai bagian dari upaya pengurangan risiko bencana.

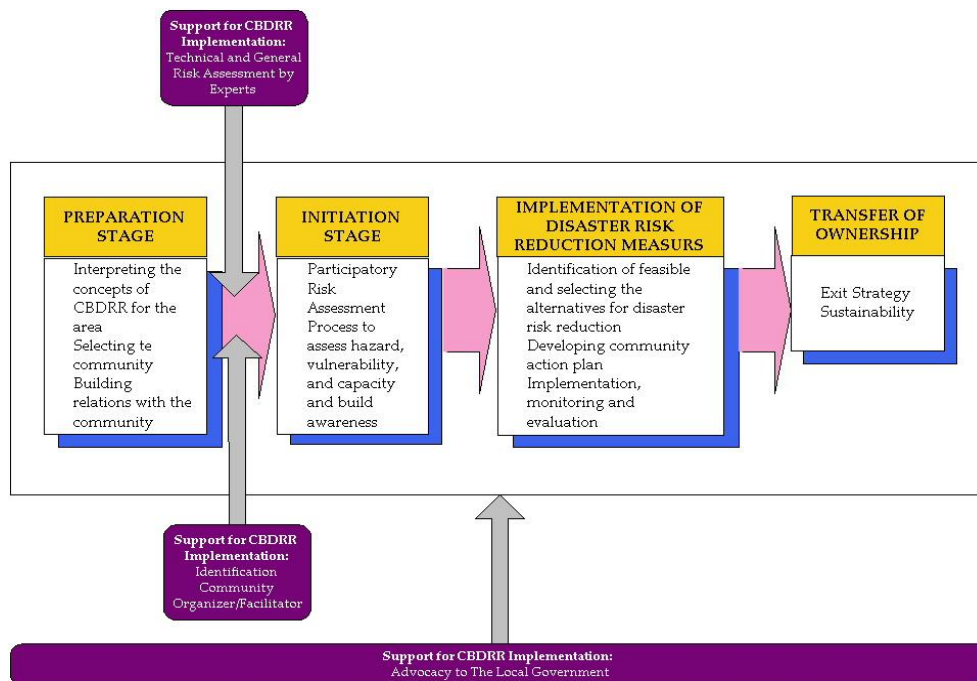
7.1. Pengurangan Risiko Bencana Berbasis Partisipasi Masyarakat di Indonesia

Krishna S. Pribadi dan Aria Maryani

Sebagai negara yang rawan terhadap berbagai ancaman bencana, masyarakat Indonesia harus memiliki ketahanan yang tinggi dalam menghadapi bencana. Proses pengurangan risiko bencana berbasis partisipasi masyarakat (PRBBM) dapat membantu dalam membangun ketahanan masyarakat dalam

menghadapi bencana, melalui proses membangun kapasitas masyarakat dalam mengurangi risiko dan meningkatkan kesiapan menghadapi bencana secara mandiri sehingga akan mudah bangkit kembali dengan cepat setelah dihantam oleh bencana. Pengelolaan bencana berbasis masyarakat melibatkan masyarakat secara aktif dalam proses pengelolaan risiko bencana dan masyarakat menjadi jantung dari kegiatan pemahaman risiko, perencanaan dan pembuatan keputusan serta pelaksanaan dari kegiatan pengurangan risiko bencana.

Pada umumnya tujuan dari berbagai program PRBBM ini berfokus pada kegiatan untuk mengurangi kerentanan dan meningkatkan kapasitas masyarakat baik secara individu, rumah tangga, maupun komunitas, dalam menghadapi dan menangani bencana. Kegiatan PRBBM ini berupaya untuk memperkuat ketahanan komunitas (*community resilience*) dalam menghadapi bencana. Berdasarkan pengalaman mengembangkan program PRBBM di berbagai daerah sejak tahun 2000, sebuah kerangka proses penyelenggaraan PRBBM seperti diperlihatkan pada Gambar 33 telah dikembangkan dan diujicobakan pada pilot proyek PRBBM di Propinsi NAD dan Sumatera Barat, dengan dana hibah dari UNDP pada tahun 2006 hingga 2007.



Gambar 33. Model kerangka pelaksanaan CDBRR
(Sumber: CDM-ITB dan UNDP, 2006).

Kerangka tersebut memiliki beberapa tahapan penting yang mengikuti prinsip-prinsip dasar dari proses manajemen risiko, dimulai dari proses memilih dan menentukan komunitas yang akan dibantu, mengenali dan memahami masyarakat, melakukan proses kajian risiko bencana, menyusun rencana tindak pengurangan risiko bencana, mengimplementasikan rencana tindak dan melakukan monitoring dan evaluasi pelaksanaannya. Keseluruhan proses dilaksanakan secara partisipatif dengan melibatkan masyarakat secara aktif, sedangkan peran dari organisasi penyelenggara PRBBM sebagai pihak luar yang melakukan intervensi hanyalah sebatas pada peran fasilitator.

7.2. Membangun Kesiapsiagaan Bencana di Indonesia sebagai Alternatif Bentuk Upaya Pengurangan Risiko Bencana

Harkunti P. Rahayu

Trend Bencana Alam dan Kondisi Kesiapsiagaan ‘Masyarakat’ Indonesia

Terjadinya eskalasi risiko bencana di Bumi Maritim Indonesia dalam satu dasa warsa terakhir, telah menunjukkan perlunya perhatian dan upaya intervensi pengurangan risiko bencana khususnya kesiapsiagaan (*preparedness*). Sejumlah bencana alam geologi maupun hidrometeorologi telah terjadi di banyak wilayah/kota padat penduduk dan mengakibatkan banyak korban jiwa, menghancurkan sarana dan prasarana, harta benda, serta meninggalkan dampak psikologis pada masyarakat akibat kehilangan anggota keluarga maupun sanak saudara. Ketika belum terselesaikannya rehabilitasi dan rekonstruksi di Provinsi NAD dan Sumut akibat gempa dan tsunami Aceh Desember 2004, di bagian lain wilayah Indonesia telah terjadi terjadi secara beruntun bencana geologi, seperti gempa di Nias 2005, Jogja 2006, Bengkulu 2007, dan Manokwari 2009; serta bencana tsunami di Pangandaran 2006; yang telah menelan ratusan ribu korban serta triliunan hasil pembangunan hilang dalam sesaat. Disamping itu, telah terjadi peningkatan frekwensi dan intensitas bencana banjir maupun banjir bandang di berbagai kota dataran rendah yang memiliki kompleksitas sungai, serta bencana rob yang menimpa wilayah pesisir utara Jawa yang padat penduduk. Secara akumulatif bencana hidrometeorologi telah pula menimbulkan banyak korban jiwa serta kerugian material yang sangat signifikan akibat lumpuhnya prasarana dan sarana kota pada saat banjir.

Besar kecilnya dampak bencana di atas selain ditentukan oleh faktor aktivitas ancaman bahaya, secara signifikan juga ditentukan oleh faktor kerentanan maupun faktor kapasitas dari suatu wilayah. Sehingga untuk mengurangi dampak bencana dapat dilakukan dengan berbagai upaya pengurangan risiko bencana, mulai dari upaya pengurangan tingkat kerentanan sampai upaya peningkatan kapasitas. Salah satu bentuk peningkatan kapasitas yang melibatkan komponen masyarakat dan perlu mendapatkan perhatian untuk kota dan kabupaten rawan bencana adalah kesiapsiagaan (*preparedness*). Kesiapsiagaan sendiri merupakan kegiatan maupun upaya yang dilakukan untuk mampu menanggapi suatu situasi bencana secara efektif, termasuk didalamnya penerbitan warning yang tepat waktu dan tepat sasaran serta evakuasi bagi manusia dan harta benda dari tempat yang terancam bencana (UNISDR 2004).

