

InaTEWS

Indonesia Tsunami Early Warning System

Konsep dan Implementasi



BADAN METEOROLOGI KLIMATOLOGI DAN GEOFISIKA (BMKG)

Jl. Angkasa I. No : 2, Kemayoran, Telp: 6221-4246321,

Fax: 6221-4246703, Website : <http://www.bmg.go.id>

JAKARTA



INDONESIA



KEMKOKESRA



RISTEK



BMKG



BPPT



LIPI



BAKOSURTANAL



ESDM



BNPB



BAPPENAS



KEMKOMINFO



TNI



POLRI



KEMDAGRI



KEMLU



DKP



KLH



LAPAN



ITB



GERMANY



CHINA



JAPAN



FRANCE



USA



InaTEWS

Indonesia Tsunami Early Warning System

Konsep dan Implementasi



Editor :

Dr. P.J. Parih Harjadi
Fauzi, Phd.

Tata letak dan isi :

Drs. M. Riyadi, M.Si
Ir. Sindhu Nugroho, M.Si
Gian Ginanjar
Priyobudi, ST

Sumber substansi :

Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika - BMKG
Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional - BAKOSURTANAL
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi - BPPT
Kementerian Riset dan Teknologi - RISTEK
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia - LIPI
Badan Nasional Penanggulangan Bencana - BNPB
German Indonesia Tsunami Early Warning System - GITEWS

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
1. Gempabumi dan Tsunami 26 Desember 2004	1
2. Indonesia Rawan Gempabumi	3
3. Konsep dan Desain InaTEWS	5
3.1. Konsep Tiga Komponen	5
3.2. Desain InaTEWS	6
4. Koordinasi Antar Instansi	7
5. Komponen Operasional InaTEWS	11
5.1. Jaringan Seismik (BMKG)	12
5.2. Jaringan GPS dan Tide Gauge (Bakosurtanal)	13
5.3. Jaringan Buoys (BPPT)	15
5.4. Sistem Komunikasi	16
6. Pusat Peringatan Dini Tsunami Nasional	17
7. Sistem Diseminasi	22
8. Basis Data Tsunami	27
9. Peningkatan Kewaspadaan dan Kesiap Siagaan Masyarakat	30
10. Gempabumi dan Tsunami Bengkulu, 12 September 2007	34

KATA PENGANTAR

Akhir tahun 2004 ditandai oleh kejadian gempabumi sangat kuat di Aceh dan menimbulkan tsunami sangat hebat yang membawa korban jiwa dan orang hilang lebih dari seperempat juta di wilayah sekitar India. Tragedi kemanusiaan akhir tahun tersebut mendapatkan tanggapan luar biasa dari masyarakat Indonesia dan dunia, baik dalam upaya untuk memberikan bantuan bagi masyarakat Aceh dan Sumatera Utara yang terkena musibah maupun usaha untuk mengurangi dampak bencana tsunam di waktu mendatang, tidak hanya di wilayah Aceh namun seluruh wilayah Indonesia. Usaha dimaksud adalah dengan pembangunan Sistem Peringatan Dini Tsunami Indonesia atau Indonesia Tsunami Early Warning System yang disingkat **InaTEWS**.

InaTEWS merupakan proyek nasional yang melibatkan berbagai institusi dalam negeri di bawah koordinasi Kementerian Negara Riset dan Teknologi (RISTEK), Institusi lain yang terlibat antara lain : Kementerian Koordinator Kesejahteraan Rakyat (Kemkokesra), Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal), Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), Badan Perencanaan dan Pembangunan Nasional (BAPPENAS), Kementerian Komunikasi dan Informasi (KEMKOMINFO), Tentara Nasional Indonesia (TNI), Polisi Republik Indonesia (POLRI), Kementerian Dalam Negeri (Kemdagri), Kementerian Luar Negeri (KEMLU), Kementerian Kelautan dan Perikanan (DKP), Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), dan serta dukungan tenaga-tenaga ahli dari Institut Teknologi Bandung (ITB). BMKG, Bakosurtanal dan BPPT merupakan institusi teknis yang melaksanakan operasional pengamatan unsur-unsur gempabumi, gerakan kerak bumi dan perubahan permukaan air laut, sedangkan Kementerian Negara Ristek, LIPI, Depdagri dan BNPB melaksanakan peningkatan kewaspadaan dan kesiapsiagaan masyarakat. Peran Pemerintah Daerah sangat besar baik dalam pembangunan system operasionalnya apalagi pada peningkatan kewaspadaan dan kesiapsiagaan masyarakat.

Pembangunan InaTEWS dilakukan Pemerintah RI melalui berbagai institusi tersebut di atas dan mendapatkan bantuan yang cukup signifikan dari Negara dan Organisasi donor, yang meliputi : Pemerintah Jerman, Cina, Jepang, Amerika, Perancis, Unesco, UNDP, UNOCHA, ISDR, dll. Jerman memberikan kontribusi pada pembangunan InaTEWS dari hulu sampai ke hilir, yang meliputi sistem pemantauan, pengolahan dan analisa, penyebaran, pembangunan kapasitas, peningkatan kewaspadaan dan kesiapsiagaan masyarakat.

InaTEWS saat ini sudah beroperasi meskipun belum semua sistemnya terpasang dengan sempurna. Sistem pemantauan muka tengah laut baru 3 terpasang dari rencana 23, sistem support untuk pengambilan keputusan (Decision Support System - DSS) juga masih memerlukan penyempurnaan. Demikian pula dengan peningkatan kapasitas SDM. Langkah lanjut setelah peresmian InaTEWS adalah pembangunan sistem maintenance/pemeliharaan dan pembangunan sistem backup sebagai antisipasi manakala secara tiba-tiba sistem utama early warning "off". Setelah melalui operasional pendahuluan yang cukup panjang yakni mulai pertengahan tahun 2005, maka tiba InaTEWS diluncurkan pada bulan November 2008 oleh Presiden Republik Indonesia.

Kita semua tahu dan yakin bahwa tsunami pasti akan terjadi lagi di bumi pertiwi ini, hanya kapan, dimana dan berapa besarnya yang kita tidak tahu. Harapan saya bahwa InaTEWS benar-benar bermanfaat semaksimal mungkin dan memberikan peringatan dini tsunami sebelum kedatangan sehingga bisa meminimkan jumlah korban jiwa.

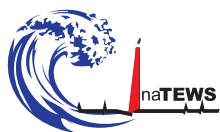
Selanjutnya manfaat InaTEWS tidak hanya bagi masyarakat Indonesia, namun juga masyarakat internasional baik yang berada di kawasan ASEAN, di sekitar Samudera India maupun Pasifik Baratdaya dan Laut Cina Selatan.

Melalui booklet ini disampaikan penjelasan singkat mengenai kondisi tektonik Indonesia, konsep dan implementasi InaTEWS sampai dengan peningkatan kewaspadaan dan kesiapsiagaan masyarakat. Semoga kiranya informasi tersebut bisa menambah pengetahuan para pembaca untuk diterapkan pada kondisi darurat.

Semoga bermanfaat.

Jakarta, 25 Maret 2010
Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

Dr. Ir. Sri Woro B. Harijono, M.Sc.

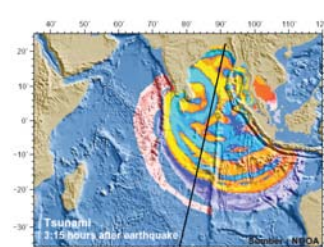


1. Gempabumi dan Tsunami 26 Desember 2004

Dipenghujung tahun 2004, tepatnya pada hari Minggu, 26 Desember 2004, Indonesia dan delapan negara lainnya di kawasan Samudera India dilanda bencana tsunami sangat hebat. Tsunami tersebut telah merenggut lebih dari seperempat juta jiwa pada beberapa negara Asia dan Afrika yang meliputi : Indonesia, Malaysia, Thailand, Myanmar, Bangladesh, Srilangka, India, Maladewa, Somalia dan Kenya.

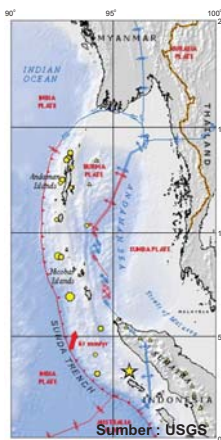


Gambar 1 : a. Masjid Baiturrahman Banda Aceh pasca gempabumi dan tsunami
b. Ketinggian gelombang laut di Thailand
c. Kereta api terguling dihantam tsunami di Sri Lanka



Gambar 2. Model Penjalaran Gelombang Tsunami Aceh Desember 2004

Tsunami ditimbulkan oleh gempabumi berkekuatan 9,3 SR yang berpusat di 3,3 LU - 95,98 BT Gempa tersebut telah menimbulkan getaran kuat dan patahan sepanjang ± 1200 km yang membentang dari Aceh sampai ke Andaman



Gambar 3. Gempabumi Aceh 26 Desember 2004 dan zona patahan yang diakibatkan
Sumber : USGS

Tragedi tsunami akhir tahun 2004 tersebut telah meninggalkan kesedihan

dan penderitaan luar biasa bagi masyarakat Provinsi Aceh dan Sumatera Utara khususnya dan bangsa Indonesia pada umumnya. Merujuk data dari BNPB, 173.741 jiwa meninggal dan 116.368 orang dinyatakan hilang, sedangkan di Sumatera Utara 240 orang tewas, Tsunami aceh mengakibatkan ribuan rumah dan bangunan rusak, dan menyebabkan hampir setengah juta orang jadi pengungsi.

