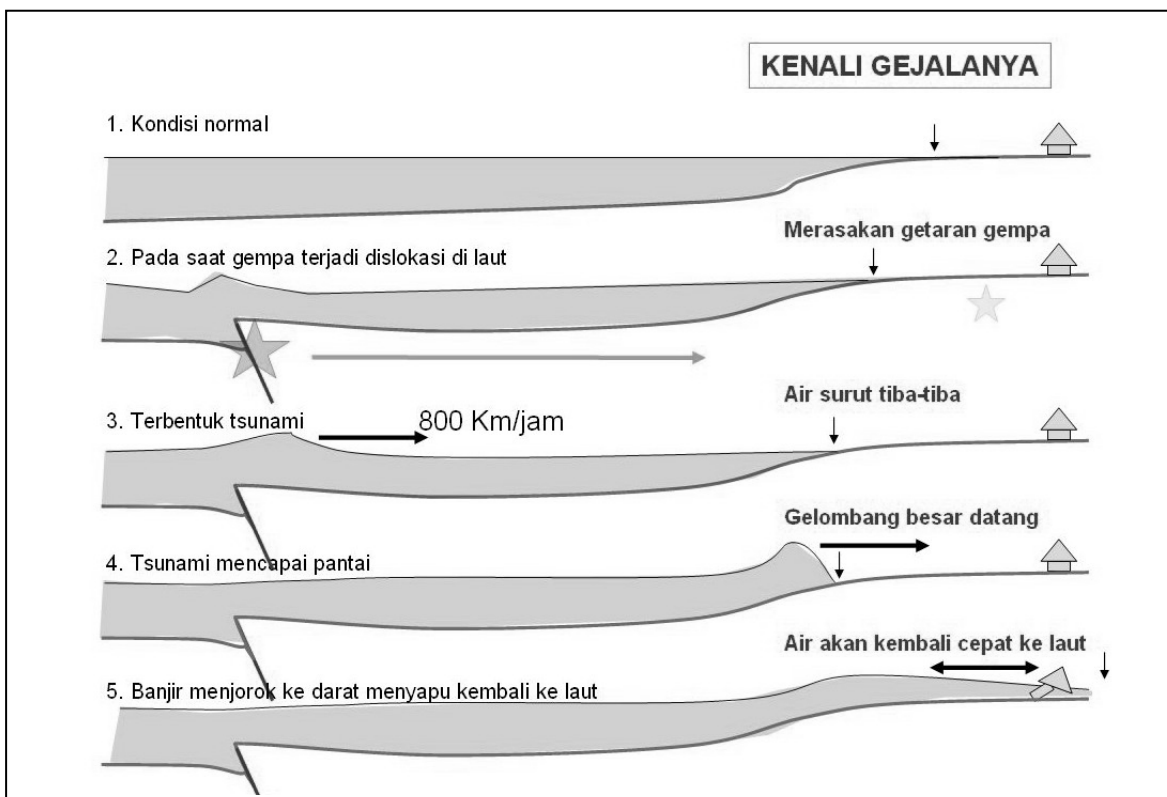


## Peringatan Dini Tsunami Dengan Menggunakan Pendeteksian Gelombang Primer dan Pemanfaatan Layanan Pesan Singkat

Tsunami sebenarnya bukanlah fenomena asing di pantai selatan Jawa. Di tahun 1904 kawasan Pangandaran - Teluk Penyu pun pernah tergulung tsunami produk gempa dengan Mw 8 (menurut USGS) yang pusat gempanya di sebelah barat pusat gempa 2006 ini. Di timur, bekas2 tsunami juga pernah ditemui di Pacitan. Kasus sebelumnya terjadi di Banyuwangi, 1994 silam karena lebih kurang 200 km di selatan kawasan pantai selatan pulau jawa terdapat sesar aktif yang merupakan pertemuan dua lempeng aktif yaitu lempeng Indoaustralia dan lempeng Euroasia yang bergerak rata-rata sejauh 60 mm per tahun sehingga kedua lempeng ini akan saling mendesak. Pada toleransi desakan tertentu hal ini tidak membahayakan, tetapi jika melebihi batas toleransinya maka pada titik pertemuan kedua lempeng tersebut akan mengalami patah. Karena timbulnya energi yang luar biasa besar pada saat patah maka terjadilah fenomena alam yang dikenal oleh masyarakat sebagai gempa. Sebagai gambaran besarnya energi yang dilepaskan pada gempa Yogyakarta pada tanggal 27 Mei 2006 yang berkekuatan 5,9 Skala Richter atau 7,7 Mw (moment magnitude) dengan menggunakan persamaan Kanamori didapatkan energi sebesar 22.390 TeraJoule atau setara dengan 5,35 megaton TNT. Jika dibandingkan dengan energi bom Little Boy yang diledakkan di atas Hiroshima (20 kiloton), gempa Samudera Hindia 2006 ini 268 kali lebih dahsyat (Rovicky, 2006)