Seperti yang tertuang dalam catatan sejarah maupun cerita rakyat turun temurun, upaya kesiapsiagaan terhadap bencana alam sesungguhnya sudah banyak dilakukan di Indonesia sejak keberadaan peradaban di wilayah negara ini. Sebagai contoh: pengembangan dan pertumbuhan sebagian besar kota-kota besar di Pulau Jawa berada di wilayah pesisir utara yang relatif aman dari ancaman tsunami; keberadaan kata “smong” di masyarakat Simeuleu yang telah menyelamatkan sebagian besar masyarakatnya saat tsunami Desember 2004 dan tsunami Maret 2005 (Mc. Adoo et al, 2006); dan masih banyak *local wisdom* lain yang menyatakan bagaimana kesiapsiagaan sudah mulai diperhatikan baik untuk individu maupun tingkat wilayah. Akan tetapi seiring dengan perjalanan waktu dan modernisasi peradaban, banyak *local wisdom* yang terabaikan, berkurang dan menghilang.

Tsunami Aceh Desember 2004 telah banyak memberikan pelajaran yang berharga, terutama bagi upaya pengurangan risiko bencana. Ada perubahan kebutuhan yang signifikan dalam upaya kesiapsiagaan terhadap bencana. Bencana yang *wide impact* seperti tsunami memerlukan kesiapsiagaan yang melibatkan seluruh stakeholder. Sebelum Desember 2004 upaya kesiapsiagaan telah lebih banyak dilakukan secara sektoral dan parsial sesuai dengan kebutuhan, akan tetapi paska Desember 2004 upaya peningkatan kesiapsiagaan terhadap bencana perlu dilakukan secara intersektoral dan melibatkan seluruh pemangku kepentingan (*stakeholder*) masyarakat. Lepas dari kontroversi yang ada, dalam makalah ini akan dibahas pengertian dari kesiapsiagaan, perkembangan upaya peningkatan kesiapsiagaan berikut beberapa contoh *best practices*, serta strategi intervensi yang diperlukan.

Pengertian Kesiapsiagaan yang Holistik

Seperti telah didefinisikan oleh UNISDR diatas, kesiapsiagaan merupakan kegiatan maupun upaya yang dilakukan untuk mampu menanggapi suatu situasi bencana secara efektif, termasuk didalamnya penerbitan warning yang tepat waktu dan tepat sasaran serta evakuasi bagi manusia dan harta benda dari tempat yang terancam bencana (UNISDR 2004).

Pengertian dari kesiapsiagaan pada kenyataannya tidak dapat terlepas dari pengertian masyarakat. Seperti terlihat pula dalam pengertian kesiapsiagaan menurut Nick Carter (1991) sebagai upaya-upaya yang memungkinkan pemerintah, organisasi, masyarakat dan individual untuk mampu menanggapi situasi bencana secara cepat dan tepat guna; termasuk upaya penyusunan rencana penanggulangan bencana, pemeliharaan sumber daya dan pelatihan personil.

Pada realitasnya, sebelum dan paska Tsunami Desember 2004 pemahaman dan fokus dari peningkatan **kesiapsiagaan masyarakat** sangat beragam. Sebagian kelompok praktisi lebih memfokuskan **kesiapsiagaan masyarakat** pada kegiatan-kegiatan pengurangan risiko bencana berbasis masyarakat seperti **participatory risk assessment, vulnerability and capacity assessment** dan **action planning**. Sebagian lagi mengartikan **kesiapsiagaan masyarakat** sebagai upaya pendidikan publik (*public education* maupun *public awareness*), ada pula kelompok lain yang mengartikan **kesiapsiagaan masyarakat** sebagai bagian dari upaya peningkatan kemampuan tanggap darurat di masyarakat. Bahkan banyak kegiatan yang hanya mefokuskan pada pengentasan kemiskinan (*poverty alleviation*). Bahkan, banyak dari kegiatan-kegiatan **kesiapsiagaan masyarakat** tersebut diimplementasikan secara instan langsung pada masyarakat, baik masyarakat umum maupun masyarakat sekolah, tanpa mempertimbangkan faktor keberlanjutan dari program/kegiatan.

Lepas dari sangat beragamnya upaya peningkatan kesiapsiagaan masyarakat di atas, dalam naskah ini agar upaya peningkatan kesiapsiagaan masyarakat dapat efektif dan tepat sasaran, maka kata '**masyarakat**' perlu didefinisikan terlebih dahulu. Pengertian masyarakat sendiri adalah sekelompok manusia yang mempunyai rasa memiliki dan komitmen bersama (Mc.Millan and Chavis 1986). Akan tetapi dalam pengertian kesiapsiagaan, '**masyarakat**' tidak dapat diartikan sebagai entitas tunggal kelompok masyarakat itu sendiri, tetapi perlu diperluas meliputi entitas yang lebih luas yang mencakup seluruh pemangku kepentingan (*stakeholder*) terkait dengan upaya kota dalam menanggapi situasi bencana; yang meliputi unsur masyarakat umum dan berbagai lapisannya, unsur pemerintah, unsur LSM, unsur swasta dan unsur-unsur lainnya dalam suatu wilayah.

Selanjutnya pengertian **kesiapsiagaan** sendiri perlu didefinisikan secara holistik yang merupakan tingkat **kesiapan** (*readiness*) dan **kemampuan** (*ability*) dari suatu ‘masyarakat’ untuk **fase pra-bencana pada saat ancaman bencana akan terjadi dan fase saat bencana terjadi**. Oleh karena itu sesuai dengan definisi UNISDR mengenai **kesiapsiagaan** (*preparedness*) serta menurut *guideline* dari UN tentang **kesiapsiagaan** (*preparedness*), sasaran upaya peningkatan kesiapsiagaan yang perlu dilakukan minimum ada dua yang terdiri dari:

- (a) kemampuan **prakiraan** potensi ancaman bencana serta mengambil tindakan segera penyelamatan diri bila ada tanda-tanda peringatan dini, dan
- (b) kemampuan **menanggapi** (*respon*) dan **mengatasi** situasi bencana dengan cara mengatur dan menggerakkan tindak penyelamatan, pertolongan dan bantuan paska bencana dengan efektif dan tepat waktu.

Paradigma Baru Kesiapsiagaan dan Strategi Intervensi

Untuk mengantisipasi eskalasi risiko bencana yang sudah dijelaskan pada bagian 1 diatas, maka kesiapsiagaan saat ini perlu mengakomodasi pergeseran paradigma penangan kebencanaan, dimana kesiapsiagaan tidak dianggap sebagai suatu tahapan dalam siklus manajemen bencana, tetapi sebagai suatu pendekatan pengurangan risiko bencana (DRR) yang holistik yang meliputi 2 upaya yang sangat terkait satu sama lain, yaitu meliputi upaya **sistim peringatan dini** (*early warning system*) dan upaya pembuatan **rencana kontijensi** (*contingency planning*). Lebih jauh lagi kesiapsiagaan perlu dilengkapi dengan upaya pembuatan rute evakuasi, rambu-rambu evakuasi dan pelatihan/drill yang dilakukan secara berkala untuk menguji efektivitas system peringatan dini yang dibangun berikut kesiapan dan kemampuan dari aparat pemerintah yang bertanggung jawab dan kesiapsiagaan masyarakat.