Tanah yang tadinya hijau subur, perumahan yang tadinya tertata dengan baik, hancur musnah hanya dalam hitungan jam dan tertinggal sampah serta tubuh-tubuh tidak bernyawa. Aceh menangis, Indonesia berduka dan duniapun mengulurkan tangan sebagai bentuk solidaritas sesama umat manusia.



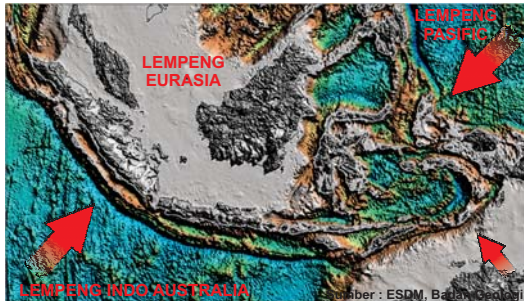
Gambar 4. Citra Satelit Sebelum dan Sesudah Tsunami Aceh Desember 2004.



Gambar 5. Sekretaris Jenderal PBB Kofi Annan, tiba di Banda Aceh dalam rangka meninjau dampak Tsunami Aceh secara langsung.

Sebagai bentuk solidaritas International, tanggal 6 Januari 2005 dilakukan pertemuan puncak yang juga dihadiri oleh Sekjen PBB Kofie Annan. Dalam pertemuan tersebut disepakati bahwa banyak negara akan memberikan bantuan termasuk juga upaya kedepan untuk mengurangi dampak bencana, salah satunya dengan membangun sistem peringatan dini tsunami.

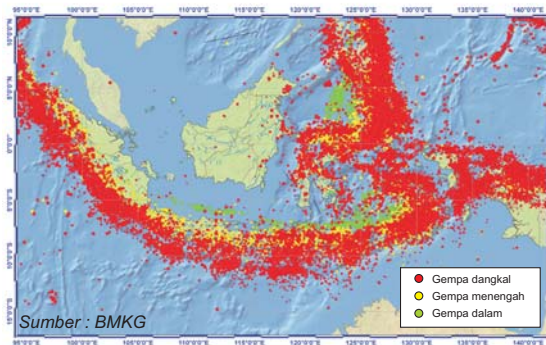
2. Indonesia Rawan Gempabumi dan Tsunami



Gambar 6. Kondisi Tektonik Indonesia

Indonesia terletak di daerah dengan tingkat aktivitas gempabumi tinggi, hal tersebut sebagai akibat bertemunya tiga lempeng tektonik utama dunia yakni : Samudera India – Australia di sebelah selatan, Samudera Pasifik di sebelah Timur dan Eurasia, dimana sebagian besar wilayah Indonesia berada di dalamnya. Pergerakan relatif ketiga lempeng tektonik tersebut dan dua lempeng lainnya, yakni laut Philipina dan Carolina mengakibatkan terjadinya gempa-gempa bumi di daerah perbatasan pertemuan antar lempeng dan juga menimbulkan terjadinya sesar-sesar regional yang selanjutnya menjadi daerah pusat sumber gempa juga.

Akibat pergerakan relatif antar lempeng tektonik di Indonesia dan aktivitas sesar-sesar regional maupun lokal ribuan gempa terjadi setiap tahunnya, namun sebagian besar dari gempa-gempa tersebut hanya terdeteksi oleh alat yakni Seismograph, sedangkan gempa-gempa yang berkekuatan di atas 5,5 SR ataupun yang dirasakan rata-rata per tahun sekitar 70 – 100 kali, sedangkan gempa yang menimbulkan kerusakan antara 1 – 2 kali per tahun.



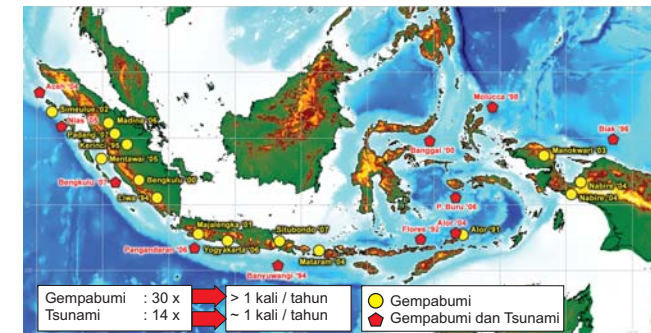
Gambar 7. Peta Seismisitas Indonesia Periode 1973-2009

Indonesia terletak di daerah dengan tingkat aktivitas gempabumi tinggi, hal tersebut sebagai akibat bertemunya tiga lempeng tektonik utama dunia yakni : Samudera India – Australia di sebelah selatan, Samudera Pasifik di sebelah Timur dan Eurasia, dimana sebagian besar wilayah Indonesia berada di dalamnya. Pergerakan relatif ketiga lempeng tektonik tersebut dan dua lempeng lainnya, yakni laut Philipina dan Carolina

Sejak tahun 1991 sampai dengan 2009 tercatat telah terjadi 30 kali gempa merusak dan 14 kali tsunami merusak. Pada 12 Desember 1991 Tsunami Flores telah menelan korban 2000 jiwa lebih, diikuti Tsunami Jawa Timur 1994, Tsunami Biak 1996, Tsunami Sulawesi tahun 1998, Tsunami Maluku Utara 2000 dan Tsunami Raksasa Aceh Desember 2004, Nias 2005, Jawa Barat 2006 serta Bengkulu 2007. Berdasarkan data tersebut dapat dikatakan rata-rata hampir 1 tahun sekali tsunami menghantam pantai kepulauan Indonesia. Hasil penelitian Paleotsunami menunjukkan bahwa 600 tahun lalu terjadi tsunami besar yang melanda Aceh dan Thailand. Hal tersebut menunjukkan bahwa daerah Aceh rawan tsunami besar.

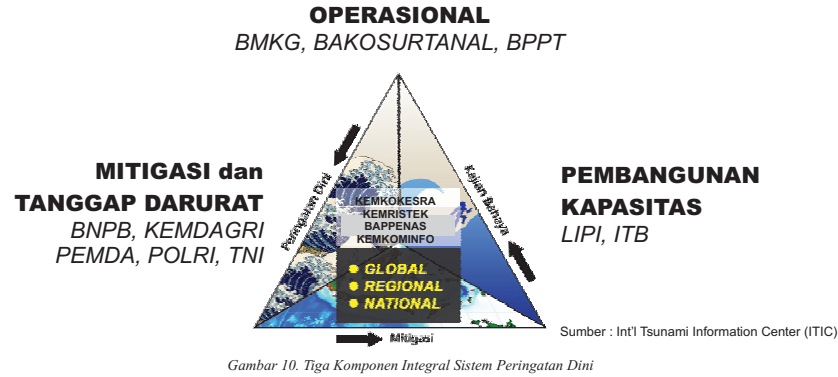


Gambar 8. Daerah rawan tsunami di Indonesia



Gambar 9. Gempabumi merusak dan Tsunami periode : 1991 - 2009

3. Konsep dan Desain InaTEWS



3.1. Konsep Segitiga Komponen

Konsep dasar yang dianut dalam pembangunan InaTEWS berasal dari International Tsunami Information Center (ITIC) yakni bahwa untuk membangun dari ujung sampai ke ujung Tsunami Early Warning System digunakan pola segitiga yang mana titik-titik sudutnya adalah komponen dari sistem dimaksud, meliputi :

1. Komponen Operasional.

Menangani kegiatan-kegiatan pemantauan, pengolahan, analisa, penyiapan dan diseminasi warning tsunami.

2. Komponen Mitigasi dan Tanggap Darurat.

Melaksanakan tanggap darurat terhadap kejadian bencana dan mitigasi melalui: pendidikan dan peningkatan kesiapsiagaan masyarakat, penyiapan tempat perlindungan, jalur penyelamatan, peta, logistik, pelatihan lapangan dan lain-lain.

