

EVALUASI KINERJA SISTEM PERINGATAN DINI TSUNAMI DI INDONESIA

Arya Dian D

Fakultas Teknik Universitas Nurtanio Bandung

ABSTRAKSI

Pemerintah Indonesia, dengan bantuan negara-negara donor, telah mengembangkan Sistem Peringatan Dini Tsunami Indonesia (*Indonesian Tsunami Early Warning System - InaTEWS*). Sistem ini berpusat pada Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) di Jakarta. Sistem ini memungkinkan BMKG mengirimkan peringatan tsunami jika terjadi gempa yang berpotensi mengakibatkan tsunami. Sistem yang ada sekarang ini sedang disempurnakan. Pengembangan Sistem Peringatan Dini Tsunami ini melibatkan banyak pihak, baik instansi pemerintah pusat, pemerintah daerah, lembaga internasional, lembaga non-pemerintah. Koordinator dari pihak Indonesia adalah Kementerian Negara Riset dan Teknologi (RISTEK). Sedangkan instansi yang ditunjuk dan bertanggung jawab untuk mengeluarkan info gempa dan peringatan tsunami adalah BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika). Sistem ini didesain untuk dapat mengeluarkan peringatan tsunami dalam waktu paling lama 5 menit setelah gempa terjadi.

InaTews yang berteknologi tinggi dan sangat mahal ini dapat berjalan dengan baik maka perlu dibangun infrastruktur yang mendukung peringatan dini dikawasan rawan tsunami, penyampaian informasi yang efektif dan efisien, perlu koordinasi yang baik antar institusi yang berwenang serta penyuluhan tentang arti pentingnya sistem peringatan dini.

Hasil perhitungan *probabilitas error* tanpa pengkodean menghasilkan angka 6.10^{-22} , ini menunjukkan bahwa setiap pengiriman data yang berjumlah 10^{-22} akan mengalami kesalahan sebanyak 6 bit dan ini memperlihatkan bahwa sistem komunikasi memiliki kehandalan yang baik. Dari sisi *probabilitas of collision* (tabrakan) dengan jumlah satu unit buoy akan menghasilkan intensitas tabrakan sebesar 1,6 %.

Kata kunci :

Sistem peringatan dini tsunami Indonesia, 5 (lima) menit, *probability of error*

Pendahuluan

Kepulauan Indonesia terletak pada pertemuan 3 lempeng dunia (*triple junction plate convergence*), yaitu lempeng Eurasia, samudra pasifik dan Indo Australia. Ketiga lempeng tersebut bergerak aktif dengan kecepatan dan arah yang berbeda dalam kisaran beberapa sentimeter sampai dengan 12 sentimeter pertahun. Hal itu menyebabkan pulau-pulau disekitar pertemuan tiga lempeng tersebut sangat rawan terhadap gempa bumi dan tsunami.

Dipenghujung tahun 2004, tepatnya di hari minggu, 26 desember 2004, Indonesia dan delapan negara lainnya dikawasan samudera India dilanda bencana tsunami yang 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 dan Kenya.

Tsunami ditimbulkan oleh gempa bumi berkekuatan 9.3 SR (skala Richter) yang berpusat di 33 LU dan 95 BT. Gempa tersebut telah menimbulkan getaran kuat dan patahan sepanjang 1200 km yang membentang dari aceh sampai ke Andaman. Tragedi tsunami akhir tahun 2004 tersebut telah meninggalkan kesedihan dan penderitaan yang luar biasa bagi masyarakat provinsi aceh dan sumatera utara khususnya dan bangsa Indonesia pada umumnya.

Menurut data dari BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana), 173.341 jiwa meninggal dunia dan 116.368 orang dinyatakan hilang, sedangkan disumatera utara 240 orang tewas. Tsunami aceh mengakibatkan ribuan rumah dan bangunan rusak dan menyebabkan hamper setengah juta orang jadi pengungsi.