Melihat pergeseran paradigma diatas, jelas upaya kesiapsiagaan tidak dapat hanya dilakukan oleh entitas tunggal seperti masyarakat saja. Perlu peran aktif dari seluruh stakeholder ‘masyarakat’ seperti didefinisikan pada paragraph sebelumnya yang meliputi unsur pemerintah, NGO, Pihak swasta dan stakeholder lainnya, seperti unsur perguruan tinggi maupun lembaga riset untuk dapat membantu menyiapkan kajian prakiraan potensi ancaman bencana di suatu wilayah. Adalah kewajiban pemerintah untuk dapat mengembangkan dan membangun infrastruktur sistem peringatan dini serta rencana kontijensi yang siap dan dapat dilaksanakan oleh seluruh stakeholder pada saat ada potensi ancaman bencana; dan adalah kewajiban masyarakat untuk memberdayakan dirinya untuk dapat mampu merespon terhadap

peringatan dini akan potensi bencana. Hal ini sesuai dengan UU No 24 tahun 2007 tentang Penanganan Kebencanaan yang menyatakan:

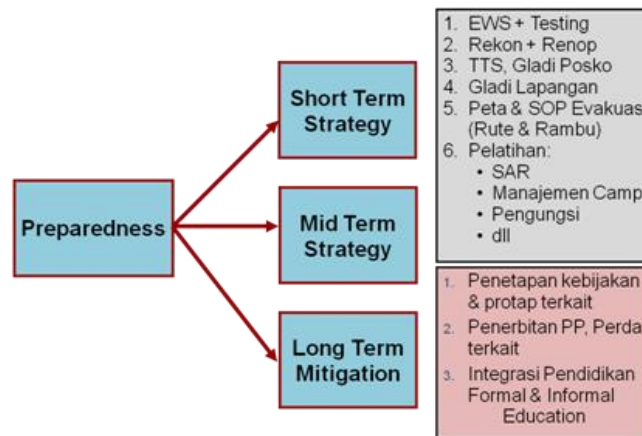
- Pasal 15 : dalam keadaan adanya potensi bencana, maka dilaksanakan kesiapsiagaan, peringatan dini dan mitigasi.
- Pasal 16 : pemerintah melaksanakan kesiapsiagaan untuk menjamin terlaksana dengan baik, cepat dan tepat saat terjadi bencana.

Upaya pemerintah Republik Indonesia, dalam pengurangan risiko bencana untuk peningkatan kesiapsiagaan telah mulai secara intensif dilakukan dalam dua dekade terakhir walaupun pada awalnya masih secara parsial dan sektoral. Akan tetapi, paska gempa dan tsunami Aceh 2004 yang sedemikian dahsyatnya, telah membuat banyak pihak mulai memikirkan perlunya intervensi secara terintegrasi dan multisektoral melalui pengembangan dan pembangunan Sistem Peringatan Dini Indonesia (Ina-TEWS) mulai tahun 2005 dan seluruh komponen kesiapsiagaan tersebut diakomodasi dalam *grand design* Ina-TEWS.

Untuk mencapai upaya kesiapsiagaan yang efisien dan efektif maka, strategi pemerintah daerah dan masyarakat serta stakeholder lainnya dalam upaya kesiapsiagaan jangka pendek, jangka menengah dan jangka panjang dapat dibagi lagi menjadi beberapa upaya seperti: pengembangan berikut uji coba secara berkala sistem peringatan dini yang terintegrasi dengan sistem prakiraan potensi bencana, disamping pengembangan dan uji coba rencana kontijensi yang meliputi rencana evakuasi atau upaya-upaya lain yang diperlukan pada saat ada peringatan dini agar dapat meminimalkan kehilangan jiwa dan kerugian maupun kerusakan fisik; pendidikan dan pelatihan aparat pemerintah dan masyarakat dari daerah rawan bencana; penetapan kebijakan, standar, pengaturan organisasi dan rencana operasi yang siap dijalankan pada saat terjadi bencana; pengadaan stok pangan; dan pelatihan tim reaksi cepat (lihat Gambar 34).

Peningkatan kesiapsiagaan idealnya memang dilakukan secara holistik oleh seluruh unsur masyarakat suatu kota atau kabupaten untuk tipe bencana skala besar. Akan tetapi untuk tipe bencana yang mempunyai karakteristik **slow-onset** dengan skala kecil seperti banjir karena hujan lokal dapat dilakukan melalui upaya kesiapsiagaan dengan mengembangkan dan membangun sistem peringatan dini berbasis masyarakat, sebagai contoh penggunaan Flood Reference untuk sistem peringatan dini banjir yang sifatnya lokal. Sedangkan untuk bencana banjir skala besar dengan *multi sources* seperti banjir karena hujan lokal maupun banjir kiriman dari hulu sungai, tentu diperlukan suatu sistem peringatan dini yang terintegrasi antara sistem

peringatan dini yang mampu melakukan prakiraan dan penerbitan warning yang ada di level kota, provinsi dan nasional dengan sistim peringatan dini berbasis masyarakat ini (Rahayu et al, 2009).



Gambar 34. Pengembangan strategy membangun kesiapsiagaan.

Kesimpulan dan Saran

Sebagai Negara Maritim yang kaya akan potensi sumber daya alam dan kaya akan keanekaragaman bencana alam, maka seiring dengan eskalasi risiko bencana dalam dua dasa warsa terakhir, kesiapsiagaan untuk seluruh unsur masyarakat, pemerintah dan stakeholder terkait sangat diperlukan. Peningkatan kesiapsiagaan dapat dilakukan untuk jangka pendek, menengah dan panjang sesuai dengan kebutuhan dan potensi daerah masing-masing. Banyaknya upaya-upaya yang sudah dilakukan, perlu direplikasi di daerah lain mengingat luasnya wilayah Negara kita, tentunya dengan memperhatikan unsur *local wisdom*. Upaya eskalasi juga perlu mempertimbangkan pemanfaatan peran iptek dan teknologi tepat guna, mengingat banyak nya daerah yang mempunyai karakteristik yang sama.

8. Pengalaman ITB dalam Kegiatan Tanggap Darurat Bencana Gempa Bumi 27 Mei 2006 di Yogyakarta

Chalid Idham Abdullah

Indonesia sebagai negara kepulauan yang terbentuk dari hasil pertemuan tiga lempeng litosfer secara konvergen yaitu Lempeng Hindia-Australia di Selatan, Lempeng Eurasia di Utara dan Lempeng Pasifik di Timur dikenal sebagai wilayah yang rawan terhadap bahaya gempa bumi tektonik, letusan gunung api dan tsunami. Gempa bumi umumnya menimbulkan guncangan tanah (*ground shaking*) yang menimbulkan dampak yang bersifat destruktif, baik terhadap kondisi muka tanah maupun infrastruktur bangunan.