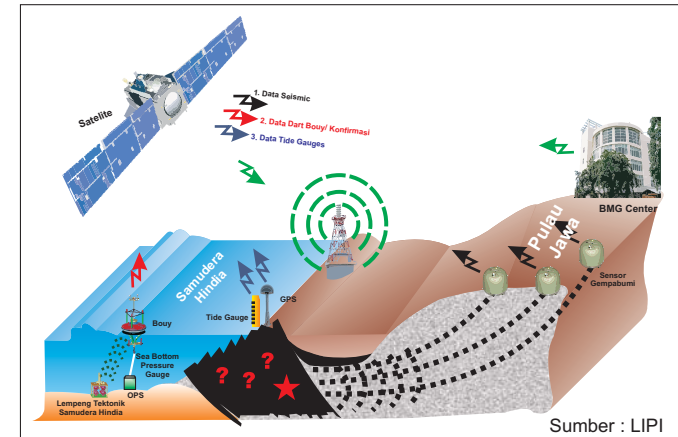
3. Komponen Pembangunan Kapasitas.

Memberikan dukungan melalui kajian, penelitian, uji coba terhadap komponen 1 dan 2 beserta peningkatan kapasitas SDM.

3.2. Desain InaTEWS

Sebagai ilustrasi diambil potongan melintang pulau Jawa ke arah Selatan sampai dengan Samudera India. Sumber gempa besar umumnya terletak di daerah subduksi yang merupakan pertemuan antara lempeng tektonik Samudera India dan lempeng daratan eurasia. Untuk mendeteksi gempabumi diperlukan jaringan pengamatan darat yakni seismik dan jaringan GPS; untuk mendeteksi tsunami diperlukan jaringan pengamatan laut yakni buoys dan pasang surut (tide gauges). Data rekaman pengamatan darat dan laut dikirimkan ke Pusat Monitoring Nasional melalui komunikasi Satelit.

Pada saat gempabumi terjadi, gelombang gempabumi menjalar melalui lapisan dalam bumi dan direkam oleh jaringan Seismograph. Rekaman gempabumi digunakan untuk menentukan lokasi dan kekuatan sumber gempabumi. Apabila hasil analisa menunjukkan bahwa parameter gempabumi yang terjadi memenuhi kriteria berpotensi menimbulkan tsunami (lokasi dilaut, magnitude > 7,0 SR dan kedalaman < 70 km) maka National / Regional Tsunami Warning Center (NTWC / RTWC) akan mengeluarkan dan menyebarkan Warning Potensi Tsunami terutama ke institusi interface yang selanjutnya akan menindaklanjuti dengan penyebaran melalui berbagai media termasuk aktivasi sirine. Warning potensi tsunami ditindaklanjuti dengan konfirmasi terjadinya tsunami berdasarkan data hasil deteksi tsunami oleh sensor Buoys ataupun Tide Gauge.



Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT):

Bertanggungjawab untuk penempatan dan pengoperasian buoys dimana datanya akan dikirim dari buoys ke BMKG dan BPPT. Badan ini mengoperasikan kapal riset Baruna Jaya, untuk keperluan instalasi, perawatan, relokasi buoys. BPPT juga bertanggungjawab untuk run up tsunami modelling.

Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal):

Bakosurtanal bertanggungjawab untuk instalasi dan pengoperasian tide gauges dan jaringan GPS. Sebelum kejadian gempa bumi dan tsunami Desember 2004 Bakosurtanal sudah mengoperasikan 60 stasiun tide gauges terdiri dari 35 stasiun analog dan 25 stasiun digital. Stasiun-stasiun tersebut belum beroperasi secara real time baik itu ke Bakosurtanal maupun ke BMKG. Sama halnya dengan jaringan GPS yang terdiri dari 9 stasiun dan masih berdiri sendiri. Data tide gauges dan data GPS akan dikirimkan ke BMKG secara near real time untuk meningkatkan akurasi warning.

Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI):

Bertanggungjawab untuk menyiapkan modul untuk kesiagaan dan kesiapan publik. LIPI telah melakukan beberapa pekerjaan lapangan untuk sosialisasi dan menginformasikan kepada pemerintah daerah dan komunitas rawan bencana tentang kemungkinan gempa bumi yang berpotensi tsunami. Instansi ini juga bertanggungjawab untuk mengadakan penelitian dibidang geo-science dan juga segala sesuatu tentang tsunami.

Kementerian Komunikasi dan Teknologi Informatika:

Semua media masa dan operator telekomunikasi dibawah pembinaan departemen ini. Dengan demikian instansi ini memiliki peran sangat penting dalam hal sistem pengumpulan data dan diseminasi warning.

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB)

Kegiatan-kegiatan terkait dengan tanggap darurat, mitigasi, rehabilitasi dan rekonstruksi menjadi tanggung jawab lembaga ini. BNPB juga menjadi salah satu insititusi yang berkewajiban menyebarluaskan peringatan dini.

Kementerian Dalam Negeri:

Pemerintah daerah berada dibawah koordinasi dari departemen ini, maka program untuk pendidikan publik, kesiapsiagaan publik dilakukan melalui departemen ini.

Polisi Republik Indonesia (POLRI)

POLRI memiliki jaringan komunikasi yang sangat baik dari Markas Besar POLRI ke jajaran Polisi Daerah (POLDA) serta Polres-Polres. Fasilitas tersebut dimanfaatkan untuk kirim peringatan dini tsunami ke daerah-daerah yang berpotensi tsunami.

Institut Teknologi Bandung (ITB):

Jajaran ITB bertanggungjawab untuk menyiapkan database tsunami yang akan diinstalasikan kedalam dalam Pusat Database Tsunami di BMKG. Sebagai lembaga pendidikan ITB juga bertanggungjawab untuk menyiapkan dan peningkatan sumber daya manusia.

Keterlibatan Institusi Multi Nasional

Pendirian InaTEWS dilaksanakan oleh pemerintah Indonesia dan didukung kuat oleh negara-negara donor, organisasi internasional, NGO, antara lain :

- Jerman, melalui proyek German Indonesia Tsunami Early Warning System (GITEWS) project, terlibat dalam pengembangan sistem monitoring, pusat operasional, telekomunikasi, pembangunan kapasitas (sumber daya manusia, penelitian dan sebagainya).
- China melalui Indonesia China (Seismic) Digital Network - ICDN, terlibat dalam bagian seismik monitoring sistem, pusat operasional BMKG, telekomunikasi, pembangunan kapasitas.
- Jepang, melalui real time Japan Indonesia Seismic Network (JISNET), terlibat dalam bagian seismik monitoring system. Melalui Jepang membantu dalam pengembangan pusat operasional dan pembangunan kapasitas.
- Perancis, terlibat dalam peningkatan jaringan seismik dan deteksi tsunami (Tremors).
- USA, USAID melalui multi institutions terlibat dalam monitoring sea level, pembangunan kapasitas, menyelenggarakan workshop dan kunjungan tingkat lokal, nasional, dan internasional. USTDA dalam bentuk dukungan teknis.
- UNESCO, IOC, ITIC mendukung untuk infrastruktur, pembangunan kapasitas, dukungan teknis.
- IFRC, mendukung dalam pembangunan kapasitas

5. Komponen Operasional InaTEWS

A. Sistem Pemantauan

Pemantauan darat

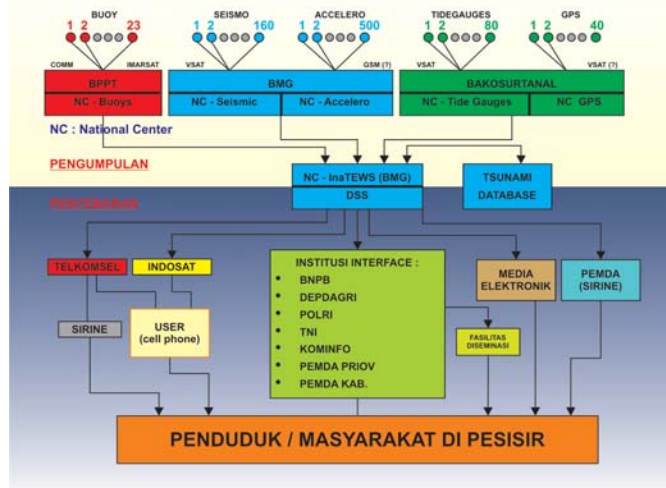
- Seismic (160 broadband seismometer, 500 accelerometer)
 - GPS (40)
- Pemantauan muka laut
- Buoys (22)
 - Tide Gauges (80)

B. Sistem Pengolahan

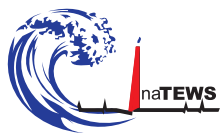
- Seismic : 10 Regional Center (RC), 1 National Center (NC)
- Lainnya : 1 Tide Gauges Center, 1 Buoys Center, 1 GPS Center

C. Telekomunikasi

- Upstream (Pengumpulan Data)
- Down stream (Diseminasi)



Gambar 14. Alur Data InaTEWS



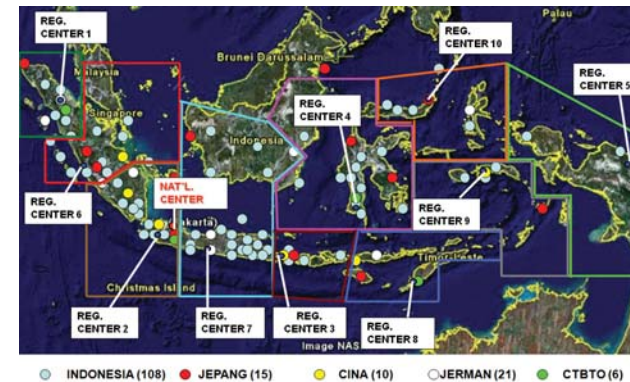
5.1 Jaringan Seismik (BMKG)

Ketika gempa terjadi, gelombang seismik akan dipancarkan ke segala arah. Gelombang tersebut akan terekam oleh jaringan seismometer. Rekaman gelombang tersebut kemudian dikirim melalui VSAT ke Pusat dan akan diproses serta dianalisis oleh seismologist yang bertugas untuk menghasilkan informasi sumber gempa bumi. Ketika parameter gempa bumi memenuhi kriteria menimbulkan tsunami maka warning tsunami akan dikeluarkan. Diharapkan sinyal dari buoys akan datang dengan segera untuk digunakan sebagai konfirmasi atau pernyataan warning selesai.