Gambar 1. Proses Terjadinya Gelombang Tsunami ( Sumber : Rovicky, 2006 )

Agar tsunami bisa terjadi, magnitude gempa harus melebihi batas minimal yang diatur persamaan lida :  $M = 6,42 + 0,01 H$ . Dengan kedalaman hiposentrum 33 km (versi USGS 48 km) magnitude minimal pencetus tsunami merusak adalah 6,7 - 6,9. Selain itu gempa juga harus menghasilkan deformasi vertikal yang besar di dasar laut, sehingga patahan sumber gempa harus berupa patahan naik (thrust) atau patahan turun (normal). Kedua syarat ini terpenuhi dalam gempa Samudera Hindia 2006.

Periode tsunami Samudra Hindia 2006 ini mencapai 28 menit, berdasar catatan di Benoa (Bali). Dengan demikian, karena kecepatan rata-rata tsunami 800 km/jam (di laut dalam), panjang gelombangnya adalah 370 km.

Akibat tumbukan yang terjadi pada lempeng-lempeng inilah maka akan muncul tiga jenis gelombang yaitu Gelombang Primer (P-wave), Gelombang Sekunder (S-Wave), dan yang ketiga disebut Surface wave (Gelombang Permukaan).

Gelombang Primer (P Wave) ini menjalar akibat adanya penekanan dan peregangan. Gelombang primer ini memiliki kecepatan rambat sekitar 8 km/detik. Gelombang inilah yang akan dirasakan lebih dahulu ketika gempa, karena akan datang lebih dulu dibanding penjalaran gelombang yang lain, hal ini disebabkan oleh frekuensinya yang tinggi. Amplitudo gelombang primer ini relatif rendah sehingga goyangan yang ditimbulkan tidaklah merusak.

Gelombang Sekunder (S Wave) ini menjalar seperti gelombang air yang mengalun-alun. Menjalar naik-turun memiliki kecepatan penjalaran sekitar 4 Km/detik, tentunya akan dirasakan lebih lambat dari Gelombang Primer. Namun gelombang sekunder ini memiliki lebar goyangan (*amplitudo*) yang besar sehingga gelombang ini akan memiliki kekuatan yang sangat besar dalam merontokkan bangunan, juga mengakibatkan longsor tebing-tebing yang curam. Yang ketiga gelombang akan menjalar dibagian permukaan saja. Gelombang ini disebut juga surface wave. Ketiga gelombang ini tentunya akan dirasakan apabila saat terjadinya gempa. Namun karena kecepatannya berbeda maka gelombang ini tidak datang bersamaan. Gelombang Primer akan datang lebih dulu, diikuti gelombang sekunder. Namun kalau jarak episenternya dekat tentunya kedua gelombang ini akan dirasakan hampir bersamaan. Kalau jaraknya hanya 4 Km dari pusat gempa tentunya hanya selisih satu detik saja

Menilik daerah rawan gempa di pantai selatan pulau Jawa adalah pada pertemuan kedua lempeng tersebut di atas yang berjarak sekitar 200 km berarti gelombang primer akan sampai ke pantai dalam waktu  $200/8 = 25$  detik setelah terjadi penunjaman dan saat itu gempa belum dirasakan oleh manusia, atau dengan kalimat lain pada detik ke 25 setelah terjadi penunjaman maka gelombang primer akan sampai ke daratan (pantai).