Sebagai negara berkembang yang terletak di daerah tropis bercurah hujan tinggi, Indonesia juga mengalami ancaman besar dari bahaya banjir dan tanah longsor terutama sebagai dampak program pembangunan yang relatif tidak terkontrol dengan baik. Ketidakmapanan pembangunan tersebut juga memiliki dampak yang dapat meningkatkan ancaman bahaya kekeringan. Potensi bahaya alam tersebut mempunyai kemungkinan untuk menimbulkan risiko bencana. Selain bencana alam tersebut, karena adanya ketidakmapanan pembangunan, terdapat juga bahaya manusiawi yang berpotensi menimbulkan bencana seperti kebakaran, polusi udara, limbah industri dan lainnya.

Untuk itulah, Indonesia membutuhkan IPTEKS yang dapat dimanfaatkan dalam upaya pencegahan dan pengurangan terjadinya bencana tersebut di atas. Dalam hal ini, ITB sebagai salah satu perguruan tinggi Indonesia terkemuka di bidang IPTEKS, mempunyai komitmen untuk berkontribusi dalam upaya tersebut di atas.

Pada dasarnya, kontribusi ITB dalam mitigasi bencana alam telah berlangsung sejak lama, hal ini dapat diidentifikasi dari keterlibatan ITB pada kegiatan terkait dengan penanganan / penanggulangan bencana yang selama ini telah dilakukan. Namun demikian, kontribusi tersebut baru terinstitusikan dengan baik setelah didirikannya Pusat Mitigasi Bencana (PMB) pada tahun 1999. Pendirian PMB merupakan tindak lanjut dari usulan para staf ITB yang terlibat dalam bencana gempa bumi di Lampung dan Tsunami di Flores pada tahun 1992. Sejak didirikannya Pusat Mitigasi Bencana (PMB), kegiatan kontribusi ITB dibidang tersebut semakin meningkat dan berkembang. Dalam hal ini, ITB telah berkomitmen untuk berkontribusi pada tiap tahapan dari siklus manajemen bencana alam sesuai kemampuan yang dimilikinya.

Maksud dari kontribusi ITB adalah untuk memberikan bantuan teknis sesuai dengan kemampuan dan kompetensi ITB, dengan tujuan untuk membantu para korban agar dapat memulai hidupnya kembali dengan ketahanan yang lebih baik terhadap ancaman dari bahaya bencana serupa. Kontribusi ITB mencakup bantuan logistik selama masa *relief* dan bantuan produk teknologi/teknis bagi upaya *relief* dan rekonstruksi yang mengutamakan pendekatan pengurangan risiko bencana. Tercakup dalam kontribusi adalah mobilisasi sivitas akademika sebagai relawan selama masa kontribusi tersebut.

Kegiatan ini dilaksanakan di wilayah yang terkena bencana alam seperti misalnya di daerah Aceh akibat bencana tsunami dan di daerah Provinsi Istimewa Yogyakarta dan Kabupaten Klaten akibat gempa tektonik dari pengaruh sesar Opak. Dalam realisasinya telah dibuat POSKO SATGAS ITB di wilayah yang terkena bencana alam, yang merupakan pusat koordinasi kegiatan di daerah bencana dan POSKO Bandung yang merupakan pusat koordinasi kegiatan secara keseluruhan.

Rektor ITB membentuk SATGAS ITB pada tanggal 28 Mei 2006 yang bertugas mengkoordinasikan semua kegiatan / program bantuan ITB bagi korban bencana alam gempa bumi tektonik di Yogyakarta dan Jawa Tengah. Pada hari yang sama, SATGAS ITB tersebut telah mendirikan POSKO di Bandung (LPPM ITB) dan di Yogyakarta (Kecamatan Pleret, Kabupaten Bantul, Foto 1 dan 2). Kegiatan bantuan teknis pada masa rekonstruksi dan transisi dilakukan berkoordinasi dengan Universitas Gajah Mada (UGM) dan *stakeholder* terkait sesuai kesepakatan bersama.



Gambar 40. Foto-foto kunjungan Rektor ITB ke POSKO ITB dan POSKO Alumni ITB.

Kontribusi ITB meliputi berbagai bantuan logistik termasuk keperluan utilitas darurat berupa sistem pengolahan air minum darurat dan sanitasi, serta bantuan teknis sesuai kompetensi meliputi survey rekonesans serta identifikasi kondisi bangunan untuk keperluan pemanfaatan dan pembangunan kembali. Tujuan dari kajian singkat dan survey rekonesans (investigasi lapangan pasca bencana) ini adalah untuk mengkaji pengaruh dari besaran gempa yang terjadi serta mengidentifikasi kerusakan bangunan-bangunan dan sarana/prasarana akibat gempabumi dan memberikan rekomendasi dalam tahap tanggap darurat, rehabilitasi, rekonstruksi, maupun rekomendasi awal dalam jangka panjang.

Survey lapangan yang dilakukan 3 (tiga) hari setelah gempabumi terjadi dimaksudkan untuk juga dapat memberikan evaluasi cepat terhadap bangunan/fasilitas yang kritis khususnya bangunan rumah sakit dan bangunan sekolah. Survey meliputi :

1. Kajian gempabumi, yaitu memberikan analisis gempa bumi yang terjadi dengan pengumpulan data:
 - Kondisi geologi
 - Kondisi Kegempaan (seismisitas dan mekanisme fokus)
 - Kondisi geoteknik lokal dan likuifaksi
 - Kondisi kerusakan bangunan dan infrastruktur akibat gempa.
2. Melaksanakan kajian awal/kaji-cepat terhadap hasil pengumpulan data dan survey untuk memberikan rekomendasi teknis terhadap langkah-langkah yang perlu dilakukan selanjutnya bagi upaya rehabilitasi dan rekonstruksi Propinsi DIY dan Jateng dalam jangka pendek, menengah dan jangka panjang. Kajian awal hasil pengumpulan data dan survey rekonesans dilakukan untuk mendapatkan informasi seperti:
 - Sesar (patahan), sumber dan besarnya getaran gempa bumi yang terjadi
 - Kondisi geologi dan geoteknik secara umum
 - Peta intensitas gempa atau peta MMI
 - Informasi atau peta distribusi kerusakan
 - Informasi daerah-daerah yang mengalami likuifaksi

3. Memberikan rekomendasi atau masukan teknis dalam rangka rehabilitasi dan rekonstruksi serta penyusunan revisi *master-plan* penataan ulang kota-kota di DIY dan Jateng.

Keterlibatan Satuan Tugas Tanggap Darurat ITB memberikan gambaran mengenai apa saja yang dapat dilakukan oleh suatu institusi pendidikan dalam memberikan kontribusi bagi upaya pengurangan risiko bencana pada saat setelah terjadi suatu bencana, dengan memberikan masukan teknis bagi proses pemulihan yang berlanjut dengan melibatkan upaya jangka pendek, menengah dan jangka panjang untuk mengurangi risiko bencana di masa yang akan datang.

EPILOG

M. T. Zen

"The Beyond ... "

Those are bad sailors who say: "There is no land because they see no land".