Gambar 15. Stasiun Seismik

Jaringan Seismik telah didisain terdiri dari 160 broadband seismometer, 500 accelerometer dan akan dikelompokkan kedalam 10 Regional Center. Dengan jumlah sensor tersebut dan jarak tiap sensor ±100 km, maka dalam 3 menit pertama sumber gempa bumi yang terjadi di wilayah Indonesia dapat ditentukan lokasinya.



Gambar 16. Jaringan Broadband Seismic dan Accelerometer



5.2. Jaringan GPS dan Tide Gauge (Bakosurtanal)



Gambar 17. Stasiun GPS

Bakosurtanal mengoperasikan jaringan pemantauan GPS dan Tide Gauges. Jaringan GPS sebagai bagian dari sistem pemantauan darat dipasang di beberapa lokasi bersama-sama dengan seismometer atau tide gauges atau tersendiri sesuai dengan kebutuhan jaringannya. Bakosurtanal merencanakan memasang secara keseluruhan 40 sensor GPS.

Bakosurtanal sedang berencana untuk memasang 80 Tide Gauges untuk InaTEWS, hingga sekarang 39 tide gauges telah terpasang dan mentransmit datanya melalui VSAT IP dan GTS.

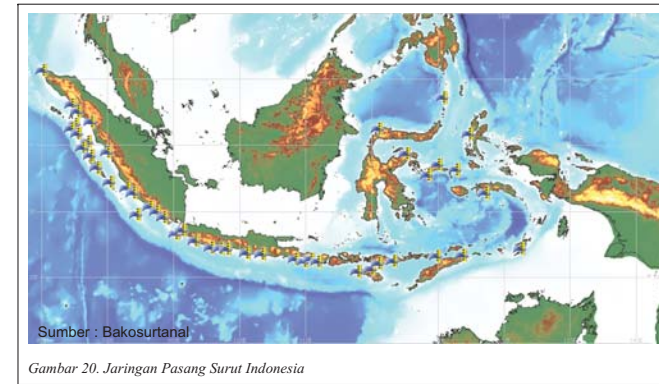


Gambar 18. Jaringan Stasiun GPS



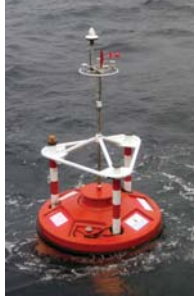
Gambar 19. Stasiun Tide Gauge Sadeng

30 stasiun yang disupport oleh Pemerintah Indonesia sudah terpasang pada tahun 2007 menggunakan jalur komunikasi VSAT IP, yang berarti bahwa data tersedia secara real time ke Bakosurtanal. Data tersebut akan dikirimkan ke Pusat InaTEWS di BMKG menggunakan VPN dan akan di back up dengan VSAT. Diharapkan instalasi dapat terlaksana sesuai jadwal sebelum peluncuran InaTEWS pada tanggal 11 November 2008.



Gambar 20. Jaringan Pasang Surut Indonesia

5.3. Buoys (BPPT)



Gambar 21. Buoy di Merak

Akhir tahun 2005, BPPT dan Geomar Jerman melalui proyek GITEWS telah memasang 2 buoys di perairan Samudera Hindia Barat Daya Sumatera. Sangat disayangkan baru sekitar 2 bulan operasi kedua sistem berpindah tempat karena tali pengikatnya putus, tidak diketahui apa sebabnya. Untung saja bahwa kedua alat berhasil ditemukan. Kejadian serupa berulang beberapa kali yakni sistem yang dibangun BPPT sendiri dan sistem bantuan NOAA-USA. Awal 2006 BPPT telah merakit kembali alat buoys. Buoys tersebut telah diuji sebagai system dummy dan dilepas pada Desember di Selat Sunda. Peristiwa serupa yakni hilangnya buoys kembali terjadi, yakni dua buoys Indonesia dan 2 buoys bantuan USA.

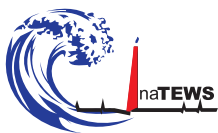


Gambar 22. Buoy G2 "Said Jenie"

Data akan terkirim ke Pusat BPPT menggunakan komunikasi imarsat dan akan dikirimkan langsung ke BMKG menggunakan VPN dan back up dengan VSAT IP. Dengan jalur komunikasi seperti ini diharapkan delay waktu akan terabaikan. Kegiatan ini terlaksana pada 2007 termasuk perencanaan dan konstruksi dan instalasi dari 3 buoys Indonesia, pemasangan Dart buoys dibantu oleh NOAA, penempatan ulang 2 buoys Jerman, dan pemasangan 2 buoys Jerman. Secara keseluruhan Indonesia merencanakan pemasangan 23 buoys.



Gambar 23. Jaringan Buoy Indonesia

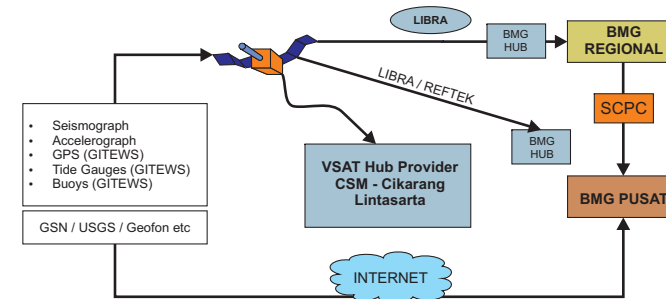


5.4. Sistem Komunikasi

Sistem komunikasi utama untuk pengumpulan data adalah berbasis satelit dengan sistem VSAT. Untuk data seismik sistem komunikasi menggunakan 3 tipe VSAT, yaitu:

1. System LIBRA, Teknologi Canada : 105
2. System Reftec, Teknologi Amerika : 40
3. System CSM, menyewa dari provider CSM : 16

Beberapa stasiun tide gauges dan GPS akan menggunakan komunikasi VSAT juga, tetapi untuk buoys akan digunakan komunikasi berbasis satelit dengan tipe yang lain.



Gambar 24. Sistem Komunikasi untuk Pengumpulan Data



6. Pusat Peringatan Dini Tsunami Nasional



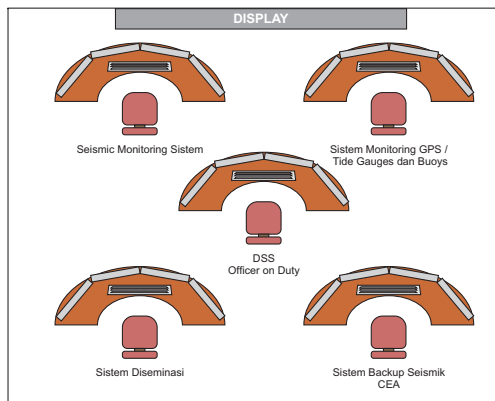
Gambar 25. Gedung Pusat Operasional InaTEWS

Tsunami Warning Center (InaTWC) oleh BMKG akan menempati bangunan baru dimana masih dalam proses penyelesaian. Diharapkan akhir 2008 bangunan tersebut akan siap untuk menjadi pusat InaTWC, yang terletak bersebelahan dengan gedung operasional lama.

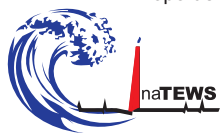
Hingga saat ini di Pusat Operasional BMKG telah terpasang beberapa fasilitas pengolahan sistem seismik dari Jerman, China, Jepang (NIED), Perancis. Sistem operasional untuk InaTEWS adalah Sistem Jerman SeiscomP, dimana processing real time otomatisnya telah menunjukkan kerja yang bagus dan memberikan hasil yang memuaskan walaupun masih perlu dikembangkan. Sistem menjadi lebih handal

karena ada fasilitas untuk penentuan oleh petugas secara interaktif "online". Sistem tersebut telah ditingkatkan sehingga mampu untuk menghitung magnitude gempa bumi yang sebanding dengan magnitude moment yang cocok untuk warning tsunami. Peningkatan sistem ini telah teruji ketika terjadi gempa yang berpotensi tsunami di Baratdaya Sumatera Selatan dekat dengan kota Bengkulu. Magnitude yang dikeluarkan untuk warning adalah 7,9 SR sama dengan magnitude yang dikeluarkan oleh PTWC dan JMA beberapa menit kemudian.