Akibat pergerakan relatif antar lempeng tektonik di Indonesia dan aktivitas sesar-sesar regional maupun local ribuan gempa terjadi setiap tahunnya, namun sebagian besar dari gempa-gempa tersebut hanya terdeteksi oleh alat yakni seismograph, sedangkan gempa-gempa yang berkekuatan 5.5 SR ataupun yang dirasakan rata-rata pertahun sekitar 70 – 100 kali, sedangkan gempa yang menimbulkan kerusakan antara 1 – 2 kali pertahun. Sejak tahun 1991 sampai dengan 2009 tercatat telah terjadi 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.

Penyebab terjadinya Tsunami

Tsunami dapat dipicu oleh bermacam-macam gangguan (*disturbance*) berskala besar terhadap air laut, misalnya gempa bumi, pergeseran lempeng, meletusnya gunung berapi dibawah laut, atau tumbukan benda langit. Namun 90% tsunami adalah akibat gempa bumi bawah laut. Dalam rekaman sejarah beberapa tsunami diakibatkan oleh gunung meletus, misalnya ketika meletusnya gunung Krakatau. Tsunami dapat terjadi apabila dasar laut bergerak secara tiba-tiba dan mengalami perpindahan vertikal.

Gerakan vertikal pada kerak bumi, dapat mengakibatkan dasar laut naik dan turun secara tiba-tiba, yang mengakibatkan gangguan kesetimbangan air yang berada diatasnya. Hal ini mengakibatkan terjadinya aliran energy air laut, yang ketika sampai di pantai menjadi gelombang besar yang mengakibatkan tsunami.

Karakteristik Tsunami

Perilaku gelombang tsunami sangat berbeda dari ombak laut biasa. Gelombang tsunami bergerak dengan kecepatan tinggi dan dapat merambat lintas-samudra dengan sedikit energy berkurang. Tsunami dapat menerjang wilayah yang berjarak ribuan kilometer dari

sumbernya, sehingga mungkin ada selisih waktu beberapa jam antara terciptanya gelombang ini dengan bencana yang ditimbulkannya di pantai. Waktu perambatan gelombang tsunami lebih lama dari waktu yang diperlukan oleh gelombang seismic untuk mencapai tempat yang sama. Periode tsunami cukup bervariasi, mulai dari 2 menit hingga lebih dari 1 jam. Panjang gelombangnya sangat besar, antara 100-200 km.

Perangkat Tsunami Early Warning System di perairan Indonesia

Pada tsunami early warning system perangkat yang terpenting dalam proyek ini adalah buoy dan *OBU* (*ocean bottom unit*). Komponen-komponen tsunameter di Indonesia pada mulanya merupakan hasil kerjasama internasional. Kerjasama yang dilakukan oleh badan penelitian dalam negeri dengan badan penelitian luar negeri. Maka buoy yang berada di Indonesia merupakan hasil kerjasama Indonesia dengan Negara Jerman, Amerika dan Malaysia. Hingga akhir tahun 2008 Indonesia telah mampu membuat buoy yang dinamakan INA-Buoy sebanyak 10 buah yang beroperasi di perairan Indonesia. Jumlah total buoy yang berada dikawasan Indonesia adalah 24 buoy yang merupakan hasil kerjasama antar Negara selain dari buoy buatan Indonesia. Diantaranya adalah

1. INA-Buoy buatan Indonesia (10 buoy)
2. Germany-Indonesia Tsunami Early Warning System (GITEWS) disebut GITEWS Buoy (10 buoy)
3. NOAA disebut DART Buoy (3 buoy)
4. ATSB Malaysia disebut Wave Scan Tsunami Buoy (1 buoy)