Ucapan tersebut di atas berlaku pula bagi mereka yang hanya melihat apa-apa yang terpampang dihadapan mata saja. Usaha membangun bangsa membentang puluhan atau ratusan generasi. Pada umumnya kita sudah menyadari bahwa salah satu kekurangan Bangsa Indonesia ialah kita tidak mampu berpikir untuk jangka panjang atau berencana jangka panjang. Salah satu manifestasi dari kekurangan tersebut ialah ketidakmampuan Bangsa Indonesia melihat dibalik sesuatu yang lebih nyata. Sebagai contoh dilukiskan disini adalah pandangan kebanyakan orang mengenai universitas, perpustakaan, dan laboratorium. Pada umumnya universitas dianggap suatu gedung atau kompleks gedung-gedung di mana para kaum muda datang untuk menerima pelajaran tertentu; perpustakaan dianggap gedung dimana orang menyimpan buku dan sekaligus merupakan taman bacaan; sementara laboratorium dianggap tempat ahli bekerja melakukan eksperimen-eksperimen. Hal yang sama berlaku pada kegiatan yang secara singkat disebut "Penanggulangan Bencana Alam Secara Terpadu dengan Pendekatan Holistik di Negara Maritim Indonesia". Komponen terpenting dalam penanggulangan bencana alam adalah komponen mitigasi. Hingga kini yang ada di Indonesia hanyalah komponen Tanggap Darurat yang terdiri dari subkomponen SAR dan menampung rakyat yang terpaksa diungsikan dan membuat rumah sakit darurat atau RS lapangan di mana yang terluka diberi perawatan. Selain dari itu adalah membagi-bagikan makanan, pakaian, obat-obatan bagi para korban bencana. Kebiasaan ini sudah berjalan sejak Republik Indonesia lahir hingga kini.

Tindakan tanggap darurat dalam konteks kejadian bencana adalah mutlak perlu. Biasanya, kegiatan ini segera diikuti dengan fase Rehabilitasi dan Rekonstruksi, yang secara keseluruhan memerlukan investasi dan dana sangat banyak. Proses sedemikian sudah berjalan puluhan tahun. Melalui kegiatan tersebut, masyarakat tidak diajarkan, dilatih, dibiasakan untuk mandiri mengatasi persoalan rutinnnya. Guna menyelesaikan permasalahan tersebut harus dilaksanakan Program Mitigasi yang sangat luas (Gambar 3 pada Prolog), mulai dari membiasakan berlatih dalam kesiagaan dan

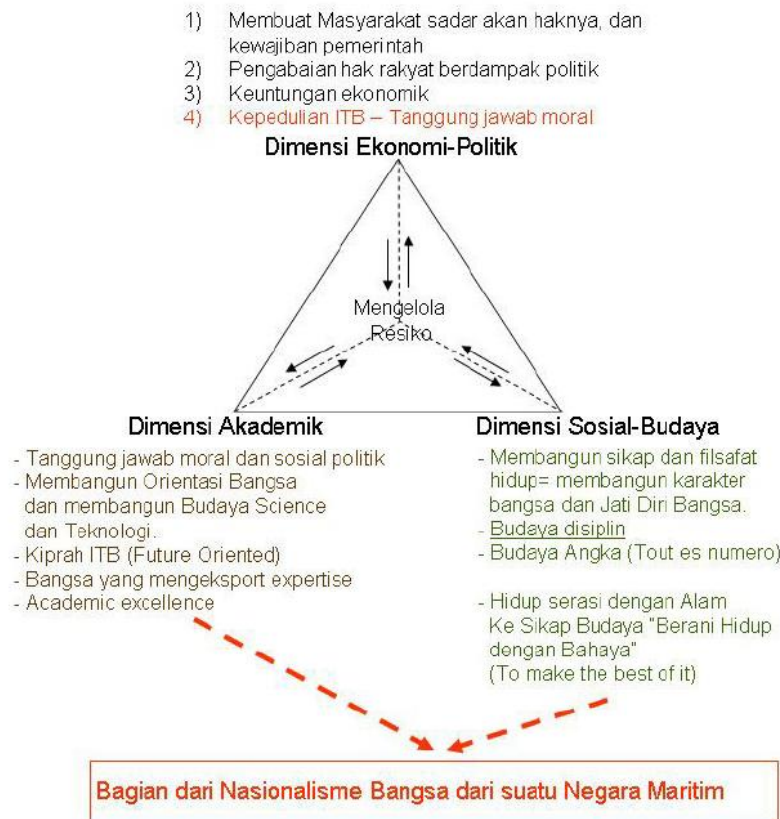
penyadaran, dilatih dalam hal penyelamatan diri secara rutin, dan akhirnya membimbing untuk berdaya dan mandiri melalui berbagai program pemberdayaan masyarakat termasuk Program Asuransi, yang bertujuan membangun kemandirian. Dengan keberdayaan yang mandiri, sebagai contoh apabila terjadi bencana yang memporak-porandakan perumahan rakyat, maka dalam waktu relatif singkat rakyat dapat membangun perumahannya kembali.

Di negara industri maju seperti Jepang, RRC, Korea Selatan, Negara Eropa tertanam kebiasaan menabung. Ini ada kaitannya dengan iklim yang datang silih berganti secara teratur: musim semi, musim panas, musim gugur, dan musim dingin. Semua orang, termasuk anak-anak sudah dilatih membantu orangtuanya, mempersiapkan dan menyimpan bahan makanan di ruang bawah tanah rumahnya (*cellar*) pada musim gugur untuk dimanfaatkan di musim dingin.

Selangkah lebih maju kebiasaan berasuransi juga ditumbuhkan pada kehidupan masyarakat. Sebagai contoh, orang Jerman tidak akan keluar rumah jika dia tidak dilindungi oleh asuransi, mulai dari asuransi kendaraan, asuransi kesehatan dan kecelakaan, asuransi rumah dan harta bendanya. Bahkan seorang penyanyi yang terkenal mengasuransikan suaranya; seorang pemain biola yang terkenal mengasuransikan tangan dan jari-jarinya. Di Indonesia pada umumnya masyarakat sudah kenal asuransi kendaraan, ada juga yang sudah mengasuransikan rumahnya, dan ada pula yang telah mengasuransikan dirinya terhadap kecelakaan. Dalam kaitan itu, yang sangat relevan adalah mengasuransikan rumah, bangunan atau properti, infrastruktur terhadap bencana alam. Rumah penduduk di negara maju rata-rata diasuransikan, sehingga apabila terkena bencana, dalam waktu relatif singkat mereka sudah dapat membangun rumahnya kembali tanpa bantuan pemerintah. Bahkan mereka bangga apabila tidak perlu dibantu orang lain atau pemerintah dalam membangun kembali rumah-rumahnya. Namun usaha demikian belum merata terjadi pada bangsa Indonesia. Dalam kaitannya dengan mitigasi bencana, justru kebiasaan ini yang harus ditingkatkan, yang pada gilirannya akan membimbing masyarakat menuju kemandirian.