Di Pusat operasional akan diinstall apa yang disebut Decision Support System (DSS), sistem ini akan mengintegrasikan semua informasi monitoring yang datang dari Seismik, GPS, Buoy dan Tide Gauges dan juga sistem simulasi dari database tsunami dan geospasial data. DSS akan memberikan rekomendasi kepada petugas on duty berupa tingkatan warning dan waktu pemberian warning. DSS akan siap operasional akhir 2008.



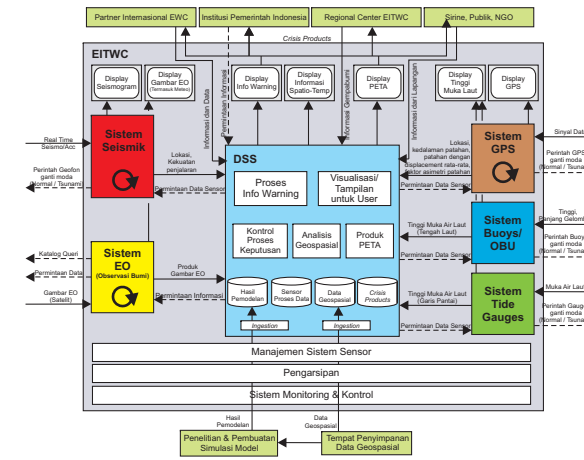
Gambar 26. Tata Letak Ruang Pusat Operasional



Decision Support System DSS adalah sistem untuk pimpinan petugas on duty dalam mempersiapkan Warning Tsunami. DSS memberikan info gempa, sinyal observasi (seismik, buoys, tide gauges, GPS dan simulasi) sebagai ekomedasi keputusan dan produk warning. Keputusan itu sendiri berada ditangan manager on duty, setelah mempertimbangkan informasi dari observasi dan simulasi.

Gambaran Logika DSS

- Saat ini keputusan gempa yang menimbulkan tsunami hanya didapat dari magnitude dan lokasi serta kedalaman gempabumi.
- Keputusan itu sendiri kadang membutuhkan dukungan dan info detail dari berbagai informasi, simulasi tsunami dan data terkait didalam sistem DSS.
- DSS mempunyai esensi sebagai sistem penerima informasi, data dan informasi yang diterima menjadi bahan pertimbangan dan disaat yang sama akan meneruskan hasilnya ke jaringan diseminasi.
- Gambaran semua informasi baik data dan peta memberi bantuan operator untuk memilih informasi apa untuk area tertentu.



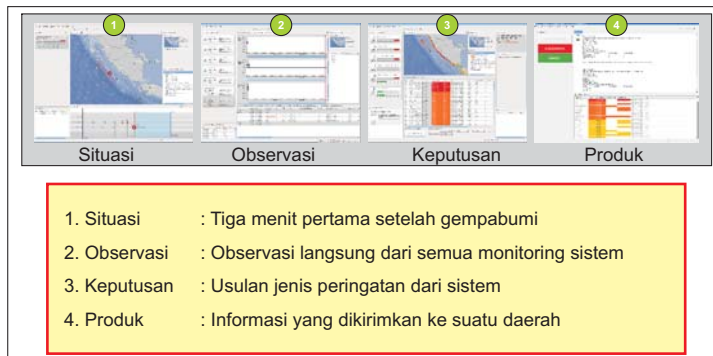
Gambar 27. Alur Logika Decision Support System



DSS-GUI (Graphic User Interface) dengan 4 layar

1. Perspektif Situasi ;
 - Parameter Gempabumi
 - Memberikan gambaran dan rujukan situasi di area bencana sekitar sumber gempa bumi.
 - Memberikan gambaran penjalaran tsunami diperoleh dari database hasil modelling.
 - Menunggu data dari pemantau muka laut.
2. Perspektif Observasi;
 - Real Time : Seismik, GPS, Buoy, Tide Gauges
 - Diharapkan menerima informasi deformasi lempeng dan tsunameter
3. Perspektif Keputusan;

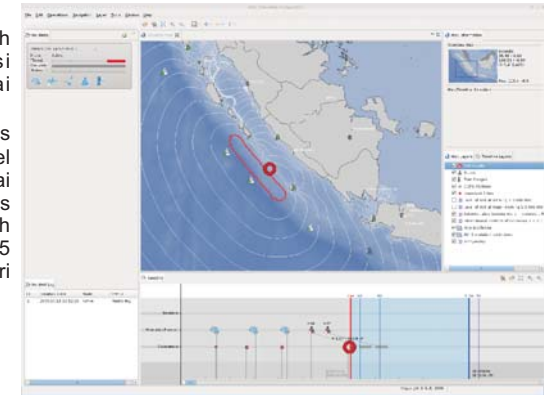
Menawarkan jenis warning yang dibuat oleh sistem untuk dievaluasi oleh petugas sebelum dikirimkan
4. Perspektif Produk;
 - Berisikan teks pesan warning dan klarifikasi
 - Konfirmasi dan disseminasi



Gambar 28. Tampilan DSS

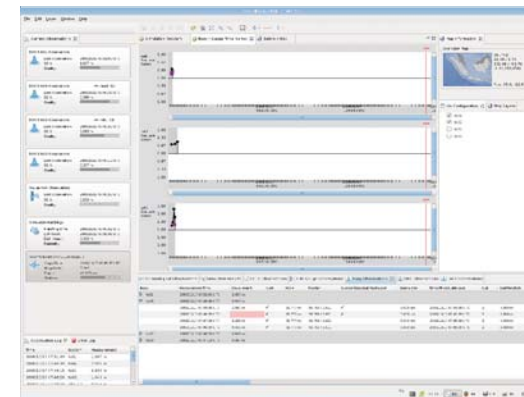
Perspektif Situasi

- Dalam 3 menit setelah gempabumi, peta lokasi gempabumi DSS disertai dengan simulasi tsunami
- Timeline yang dinamis bergerak sesuai waktu di panel bawah. Waktu saat ini ditandai dengan garis merah dinamis dan juga kontur merah dinamis. Batasan waktu 5 menit setelah gempa diberi tanda khusus.



Gambar 29. Situasi setelah Gempabumi yang Menimbulkan Tsunami

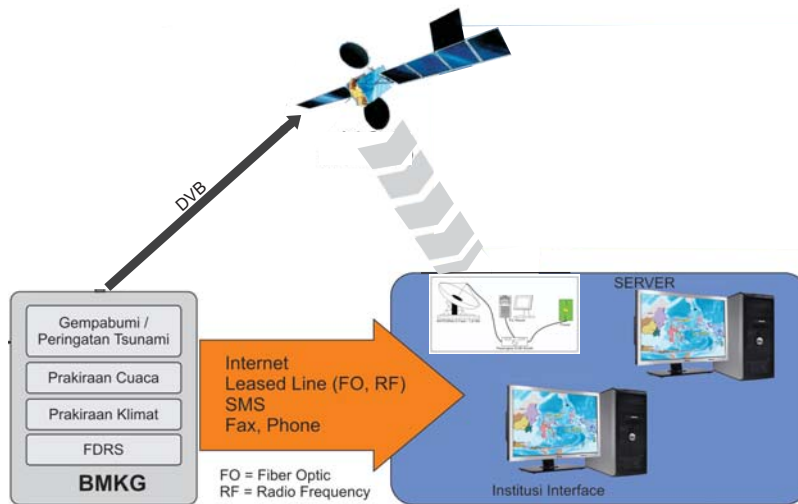
Perspektif Observasi



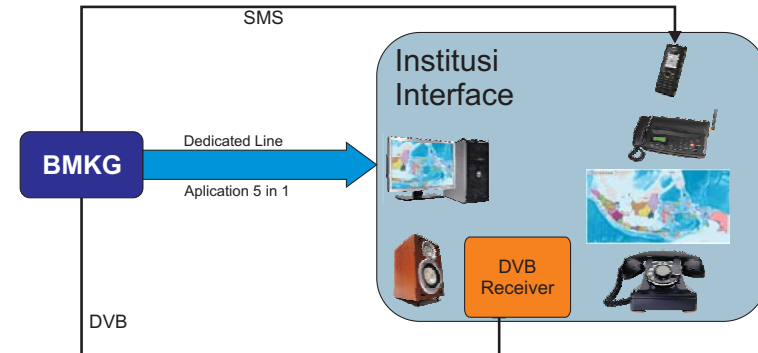
Gambar 30. Hasil Pengamatan dari Berbagai Peralatan yang digunakan DSS

- Dengan GUI, petugas dapat melihat data real time yang masuk: Seismik, GPS, Bouys, dan Tide gauges
- Berdasarkan situasi disini, yang menampilkan kondisi observasi untuk menentukan tindakan selanjutnya, mulai dari warning sampai akhir warning