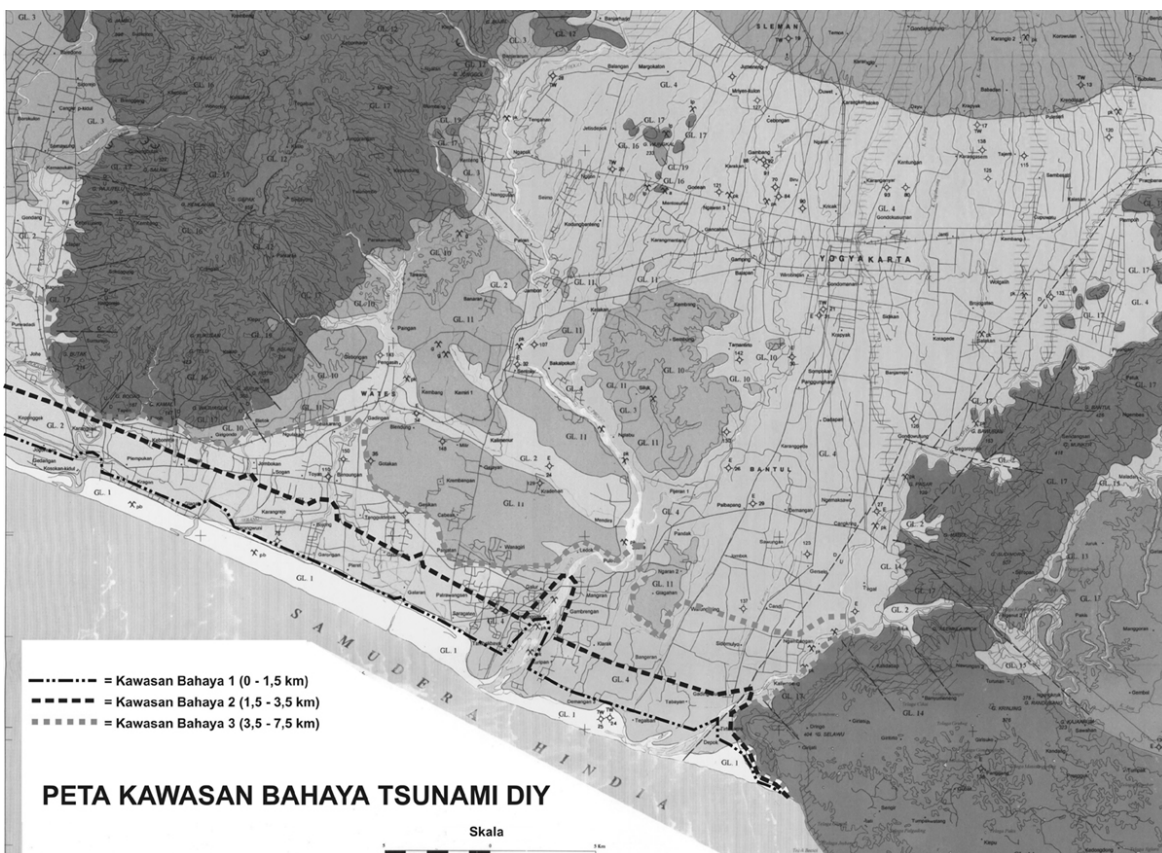
Gelombang sekunder akan sampai ke daratan setelah  $200/4 = 50$  detik setelah terjadinya penunjaman, berarti gelombang sekunder sampai akan ke daratan 25 detik setelah gelombang primer sampai ke daratan

Jika patahan yang terjadi memenuhi syarat terjadinya tsunami dan dengan menggunakan asumsi bahwa patahan terjadi pada jarak 200 km dari garis pantai dan kecepatan rambat gelombang tsunami 800 km perjam maka gelombang tsunami akan mencapai daratan dalam waktu lebih kurang 15 menit atau 900 detik setelah terjadinya patahan. Dengan perhitungan matematis sederhana dapat diketahui bahwa gelombang tsunami datang 875 detik setelah gelombang primer sampai lebih dahulu di garis pantai, berarti masyarakat disekitar pantai mempunyai waktu 14 menit 35 detik untuk menyelamatkan diri menjauhi pantai atau menuju tempat-tempat pengungsian yang telah disiapkan sebelumnya.