ITB selain sudah relatif maju, cemerlang atau *excellent* dalam sains, *engineering* (teknik), seni dan desain, seyogyanya ITB mulai melihat apa yang disebut "the Beyond". Yaitu menunjukkan kepedulian yang tulus terhadap penderitaan rakyat, dan memupuk tanggung jawab moral terhadap nasib bangsanya, membangun masyarakat berdaya dan mandiri. Dengan demikian ITB ikut membina karakter/jati diri bangsa, serta ikut memicu perubahan kultural. Ini yang disebut *beyond academic excellence*. Dengan demikian, dalam usaha penanggulangan bencana alam seyogyanya ITB

bersama perguruan tinggi lainnya dapat membantu usaha membangun keberdayaan masyarakat, antara lain dengan menyadarkan masyarakat mematuhi anjuran pemerintah mengenai tata guna lahan, mengikuti peraturan-peraturan tentang bangunan (*building codes*), dan lain-lain. Dengan kebiasaan mengikuti peraturan maka akan bertumbuh-kembang menjadi kebiasaan yang lambat laun menjadi budaya. Dari sana terbentuk karakter dan menjadi jati diri bangsa. Kesemuanya itu merupakan bagian dari nasionalisme kontemporer Indonesia. Pendek kata ITB harus bergerak "beyond academic excellence" yang ikut membimbing Hidup Berani dengan Bencana dalam arti "to make the best of it". Langkah-langkah menghadapi bencana alam sebagaimana disebutkan, secara keseluruhan dilukiskan dalam Gambar 1. Dari semua komponen yang disebut dalam Gambar 1, tidak ada yang tidak dapat dilakukan oleh ITB dalam arti kata menyumbangkan idea dan berpartisipasi dalam proyek-proyek yang mengarah ke Membangun Masyarakat Mandiri dan Berdaya dengan menggunakan semua proses penanggulangan bencana alam sebagai wahana.



Gambar 1. Tiga dimensi mengelola risiko bencana.

Bencana Alam dalam Konteks Ekologik

Pada dasarnya penanggulangan bencana alam mempunyai keterkaitan dengan penanggulangan ekologik. Masalah ini sangat luas dan mungkin banyak orang yang belum menyadarinya. Bahkan lebih luas dari itu, yaitu pada dasarnya pembangunan bangsa Indonesia erat sekali dengan masalah ekologik. Untuk jangka panjang pembangunan ekonomi Indonesia akan sangat dibatasi oleh keterbatasan ekologik. Indonesia akan kekurangan air bersih, kekuarangan lahan yang baik untuk pertanian, penurunan sumberdaya hutan, termasuk penuruanan aset mineral dan sumberdaya energi. Dalam konteks tersebut, pada saat ini, Indonesia sudah mengalami *ecological overstress*. Tanah - Air - Hutan sangat menentukan perkembangan pertanian untuk menunjang kehidupan rakyat Indonesia kedepan. Dalam kaitan itulah peran ilmu dan teknologi sangat menentukan.

Apa kaitannya dengan masalah penanggulangan bencana alam? Dana sangat besar yang seyogyanya dimanfaatkan untuk membangun kesejahteraan rakyat, terpaksa dialokasikan untuk menangani akibat bencana. Tanggung jawab itu semua terletak dibahu pemerintah. Selama ini tidak ada apa yang disebut "Transfer Risiko", dalam hal ini dari Pemerintah kepada masarakat.

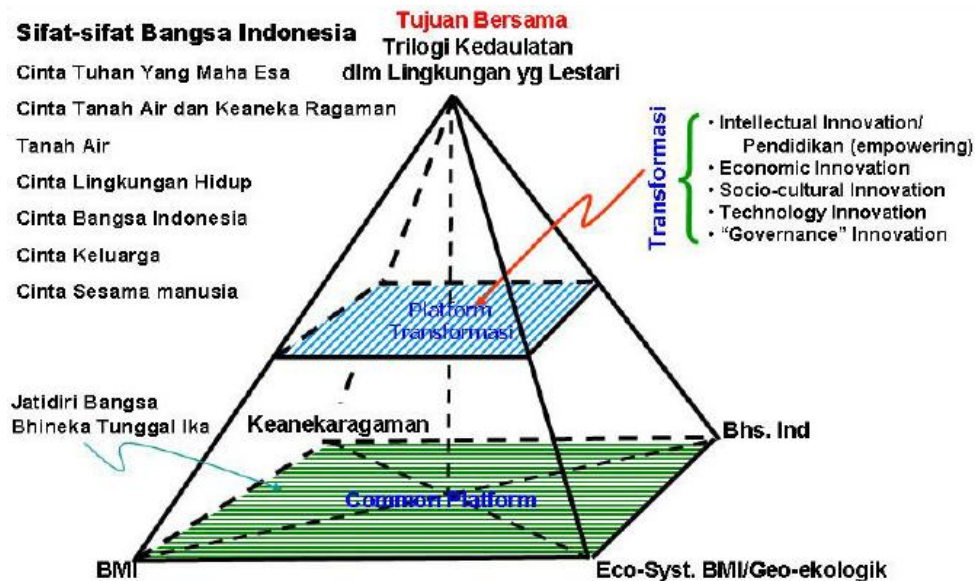
Sebagaimana telah disinggung di depan, dalam konteks ekologik, yang segera akan membatasi kemampuan Indonesia membangun jangka panjang adalah keterbatasan dari daya dukung lingkungan dalam bentuk:

1. air dan lahan yang baik
2. hutan
3. sumberdaya mineral
4. energi dan kekurangan kreativitas teknologi untuk menciptakan sumberdaya energi alternatif.

Sebagian dari sumberdaya air dan lahan-lahan berkualitas tinggi dirusak oleh bencana alam seperti tsunami Aceh. Demikian pula halnya, pencemaran lautan akan sangat berpengaruh pada sumberdaya perikanan Indonesia dan membatasi kemampuan budidaya pesisir. Perlu diingat garis pantai Indonesia mempunyai panjang 81.000 km. Semua itu membutuhkan waktu lama untuk memulihkannya kembali. Dalam Prolog sudah dijelaskan pemulihan modal yang terganggu oleh bencana alam membutuhkan waktu lama, khususnya untuk negara berkembang seperti Indonesia.

Bencana alam tak ubahnya seperti serangan musuh dimasa perang. Adalah kewajiban setiap warga negara untuk mempertahankan wilayah dan harta bendanya. Berkaitan dengan pemanasan global, 200 pulau Indonesia akan hilang. Garis pantai Indonesia harus dimundurkan. Berkaitan dengan itu bermunculanlah penyakit-penyakit baru yang tidak dikenal sebelumnya.

Kesemuanya itu meminta biaya dan keahlian. Menjaga keutuhan negara Indonesia terhadap "gangguan" bencana alam ada analoginya dengan nasionalisme, terutama jika dikaitkan dengan Pemanasan Global. Oleh karena itu Zen (1999 dan 2005) mencetuskan Nasionalisme Kontemporer untuk Indonesia yang berlandaskan geo-ekologik dan yang dikaitkan dengan konsep Benua Maritim (Gambar 2).



Gambar 2. Piramida Nasionalisme Indonesia ditunjang Konsep Benua Maritim Indonesia yang dicirikan oleh keanekaragaman yang disebut keanekaragaman bio-geo-ethno-sosio-kultural (Zen, 1999).

Pengelolaan ekologi Indonesia sangat dipengaruhi oleh kecanggihan teknologi yang dipandu oleh kearifan kita, dan kemampuan kita dalam menanggulangi bencana alam. Dalam kaitan itu, kita selalu terlena dengan luasnya Indonesia. Ini tantangan besar bagi Bangsa Indonesia, untuk membuktikan bahwa kita benar-benar peduli.