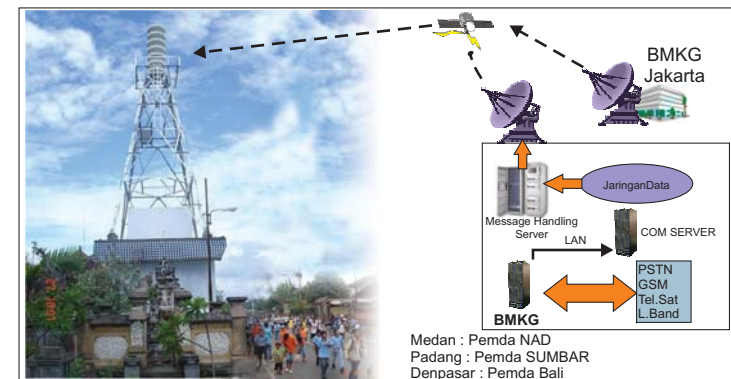
"Five in One" yang merupakan produk jajaran BMKG ini mempunyai kelebihan lain disamping pengiriman otomatis serentak melalui lima moda, yaitu server penerima warning tsunami dapat bertindak sebagai server diseminasi lagi untuk mengirimkan warning tsunami ke alamat – alamat yang dituju. Dengan demikian proses pengiriman warning dapat dilakukan secara langsung dan bertahap.



Gambar 33. Sistem Penyebaran Warning Tsunami Melalui berbagai Moda Telekomunikasi : Saluran Sewa, SMS, Fax Otomatis, Telepon, Internet, dan Digital Video Broadcasting (DVB)



Gambar 34. Sistem Penyebaran Warning Tsunami melalui 5 cara yakni : aktivasi alarm, sms, fax otomatis, website dan konversi teks ke telepon

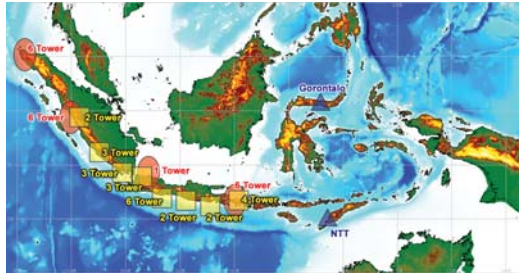


Gambar 35. Jaringan Sirine



Gambar 36. Lokasi Sirine di Aceh

Sejauh ini sistem diseminasi yang paling optimal adalah yang melalui SMS baik yang ke individu (pejabat) maupun yang ke institusi. Warning melalui SMS di tindak lanjut dengan penyampaian ke masyarakat melalui berbagai fasilitas seperti televisi, radio, perintah berantai dari para pejabat sampai dengan pembunyian sirine. Penyebaran warning melalui media elektronik radio dan televisi juga merupakan sarana yang efektif. Sedangkan sistem yang dinilai paling efektif adalah sirine, karena suaranya yang keras dari lokasinya di daerah yang memang berpotensi terkena tsunami. Maka sistem ini merupakan salah satu pilihan terbaik. Saat ini secara keseluruhan di Indonesia sudah terpasang 44 unit yang terintegrasi ke dalam Sistem Pusat Kendali baik yang dari Pusat BMG secara keseluruhan maupun yang ada di 6 provinsi yakni Aceh, Sumatera Barat, Bengkulu, Bali, Gorontalo, dan Manado.



Gambar 37. Jaringan Sirine Tsunami di Indonesia



Gambar 38. Maluku dan Papua DVB memerlukan antenna parabola

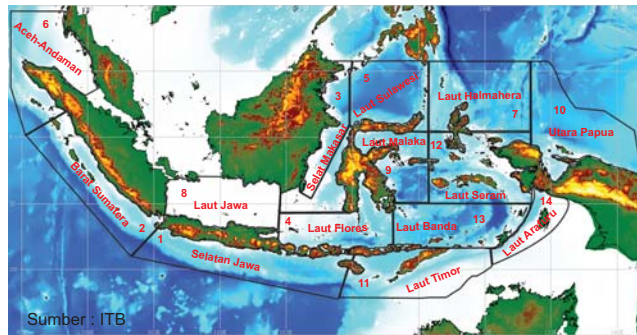


Gambar 39. Jaringan DVB yang sudah dipasang di Indonesia, baik yang ditempatkan di Pemda Provinsi, Pemda Kabupaten/Kota maupun UPT BMKG

8. Basis Data Tsunami

Basis data tsunami merupakan suatu kumpulan skenario-skenario tsunami yang berisi parameter tsunami, seperti; waktu tiba gelombang tsunami dan ketinggian tsunami di suatu pantai. Skenario-skenario tersebut dibuat berdasarkan sejarah kegempaan dan tsunami yang pernah terjadi di Indonesia serta perkiraan gempabumi yang mungkin terjadi pada suatu tempat yang akan menimbulkan tsunami. Apabila terjadi gempabumi yang berpotensi tsunami, basis data tsunami akan memberikan informasi tentang waktu tiba dan tinggi tsunami pada daerah-daerah yang akan dilanda tsunami. Informasi tersebut diintegrasikan di dalam sistem InaTEWS sebagai bahan pertimbangan keputusan untuk informasi warning tsunami.

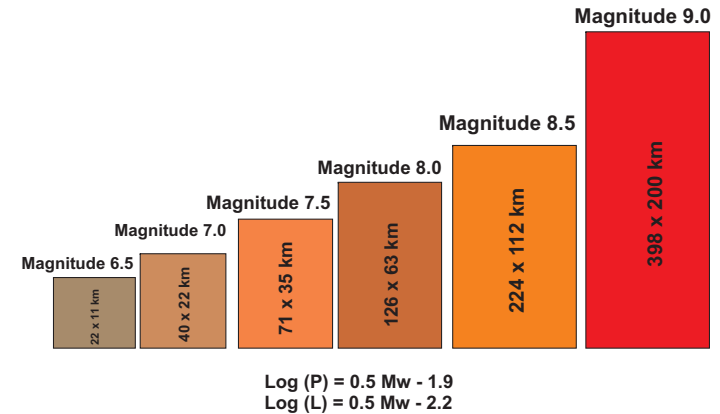
Basis data pemodelan tsunami mencakup 14 daerah pemodelan di seluruh wilayah Indonesia, meliputi Laut Selatan Jawa, Laut Sumatera Bagian Selatan, Selat Makasar, Laut Flores, Laut Sulawesi, Aceh-Andaman, Laut Halmahera, Laut Utara Jawa, Mollucas Sea, Laut Utara Papua, Laut Timor, Laut Sram, Laut Banda, dan Laut Arafuru. Dimana pada umumnya jenis tsunami di Indonesia merupakan tsunami lokal (waktu tiba gelombang tsunami lebih dari 30 menit) dan tsunami sangat lokal (waktu tiba gelombang tsunami kurang dari 30 menit), dengan total simulasi sebanyak 220.000 simulasi.



Gambar 40. Distribusi Sumber Gempabumi Hipotesis Untuk Wilayah Indonesia

Kekuatan Gempa dan Bidang Patahan Sumber Tsunami

Pembuatan skenario tsunami didasarkan pada informasi parameter gempabumi meliputi kekuatan gempa, orientasi patahan, luasan bidang patahan dan lain-lain. Berdasarkan perhitungan empiris, makin besar kekuatan gempa maka makin luas bidang patahan sumber tsunami juga semakin luas, seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.

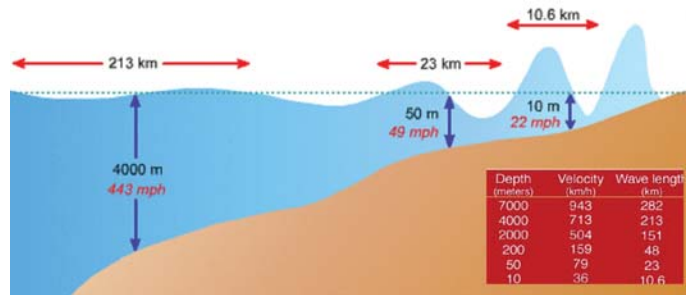


Keterangan
 P= Panjang Patahan (km) L : Lebar Patahan (km) Mw : Kekuatan Gempa

Gambar 41. Perbandingan Skala Magnitude Gempa Terhadap Bidang Patahan Sumber Tsunami

Karakteristik Tsunami

Kecepatan tsunami bergantung pada kedalaman laut, demikian pula dengan panjang gelombangnya, semakin dalam lautnya semakin besar panjang gelombang tsunami dan semakin tinggi kecepatannya. Sebaliknya amplitudo tsunami di laut dalam jauh lebih kecil dibanding di laut dangkal.



Gambar 42. Kecepatan dan Ketinggian Tsunami Tergantung pada Kedalaman Laut.