Fenomena alam yang berupa gempa bukan untuk dihindari karena memang sekuat apapun daya upaya manusia dengan segala teknologinya tidak mungkin dapat mencegah terjadinya gempa, yang harus dipikirkan adalah meminimalisir jumlah korban. Perhitungan matematis sederhana diatas menunjukkan bahwa sempit sekali waktu yang tersedia untuk evakuasi masyarakat, tidak sampai 15 menit. Waktu yang sangat sempit itulah yang menjadi masalah dalam penyebaran informasi kepada masyarakat tentang akan datangnya bahaya tsunami, karena keterbatasan teknologi yang tersedia pada saat ini ditambah dengan prosedur birokrasi pemerintah yang cukup panjang tidak akan dapat dipenuhi dalam waktu sesingkat itu.

Sebenarnya selalu ada tanda-tanda alam yang dapat dibaca sebagai isyarat akan terjadinya suatu bencana, pada gempa yang terjadi di Yogyakarta, seringkali masyarakat setempat mendengar suara mirip benda jatuh dalam gua sebelum datangnya gempa susulan yang ternyata merupakan isyarat yang diberikan alam sebelum gempa susulan dirasakan. Belakangan ahli geologi menyatakan bahwa suara tersebut berasal dari gelombang primer yang mendesak udara disekitarnya.

Sebelumnya telah ditulis bahwa pada saat terjadi tumbukan yang mengakibatkan patahan selalu menghasilkan tiga jenis gelombang dengan spesifikasinya masing-masing dan gelombang primer merupakan gelombang yang pertama kali datang, mengapa tidak dimanfaatkan saja sebagai tanda akan terjadinya bencana tsunami, terlebih lagi jika daerah rawan tsunami adalah pantai selatan pulau Jawa dan sumber tsunami sekitar 200 km disebelah selatan pantai selatan Jawa maka jika dikelola dengan optimal jeda waktu antara datangnya gelombang primer dan terjadinya gempa serta datangnya tsunami dapat menyelamatkan manusia dari bencana.



Gambar 2. Peta Kawasan Bahaya Tsunami Daerah Istimewa Yogyakarta (Sumber : Rovicy, 2006)

Pantai selatan pulau Jawa sebagian besar adalah kawasan pariwisata dan daerah padat penduduk sehingga jika terjadi tsunami korban dalam jumlah banyak tidak dapat dihindarkan, kewajiban pemerintah untuk menyelamatkan rakyatnya menjadi kebutuhan yang penting dan mendesak. Saat ini pemerintah membentuk Lembaga-lembaga untuk menangani hal itu, sebut saja dalam hal ini pemerintah memiliki Badan Meteorologi dan Geofisika sebagai lembaga yang bertanggung jawab atas pemantauan gejala-gejala alam dengan segala keterbatasan yang dimiliki. Alangkah baiknya jika pemerintah juga menggandeng pihak swasta terutama adalah para penyenggara telepon seluler baik yang menggunakan sistem GSM maupun CDMA karena pada saat ini diantara mereka terjadi persaingan yang sangat tinggi

baik dari sisi penawaran fitur-fitur maupun dari sisi keluasan jangkauan terlebih di kawasan pariwisata dan kawasan padat penduduk.

Kerjasama dengan penyelenggara telepon seluler perlu diselenggarakan mengingat :

1. Telah terbangunnya infrastruktur berupa menara *base transmission station* (BTS) terutama di kawasan pariwisata dan padat penduduk di daerah pantai selatan Pulau Jawa yang dapat dimanfaatkan sebagai titik-titik pemantau gelombang
2. Jaringan komunikasi yang luas baik untuk pengguna sesama operator bahkan antar operator
3. Biaya penyampaian informasi yang relatif murah dan dalam waktu yang cepat
4. Telepon seluler sudah sangat luas segmen pemakainya karena sudah merupakan kebutuhan
5. Telepon genggam mempunyai kemampuan 'memanggil' pemiliknya jika ada informasi masuk
6. Biaya pemeliharaan alat dapat dihemat oleh pemerintah karena ditanggung bersama dengan operator seluler

Mekanisme penggunaan layanan pesan singkat sebagai alat deteksi dini tsunami :

1. Dipasang sensor pendeteksi gelombang yang dapat membaca datangnya gelombang dengan ciri2 spesifik gelombang primer pada BTS milik operator seluler yang berada di tepi pantai. Ketika gelombang primer yang merupakan isyarat akan terjadi gempa datang akan ditangkap oleh sensor.
2. Setelah ditangkap oleh sensor, gelombang diubah menjadi informasi dan dikirimkan ke komputer server milik operator seluler
3. Komputer selanjutnya mengubah informasi tersebut menjadi pesan singkat yang siap dikirim ke telepon seluler pengguna yang ditunjuk seperti, tokoh2 masyarakat daerah rawan tsunami, Satkorlak PBA, Kepolisian, Rumah Sakit, TNI dan lain-lain.