Gambar 1. Perangkat Tsunami Buoy di Indonesia



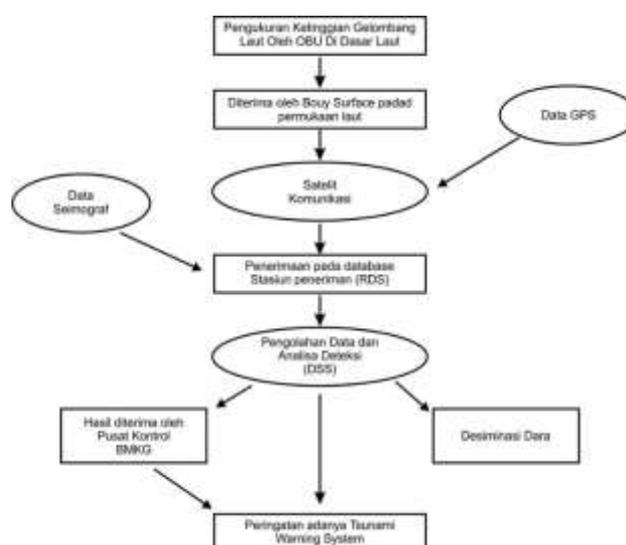
Gambar 2. Distribusi Tsunami Buoys di Indonesia

Sistem Komunikasi Satelit pada Ina TEWS

Sistem komunikasi satellite yang digunakan pada system peringatan dini di Indonesia menggunakan jasa satelit Inmarsat (International Maritime Satellite). Inmarsat adalah organisasi international untuk pelayanan telekomunikasi mobile maritime yang mulai beroperasi dari tahun 1979 untuk menyediakan komunikasi satellite.

Jaringan Inmarsat memiliki 4 komponen utama yaitu

1. *Mobile earth stations (MES)* : beroperasi pada L-band. Frekuensi yang digunakan pada arah uplink berkisar antara 1625,5 Mhz dan 1660,5 Mhz sedangkan arah downlink berkisar antara 1525 Mhz dan 1559 Mhz. jenis polarisasi yang digunakan pada arah uplink adalah right circular dan left circular pada arah downlink.
2. *Satelite* : beberapa geostationary satellite diposisikan diatas empat wilayah samudra (pasifik, hindia, atlantik timur dan barat).
3. *Network Coordination Station (NCS)* : transmisi dan reception dari sinyal dikoordinasikan oleh empat NCS, satu untuk masing-masing cakupan satellite.
4. *Land Earth Station (LES)* : disebut juga gateway, panggilan ke/dari mobile earth station dirutingkan melalui satelit Inmarsat dari/ke LES untuk hubungan ke jaringan telepon nasional atau international dan jaringan data (internet). Frekuensi yang digunakan untuk satelit ke gateway adalah C band.



Gambar 3. Blok diagram alur data TEWS

Parameter *Link Budget*

Perhitungan link dalam sistem komunikasi satelit digunakan untuk menilai kualitas link. Hasil akhirnya memperlihatkan presentase daya dan bandwidth yang digunakan oleh sistem tersebut. Parameter tersebut diantaranya adalah

- a. Gain Antena
- b. *Effective Isotropic Radiated Power (EIRP)*
- c. SFD (Saturated Fluks Density)
- d. Redaman hujan
- e. Redaman Ruang Bebas (*Path Loss*)
- f. *IBO (Input Back Off)* dan *OBO (Output Back Off)*
- g. *Figure of Merit (G/T)*
- h. *Carrier to Noise (C/N)*
- i. *Carrier to Noise Required*

Indonesia Tsunami Early Warning System (InaTEWS) dibangun sejak 2005, setelah peristiwa mega-gempa dan tsunami Aceh 26 Desember 2004, dan diresmikan operasionalnya oleh Presiden Soesilo Bambang Yudhoyono pada 11 November 2008. Sistem peringatan dini tsunami yang berbasis teknologi ini terdiri dari beberapa komponen perangkat keras dan perangkat lunak seperti pusat kendali operasi (Tsunami Warning Center atau TWC); alat pendeteksi gempa di darat (seismograf); alat pendeteksi gempa di dasar laut (Ocean Bottom Unit atau OBU); alat pengukur pasang surut digital (*tide gauge*); *differential Global Positioning System* (dGPS); pelampung di permukaan laut (*mooring buoy*) pentransmisi sinyal informasi dari OBU ke satelit. Alat ini juga dilengkapi dengan alat pengukur perubahan tinggi muka air laut; satelit yang berfungsi sebagai wahana transmisi sinyal antara berbagai alat pendeteksi gempa/tsunami dengan pusat kendali operasi perangkat lunak berupa *Decision Support System (DSS)* yang berkoordinasi dengan dua perangkat lunak lain, *Seiscomp* untuk pengolahan data gempa dan *System Information Management (SIM)*.