Tsunami bergerak dengan kecepatan sama dengan akar kuadrat hasil perkalian antara percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$) dan kedalaman air laut.

$$v = \sqrt{g(m/s^2) \times d(m)}$$

v = kecepatan
g = gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$)
d = kedalaman

Pemodelan Tsunami

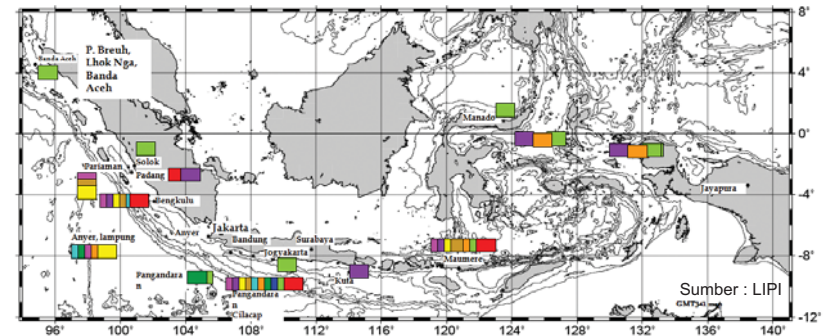
Tahapan dalam pembuatan basis data tsunami adalah sebagai berikut :

- Studi tentang gempa bumi dan tsunami serta penyiapan data batimetri
- Model sumber tsunami (Tsunami source model)
 - Menghitung sumber tsunami berdasarkan tatanan tektonik
- Penjalaran Gelombang Tsunami (Tsunami Propagation)
 - Menghitung tinggi tsunami dan waktu tiba di sepanjang pantai
- Pengembangan software untuk memanggil dan interpolasi basis data tsunami untuk tinggi tsunami dan waktu tiba di sepanjang pantai.
 - Software ini berguna untuk memilih 16 file yang akan diinterpolasikan untuk selanjutnya memberikan informasi untuk peringatan dini tsunami.
- Integrasi software tsunami database dengan Sistem Informasi Geografis (GIS)

9. Peningkatan Kewaspadaan dan Kesiap Siagaan Masyarakat

Hal yang tidak kalah penting artinya adalah pendidikan dan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi bahaya tsunami sebagai salah satu komponen dari tiga komponen integral Ina TEWS.

Informasi warning tsunami yang diterima oleh institusi perantara seperti Pemda serta institusi terkait lainnya harus sampai ke masyarakat kemudian masyarakat dapat menindak lanjuti warning tersebut dengan upaya evakuasi. Untuk itu diperlukan upaya pendidikan dan kesiapsiagaan masyarakat yang tinggal di daerah rawan tsunami. Institusi yang terlibat dalam rangka pendidikan masyarakat di daerah rawan tsunami baik dari dalam negeri maupun internasional antara lain: Ristek, LIPI, BMG, Universitas, PMI, Pemda, LSM, Unesco, GTZ dan lain-lain. Semua institusi tersebut telah berpartisipasi aktif dalam berbagai kegiatan pendidikan dan kesiapsiagaan masyarakat berupa sosialisasi, workshop, simulasi Tsunami, simulasi table top dan lain-lain yang bekerja sama dengan berbagai pihak terutama Pemda setempat.



- Paleotsunami & Environment
- Tsunami Modelling
- Engineering Geology, Groundwater
- Infrastructure
- Vulnerability & Risk Modelling
- Social Economy
- Post Disaster Assessment
- Public Education & Awareness
- Exhibition
- Bathymetry

Gambar 43. Daerah yang sudah mendapatkan pendidikan masyarakat dan kesiapsiagaan menghadapi tsunami

Diharapkan setelah dilakukannya kegiatan-kegiatan tersebut di atas, Pemda dan masyarakat mempunyai kesiapsiagaan dalam menghadapi Tsunami. Untuk mendukung keberhasilan dalam upaya pendidikan dan kesiapsiagaan masyarakat mengenai bahaya tsunami maka diharapkan Pemda dan masyarakat berpartisipasi aktif dalam hal sebagai berikut: ikut mengamankan peralatan deteksi bencana yang ada di wilayahnya, menyiapkan peta resiko tsunami beserta skenario penyelamatan, menyiapkan tempat evakuasi beserta peta pencapaiannya, memasang rambu-rambu petunjuk / arah evakuasi, membangun pusat krisis / pusat komando, melakukan latihan-latihan evakuasi tsunami (tsunami-drill) secara berkala, membangun sirine, membangun atau menentukan gedung penyelamat (escape building/tsunami shelter), memasukkan pertimbangan kebencanaan dalam penyusunan tata-ruang dan memasukkan pendidikan kebencanaan dalam muatan lokal kurikulum sekolah.

Salah satu implementasi untuk menguji kesiapan Ina TEWS adalah dengan melakukan tsunami drill setiap tanggal 26 Desember. Tsunami drill pertama dilakukan di Padang tanggal 26 Desember 2005, di Bali 26 Desember 2006, di Banten 26 Desember 2007, di Bantul Yogyakarta pada tanggal 24 Desember 2008 dan pada tanggal 26 Desember 2008 dilakukan di Gorontalo dan Manado. Tsunami drill berjalan dengan baik dan mendapat sambutan positif dari Pemda serta masyarakat. Pada tanggal 14 September 2009 diadakan tsunami drill yang berskala regional. Dimana Indonesia berperan sebagai *Regional Tsunami Watch Provider* yang memberikan warning kepada negara-negara di kawasan Samudera Hindia.



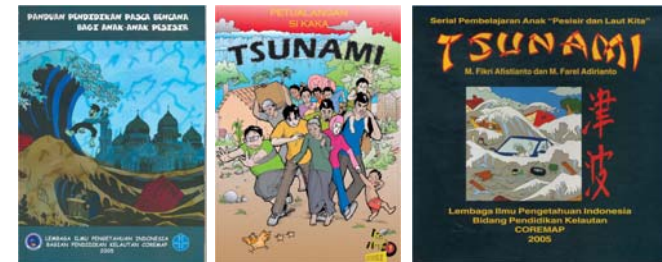
Gambar 44. Tsunami Drill

Tahapan – tahapan peningkatan kewaspadaan dan kesiapsiagaan masyarakat disusun oleh tim LIPI menjadi 8 tahap, meliputi:

1. Pelatihan para pejabat / petugas di lingkungan Pemerintah Daerah.
2. Pelatihan kepada wakil masyarakat
3. Penyiapan modul untuk pendidikan publik



Gambar 45. Pelatihan untuk komunitas masyarakat



Gambar 46. Modul untuk Pendidikan Publik

4. Penyiapan peta dan jalur evakuasi
5. Penyiapan dan pemasangan rambu – rambu evakuasi tsunami
6. Simulasi sistem peringatan dini tsunami dan proses evakuasi (Tsunami Drill)
7. Sosialisasi publik melalui media elektronik dan cetak
8. Latihan – latihan untuk anak-anak sekolah.

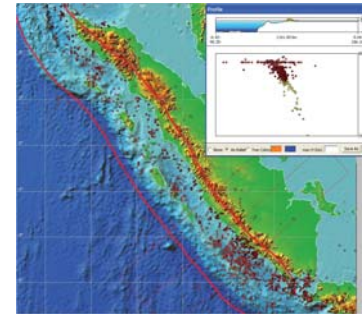


Gambar 47. Simulasi Untuk Tsunami Drill



Gambar 48. Sosialisasi Publik Melalui Media Elektronik dan Cetak

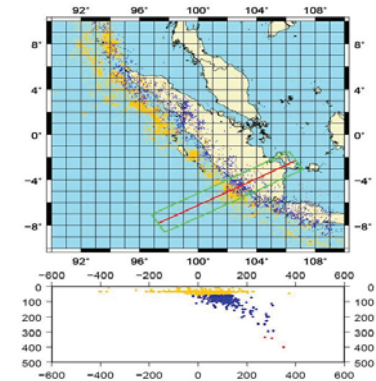
10. Gempabumi dan Tsunami Bengkulu, 12 September 2007



Gambar 49. Daerah Subduksi dan Sesar Mendatar di Sumatera

Pada tanggal 12 September 2007, pukul 18:10:23 WIB telah terjadi gempabumi di Samudra India, dengan kekuatan 7.9 (Mw), pada lokasi koordinat 101.13 BT; 4.67 LS dan kedalaman 10 km. Dalam waktu kurang dari 5 menit InaTEWS berhasil menyebarkan informasi gempabumi tersebut disertai dengan warning potensi tsunami kepada institusi perantara (institusi interface) dan masyarakat, sehingga segera bisa ditindak lanjuti.