Kendala-kendala :

1. Gelombang primer yang dihasilkan oleh tumbukan lempeng tidak selalu memiliki spesifikasi amplitudo dan frekuensi yang tetap melainkan gelombang primer satu kejadian dengan gelombang primer kejadian yang lain menjalar dengan frekuensi berbeda sehingga sensor seharusnya membaca gelombang bukan hanya berdasarkan frekuensi dan amplitudonya
2. Dimungkinkan ada gelombang yang dihasilkan bukan oleh tumbukan lempeng yang menghasilkan patahan dan gempa tetapi mempunyai ciri yang mirip gelombang primer sehingga dibaca sebagai gelombang primer, jika ini yg terjadi maka informasi palsu yang diperoleh dan jika informasi palsu yang sering terkirim maka tidak akan ada artinya lagi jika informasi yang benar datang
3. Isyarat yang diterima sensor adalah gelombang primer yang menyatakan telah terjadi patahan/penunjaman tetapi belum tentu patahan tersebut berpotensi menimbulkan tsunami sehingga informasi tetap akan dikirimkan kepada masyarakat walaupun tsunami belum tentu akan terjadi.
4. Keterbatasan kapasitas BTS sangat mempengaruhi penerimaan dan pengiriman informasi karena terjadi antrian data, jika antrian data cukup panjang dan informasi tersebut menempati urutan antrian belakang untuk dikirimkan maka risiko keterlambatan penerimaan informasi menjadi tinggi dan informasi menjadi tidak bernilai lagi
5. Karena sempitnya waktu yang tersedia dalam usaha penyelamatan maka dibutuhkan akurasi waktu proses mulai gelombang primer diterima oleh sensor sampai dengan pesan diterima oleh pihak-pihak yang berkompeten

6. Untuk menjalankan sistem ini memerlukan suplai energi listrik yang harus terjaga, tetapi bukan tidak mungkin ketika informasi bencana belum sampai ke tangan masyarakat jaringan listrik sudah terputus karena pada saat itu gempa telah terjadi dan merusak jaringan listrik PLN atau karena alasan keamanan maka selanjutnya PLN memutuskan aliran listrik. Jika demikian maka informasi tidak dapat diterima masyarakat sebagaimana mestinya

Agar dapat dapat berhasil metode pendeteksian dini tsunami seperti yang telah dikemukakan diatas tentunya harus berada dalam sebuah lingkungan yang mendukung dan tidak dapat berdiri sendiri. Elemen2elemen lain yang harus mendukung diantaranya :

1. Kesiapan operator seluler dalam melaksanakan 'tugas' tambahan
2. Rencana tata ruang, mestinya di daerah rawan bencana perlu perencanaan tata ruang yang mendukung penyelamatan meliputi jalur-jalur evakuasi pengungsi yang jelas dan terpelihara, serta lokasi pengungsian yang memenuhi persyaratan keselamatan, keamanan dan kesehatan
3. Pemeliharaan sistem yang terus menerus sehingga dipastikan sistem bekerja sesuai dengan yang diharapkan
4. Kesiapan masyarakat dalam menghadapi bencana perlu dipersiapkan dengan latihan-latihan atau simulasi menghadapi bencana, sehingga masyarakat dapat bertindak dengan cepat dan benar pada saat terjadi bencana
5. Aparatur pemerintah yang bertanggung jawab atas pelaksanaan tanggap darurat di lapangan pun harus dipersiapkan dan dilatih secara terus menerus sehingga dapat melaksanakan tindakan yang cepat tepat dan akurat

Walaupun masih sangat sederhana, ide ini menarik untuk dipelajari lebih lanjut karena memotong jalur birokrasi penyebaran informasi yang selama ini terasa cukup berbelit karena dilakukan oleh manusia , sedangkan dengan sistem yang telah digambarkan sebelumnya, tidak ada campurtangan manusia sama sekali mulai dari penerimaan isyarat alam sampai informasi diterima oleh masyarakat.