Implementasi TEWS di Indonesia

Jumlah tsunami buoy yang ada dan exis bekerja saat ini sangatlah tidak memadai jika dibandingkan dengan luasnya panjang garis pantai yang 50 % dari 40.000 Km adalah daerah yang rawan terhadap tsunami. Tsunami buoy yang bekerja dan ada di perairan Indonesia saat ini jumlahnya tidak lebih dari 3 buah yaitu

- a. Tsunami buoy Simuelue
Buoy simeulue pertama di pasang pada bulan Mei 2010, kemudian hilang pada November 2010, selanjutnya dipasang kembali pada Februari 2011 dan pada April 2011 mengalami kerusakan dan pada bulan Juni 2011 dilakukan perbaikan dan selanjutnya dipasang kembali pada bulan yang sama. Namun umurnya pun tidak lama karena pada bulan Agustus 2011 buoy tersebut mengalami drifting (hilang) yang tidak jelas keberadaannya.
- b. Tsunami Buoy Pelabuhan Ratu
Buoy ini pertama dipasang pada bulan Agustus 2011 sebulan kemudian tepatnya di bulan September 2011, buoy tersebut mengalami kerusakan dan vandalized. Dan redployed kembali pada bulan Agustus 2012.
- c. DART ETD
DART (Deep-Ocean Assessment and Reporting of Tsunami) Easy To Deploy (ETD) milik Amerika Serikat ini diluncurkan sejauh 300 km dari lepas pantai Bali selatan

dan ditempatkan di laut dengan kedalaman 4.700 meter itu juga lebih ringkas untuk menghindari kerusakan di laut serta vandalism.

KONDISI EXISTING TSUNAMI BUOY INDONESIA



Gambar 4. Kondisi Existing Tsunami buoy

Perhitungan Link Budget

Tabel 1. Perhitungan Uplink Budget Buoy ke Satellite Inmarsat

PARAMETER		Nilai	Satuan
EIRP buoy		7	dbW
Free Space Loss		187.65	
G/T global		14.9	db/K
Bandwidth	1440	31.58362492	
	1.6E-23	-227.9588002	
C/N up		30.62517525	dB
C/IM		16	

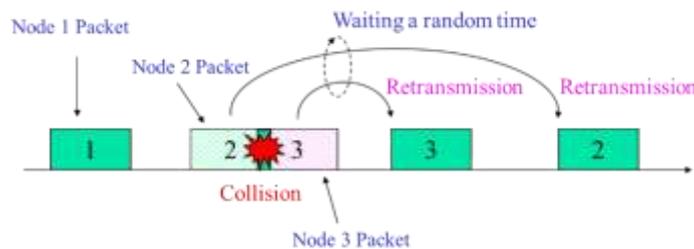
Tabel 2. Perhitungan Downlink Budget Satellite Inmarsat ke Gateway

EIRP Global L Band		44	
Output BackOff		4	db
Bandwith Total Transfonder		34	MHz
EIRP kpd Gateway		-3.731164249	dBW
Free Space Loss		187.0978752	
G/T		31	
Bandwidth (KHz)	1440	31.58362492	
Boltzmann Constant	1.6E-23	-227.9588002	
C/N dn		36.54613581	db

(C/N) ⁻¹ total, dalam angka		0.0262063	
C/N _{total}		15.81594289	
C/N total dalam angka		38.15876311	
E _b /N _o dalam angka		45.79051573	
E _b /N _o dalam Db		16.60775535	dB
Error Rate Tanpa Sandi		5.35574E-22	