Secara umum sifat kegempaan di daerah Sumatra dipengaruhi oleh aktivitas subduksi lempeng Indo-Australia terhadap lempeng Eurasia dan sistem patahan Sumatra yang membujur dari Aceh sampai Lampung (Gambar 1). Gempabumi ini terjadi pada zona awal penunjaman (subduksi) lempeng Indo-Australia terhadap lempeng Eurasia di Samudra India yang dikenal dengan zona megathrust dengan sudut kemiringan subduksi yang kecil (10-20 derajat) sampai kedalaman sekitar 30 km. Hal ini dapat dilihat dari penampang melintang distribusi gempabumi daerah Bengkulu (Gambar 2). Dari distribusi gempa susulan terlihat bahwa zona patahan (zona rupture) akibat gempa ini mencapai sekitar 400 km (Gambar 3). Gempabumi yang terjadi di daerah megathrust Sumatra pada umumnya berpotensi mempunyai magnitude besar dan berpotensi menimbulkan tsunami yang mengancam kepulauan busur muka Sumatera dan pantai barat Sumatera. Sejak tahun 2000 sampai dengan 2007 tercatat 5 kali gempabumi dengan magnitude 7 – 9 skala Richter dan diantaranya adalah gempabumi dan tsunami Aceh yang menimbulkan korban ratusan ribu jiwa dan kerusakan infrastruktur yang sangat dahsyat (Gambar 4). Dari pemodelan tsunami rata-rata waktu tempuh gelombang tsunami sampai ke pantai barat Sumatera sekitar 20 menit. Gempa Bengkulu tahun 2007 menimbulkan tsunami kecil di beberapa tempat sepanjang pantai barat provinsi Bengkulu dan Sumatera Barat.



Gambar 50. Penampang Melintang Distribusi Gempabumi Daerah Bengkulu



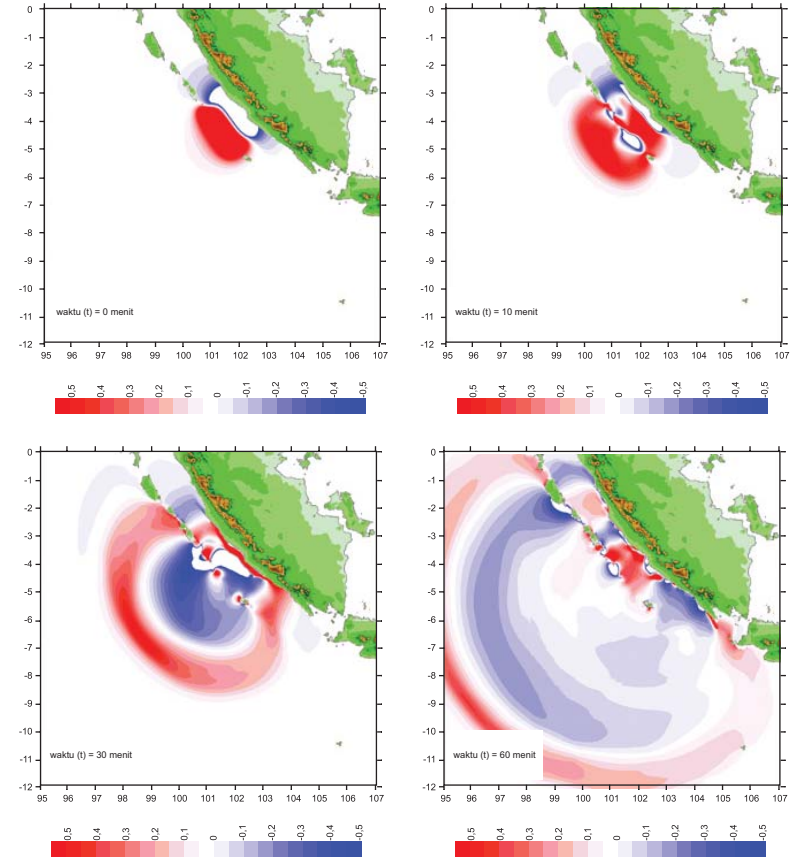
Gambar 51. Zona Rupture Gempabumi Bengkulu 12 September 2007

Hal ini ditunjukkan oleh bekas jejak tsunami di daerah Bengkulu Utara dan Muko – muko yang diperoleh dari hasil survey lapangan. Dari pengamatan pasang surut air laut di Padang, menunjukkan ada perubahan pola pasang surut harian. Dapat digambarkan pada jam kejadian gempabumi, permukaan laut diawali dengan posisi surut dan dari hasil di pengamatan pasang surut terjadi perubahan yang cukup signifikan, dimana air surut sekitar 0.5 m kemudian naik mencapai 1 m. Hal ini memberikan informasi bahwa telah terjadi kenaikan muka laut akibat gempabumi tersebut. Dari hasil pemodelan tsunami yang diakibatkan oleh gempabumi Bengkulu 12 September 2007, dihasilkan informasi awal tentang parameter tsunami seperti; waktu tiba gelombang tsunami dan tinggi tsunami pada beberapa tempat di Bengkulu dan Sumatera Barat serta model penjalaran gelombang tsunami. Hasil pengukuran lapangan pada 3 lokasi

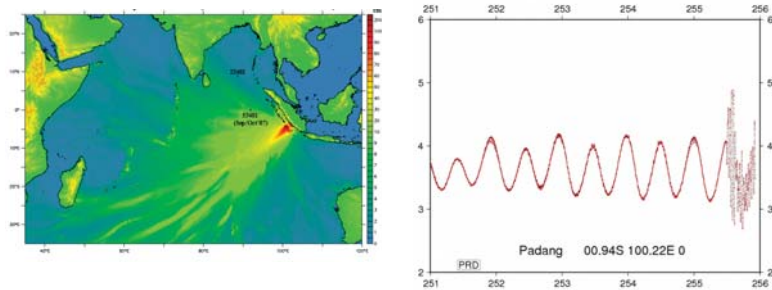
dekat pantai barat di daerah Muko muko menunjukkan bahwa ketinggian tsunami mencapai 2.15 sampai 3.6 meter. Sementara hasil pemodelan tsunami pada daerah yang sama adalah 2.8 meter, nampak bahwa kedua hasil ini cukup konsisten, demikian pula ketinggian tsunami yang dihasilkan dari pengamatan pasang surut air laut di Padang (1 meter lebih) dan hasil pemodelan tsunami (1.15 meter) nampaknya cukup konsisten, sehingga dapat disimpulkan bahwa pemodelan tsunami khususnya untuk daerah Sumatera cukup baik untuk digunakan sebagai dasar pertimbangan warning tsunami.

Lokasi	Koordinat		Waktu Tiba Tsunami	Tinggi Tsunami
	Bujur	Lintang		
Kota Bengkulu	102.233	-3.800	13 menit	5.10 m
North Bengkulu	101.616	-3.250	16 menit	6.40 m
Muko Muko	101.133	-2.633	35 menit	2.80 m
Seluma	102.516	-4.166	6 menit	7.85 m
Bengkulu Selatan	102.883	-4.466	18 menit	4.75 m
Pesisir Selatan Sumbar	100.848	-1.935	57 menit	1.90 m
Kota Padang	100.336	-0.953	74 menit	1.15 m

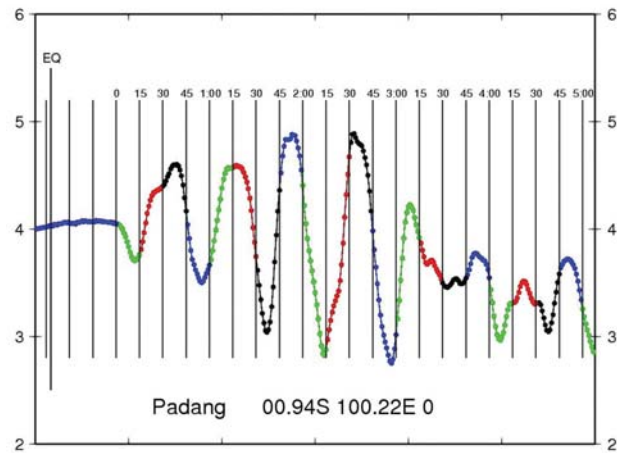
Tabel 1. Informasi Waktu Tiba dan Ketinggian Tsunami Di beberapa Tempat di Propinsi Bengkulu dan Sumatera Barat



Gambar 52. Modelling Penjalaran Gelombang Tsunami Bengkulu, 12 September 2007



Gambar 53. Rekaman Tsunami Gempa Bengkulu oleh Tide Gauge di Padang



Gambar 54. Rekaman Tide Gauge Padang, Gempa Bengkulu 12 September 2007 melalui Global Telecommunication System

Kesiap Siagaan

Apabila Anda berada di Pantai :

1. Kenali Lingkungan;
 - Tempat Tinggal, Jarak terhadap pantai,
 - Lokasi yang tinggi (5-30 m dari permukaan laut)
 - Jalur menuju tempat yang tinggi
2. Jika merasakan gempa kuat lebih dari 2 menit atau menyaksikan air laut surut secara tiba-tiba, segera tinggalkan pantai
3. Laporkan keadaan tersebut ke instansi terkait; Lurah, Camat, Polisi atau Koramil.
4. Selamatkan diri dan keluarga serta tetangga. Pimpin kelompok masyarakat menuju tempat yang tinggi.
5. Dengarkan berita dari BMKG, Pemda, Kepolisian, TNI (Koramil/Korem)