Saran Bagi Peneliti

Bagi para peneliti Indonesia yang menekuni masalah pengurangan dampak bencana alam, agar diingat bahwa sekalipun sudah banyak yang dilakukan dalam bidang ini, masih banyak masalah yang menunggu solusi. Hendaknya diingat tentang usaha manusia meramalkan gempa secara akurat; tentang terjadinya tsunami yang sesungguhnya, gejala badai-badai besar yang kadangkala menerpa manusia. Semua gejala alam seperti proses gempa

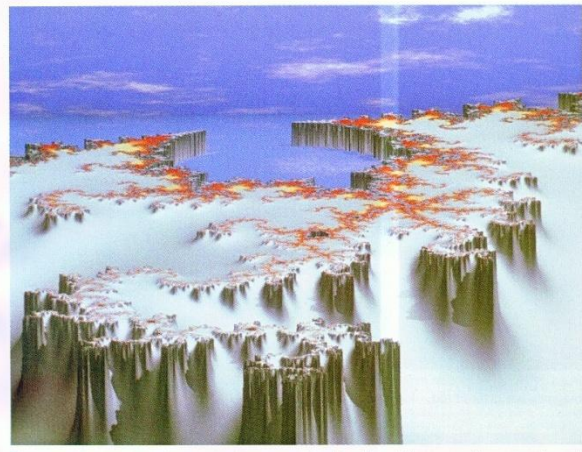
bumi, badai, tsunami merupakan proses-proses yang cepat terjadinya. Para ahli geologi sudah sangat jauh menganalisa proses-proses yang terjadi dimasa lalu dalam rentang waktu yang panjang. Tetapi masih sangat tak berdaya untuk memprediksi proses yang berjalan sangat cepat, hingga dalam fraksi dalam detik. Lagi pula gejala tersebut mendekati proses yang sangat galau (*chaotic*). Untuk proses *chaotic* tersebut manusia harus mendekati masalah-masalah itu dengan pikiran dan pandangan non-linear. Ini sangat sukar karena manusia sudah terlalu biasa dengan masalah-masalah yang bersifat linear, sementara tidak semua proses alam bersifat linear. Disini manusia harus mulai mendekatinya dengan proses dinamika non-linear. Dengan kata lain, instrumen-instrumen yang dipakai harus berbeda. Berbagai masalah dan fenomena alam tersebut harus didekati dengan pandangan demikian, seperti pemanfaatan fenomena fraktal (Kruhl, 1994; Wiggins, 1990), pemanfaatan kompleksitas dan *cellular automata* (Wolfram, 1994) dan sebagainya. Guna menyelesaikan permasalahan yang sangat kompleks tersebut, sering kali manusia butuh keberanian menyimpang dari kebiasaan lama.

“In the intervening twenty years, physicists, mathematicians, biologists, and astronomers have created an alternative set of ideas. Simple systems give rise to complex behavior. Complex systems give rise a complexity holds universally, caring not at all for the details of a system’s constituent atoms.”

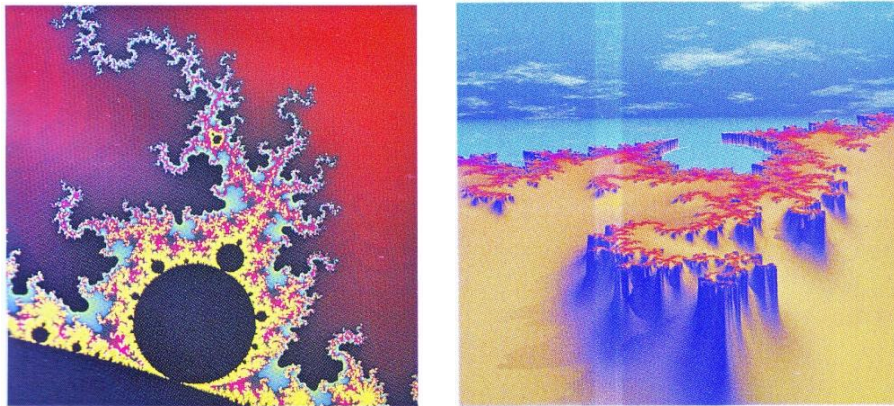
“Hao Bai-Lin, a physicist in China who assembled many of the historical papers of chaos into a single reference volume: A kind of order without periodicity. And: A rapidly expanding field of research to which mathematicians, physicists, hydrodynamicists, ecologists and many others have all made important contributions. And: A newly recognized and ubiquitous class of natural phenomena” (James Gleick, 1988).

Gambar 3a-3b menunjukkan aplikasi dari *Mandlebrot set*, pada pengungkapan suatu fenomena fraktal, yang mampu melukiskan berbagai fenomena yang sangat kompleks, bukan saja non-stasioner tetapi juga *highly non-linear*, yang selama ini selalu menjadi kendala. Ini guna menunjukan bahwa, jika dapat keluar dari kebiasaan, maka akan dapat ditemukan banyak potensi ilmu pengetahuan dan teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk menyelesaikan permasalahan fenomena alam (gempa, bencana alam) yang selama ini belum terselesaikan.

Untuk memudahkan proses menyikapi masalah alam, kita harus mampu mengajukan pertanyaan-pertanyaan cerdas. Hanya lewat pertanyaan-pertanyaan yang cerdas itu alam memberikan jawaban-jawabannya, karena kebenaran itu sendiri merupakan suatu *super intelligence* yang abadi.



Gambar 3a. Lukisan mengenai sebagian dari potensial *Mandelbrot set*, dengan awan fraktal yang acak^[1].



Gambar 3b. Pembesaran dari *mandelbrot set* yang diambil dari gambar 3a untuk "rendering" Gambar 3a (kanan) dan Variasi dari usaha *rendering* Gambar 3a (kiri).

Metoda Tak Langsung

Kita perlu menggunakan kegiatan penanggulangan bencana sebagai jembatan menuju ke kemandirian dan keberdayaan. Kita gunakan kegiatan penanggulangan bencana tersebut sebagai "vehicle" atau wahana menuju ke "the beyond". Ini disebut metoda tak langsung. Dalam hidup, terutama dalam perjuangan sosial-politik, kadang kala cara tak langsung jauh lebih efektif. Juga dalam peperangan banyak sekali cara tak langsung yang memberikan hasil lebih baik dari cara yang langsung.

Liddell Hart, seorang ahli dalam strategi kemiliteran, dalam bukunya "Strategy" (1975 fourth Printing) mengatakan: "Setelah merenungkan secara lebih mendalam selama beberapa puluh tahun, saya mengambil kesimpulan bahwa cara tidak langsung merupakan kunci pembuka permasalahan dalam semua peperangan besar, dan hal itu ternyata juga berlaku dalam kehidupan sehari-hari. Dalam semua persoalan, pendekatan frontal, usaha dalam memperkenalkan semua idea-idea baru, selalu menimbulkan perlawanan-perlawanan yang jauh lebih gigih. Situasi sedemikian itu membuat usaha untuk membawa perubahan baru menjadi jauh lebih sukar."

"Avoid a frontal attack on a long established position: instead, seek to turn it into a flank movement, so that a more penetrable side is exposed to the thrust of truth." (Liddell Hart, 1975).

Sejalan dengan cara-cara tidak langsung guna membangun keberdayaan masyarakat dalam bencana, membiasakan orang menabung dan berasuransi haruslah diterapkan secara bertahap, selangkah demi langkah. Mula-mula disubsidi oleh Pemerintah, bahkan dimulai dengan dibelikan oleh Pemerintah dan sesudah itu mulai diharuskan melindungi setiap keluarga dengan membeli asuransi. Proses tersebut harus didahului proses sosialisasi yang benar-benar rapih dan matang.

Budaya Hidup Berani dengan Bencana

Rakyat Indonesia yang dilahirkan dan hidup di negara Kepulauan Indonesia harus menyadari sejak kecil bahwa mereka memang menempati bagian bumi yang rawan bencana. Kenyataan itu tidak dapat diubah. Khusus mengenai bencana gempa sudah berulang kali disebutkan bahwa: Bencana Alam seperti gempa bumi, peletusan volkanik dan beberapa bencana kebumian lain, tidak lain dari suatu manifestasi alam. Ia tidak baik dan juga tidak jahat. Ini yang disebut "Jenseit Güte und Böse" (Beyond Good and Evil) oleh Nietzsche (1886). Manusia tidak dapat mencegah gempa itu terjadi. Bahkan hingga sekarang dengan teknologi yang ada kini, manusia belum berhasil meramalkan kejadian gempa secara tepat dan akurat (kuantitatif). Akan tetapi manusia dapat melakukan sesuatu terhadapnya, yakni dengan suatu Program Nasional yang dikembangkan secara "planmazing", terencana secara terarah dan sistematis. Dalam batas-batas tertentu manusia dapat mengurangi dampak bencana tersebut, yakni melalui program mitigasi yang terpadu dengan pendekatan holistic. Manusia juga dapat mengurangi dampak bencana tersebut antara lain dengan menerapkan aturan pembuatan rumah dan gedung (building codes), meningkatkan keahlian dalam pembangunan rumah dan bangunan (better engineering and workmanship), mematuhi tata guna lahan (tata ruang) serta selalu mewaspadakan rakyat yang berada

diwilayah yang diketahui sangat rawan. Bersedia payung sebelum hujan dengan meningkatkan *insurance density* dan *insurance penetration*, maka dampak bencana gempa itu akan sangat dapat diredam. Dalam usaha mitigasi tersebut termasuk menerapkan keahlian nenek moyang yang mengajarkan agar kita tidak merambah hutan bakau dipinggir pantai; agar menerapkan ajaran nenek moyang yang mengatakan "jika laut sekonyong-konyong surut, lari ke daerah tinggi". Jika kedua ajaran itu diajarkan di sekolah-sekolah, maka dengan mudah masyarakat akan menuruti anjuran-anjuran pihak berwenang mengenai kewaspadaan terhadap gempa/tsunami.

Rakyat yang hidup diwilayah rawan harus mengambil sikap membiasakan "Hidup Berani dengan Bencana", yang berarti hidup cerdas, dalam arti hidup rasional mengikuti kaidah-kaidah ilmiah dan teknologi. Terlebih dari itu, bangsa Indonesia harus menjadi manusia ahli dalam pengembangan ilmu dan teknologi penanggulangan bencana, bahkan menjadi eksperts berkelas dunia, agar dapat di ekspor keahliannya. Indonesia dalam waktu dekat sudah harus dapat mengekspor expertisanya ke negara-negara berkembang lainnya.

Proses membangun budaya membutuhkan waktu paling sedikit selama 2-3 generasi. Dimulai dengan inepsi suatu idea menjadi tindakan, diikuti dengan ketentuan-ketentuan untuk ketaatan; menjadi terbiasa, menjadi jati diri, dan akhirnya menjadi budaya (lihat Gambar 8 dalam Prolog). Setapak demi setapak sikap hidup demikian tumbuh menjadi budaya, yakni: "Budaya Hidup berani dengan Bencana".

Dalam hal ini kita kembangkan kemampuan penanggulangan bencana alam setinggi mungkin, sedemikian rupa hingga menjadi sikap hidup. Dari sikap hidup menjadi budaya dan menjadi jati diri bangsa. Penanggulangan bencana kita jadikan wahana, atau vehicle mencapai tujuan jangka panjang, membangun Indonesia menjadi bangsa yang sudah berkembang dan maju.

Dalam menghadapi tugas besar dan mulia itu mari kita ambil suatu "Grand Strategy" sebagai berikut:

1. Jadikanlah keanekaragaman (bio-geo-ethno-sosio-kultural) dan luasnya Benua Maritim Indonesia itu sebagai suatu laboratorium alami terbesar dan terindah untuk menggali dan menumbuh kembangkan pengetahuan dan teknologi guna menjadikan Bangsa Indonesia unggul dan kuat.
2. Usaha menanggulangi bencana secara umum hendaklah dijadikan wahana membuat Bangsa Indonesia menjadi berdaya dan mandiri.
3. Sains dan teknologi penanggulangan bencana hendaklah dijadikan alat untuk membangun Bangsa Indonesia menjadi bangsa terkemuka di dunia dalam bidang Penanggulangan Bencana. Dengan demikian Indonesia berhenti menjadi "Negara Berkembang".

*Hiduplah selalu dalam bahaya
Karena kita senantiasa berada dalam keadaan perang!
Jika bukan perang fisik sesungguhnya
Kita berada dalam keadaan perang ekonomi
Jika bukan perang ekonomi
Kita berada dalam perang kepentingan*

Daftar Pustaka

- Bath, M. *Introduction to Seismology*. John Wiley & Sons, New York, 1973.
- Bernal, J. D. *Science in History*. MIT Press, Cambridge, 1974.
- Fowler, C.M.R. *The Solid Earth*. Cambridge University Press, Cambridge, 1990.
- Gleick, J. *Chaos Making a New Science*. Penguin Books, New York, 1988.
- Grace, M.F. *Catastrophe Insurance* (Consumer Demand, Markets and Regulations). Kluwer Academic Publishers, London, 2003.
- Gutenberg, B., Richter, C. *Magnitude and Energy of Earthquakes*. Nature 176: 795, 1956.
- Gutenberg, B. B., Richter, C. *Earthquake Magnitude, Intensity, Energy and Acceleration*. Bull. Scis. Soc. Am. 46: 105-145, 1956.
- Hart, L. *Strategy* (4th Printing). Preager Publishers, New York, 1975.
- Karnik, V., Algermissen, S.T. *Seismic Zoning*. Unesco, Paris, 1979.
- Kruhl, J.H. *Fractals and Dynamic Systems*. Springer Verlag, New York, 1994.
- Kuzak, D., Larsen, T. *Use of Catastrophe Models in Insurance Rate Making*. In "Catastrophe Modeling: A New Approach to Managing Risk, edited by P. Grossy and H. Kunreuther. Springer, New York, 2005.
- Nietzsche, F. *Jenseits Güte und Böse*. 1886.
- Risk Management Solutions. *Probable Maximum Losses for Earthquake Risk in Indonesia*. RMS, Stanford University, California, 2003.
- Wiggins, S. *Introduction to Applied Nonlinear Dynamical Systems*. Springer Verlag, New York, 1990.

- Zen, M. T. *Bangsa Indonesia*. Seminar Jatidiri Bangsa, Bandung, 2006.
- Zen, M. T., *Nasionalisme Baru Indonesia*. Jurnal Studi Pembangunan ITB, Vol. I, No. 4, 1998.
- Zen, M. T., *Menantikan Indonesia Baru dalam Rangka Menyongsong Abad ke-21*. Jurnal Studi Pembangunan ITB, Vol. I, No. 3, 1998.
- Zen, M. T., *From a Tradition of Rescue Operation to a Culture of Mitigation and Prevention*. AAUI Conference, Borobudur Hotel, October 30, 2007.