Probability of Collision

Metode akses saluran satelit adalah dari hub ke remote dengan sistem TDM serta dari remote ke hub merupakan sistem TDMA yang umum disebut *Aloha*. Disini satu frekuensi digunakan secara bersama-sama oleh banyak stasiun remote. Sedangkan remote memancarkan sinyalnya secara acak (random) tanpa menunggu suatu sinyal sinkronisasi dari hub (unslotted aloha). Dalam hal ini ada kemungkinan “tabrakan” (collision), karena dua remote memancarkan sinyal dalam waktu yang hampir bersamaan. Jika terjadi tabrakan, maka tidak ada acknowledgement dari hub, pancaran harus diulang. Kedua stasiun remote yang mengalami tabrakan akan mengulang pengiriman selang waktu tertentu yang juga acak.



Gambar 5. Mekanisme “tabrakan” (collision) ALOHA

Perhitungan Prob. Collision

Dengan menggunakan rumus $S = 1 - e^{-G}$

$$\text{Transmission time} = \frac{X}{R} = \frac{\text{jumlah bit}}{\text{bit/second}} = \text{second} \dots\dots\dots 3.1$$

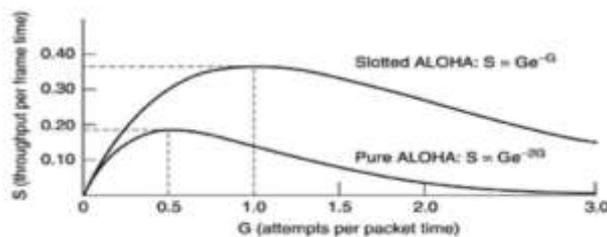
Jika diasumsikan

- Jumlah bit yang dikirim (X) = 1000 per paket
- R = 600 bps

Maka dengan menggunakan rumus diatas 3.1

$$T = \frac{X}{R}$$

$$T = \frac{1000}{600} = 1,6 \text{ sec}$$



Gambar 6. Throughput ALOHA

Jika pengiriman data (pada kondisi normal) data dikirimkan buoy setiap 15 menit, maka, dengan

$T = 1,6$ detik (transmission time/paket)

$$\lambda = \frac{1}{15 \times 60} \text{ detik}^{-1}$$

misalkan $\lambda T = G$ maka probabilitas tabrakan = $1 - e^{-G}$

Tabel 3. Hubungan jumlah buoy dengan Probabilitas Collision

Jumlah Buoy	G total	Prob. Collision
1	0.016	0.016 = 1.6%
10	0.16	0.148 = 14%
100	1.6	0.8 = 80 %

Analisis InaTEWS

Indonesia Tsunami Early Warning Sistem (Ina Tews) atau Sistem Peringatan Dini Tsunami Indonesia diharapkan memiliki kemampuan untuk mengeluarkan peringatan tsunami dalam waktu yang sangat singkat setelah terjadinya gempa.

Sistem peringatan dini tsunami adalah sebuah sistem yang dirancang untuk mendeteksi tsunami kemudian memberikan peringatan untuk mencegah jatuhnya korban. Sistem ini umumnya terdiri dari dua bagian penting yaitu jaringan sensor untuk mendeteksi tsunami serta infrastruktur jaringan komunikasi untuk memberikan peringatan dini adanya bahaya tsunami kepada wilayah yang diancam bahaya agar proses evakuasi dapat dilakukan secepat mungkin.

TEWS berteknologi tinggi ini tidak akan bisa bekerja secara efektif saat terjadinya tsunami jika tidak didukung oleh beberapa aspek penting lainnya yaitu dengan adanya infrastruktur sistem komunikasi yang memadai, koordinasi yang baik antar institusi pemerintah yang berwenang, penyuluhan tentang arti pentingnya sistem peringatan dini tsunami dan evakuasi saat bencana tsunami terjadi baik kepada masyarakat umum maupun kepada pejabat pemerintah atau institusi yang berwenang dalam pengambilan keputusan.

Agar TEWS berteknologi tinggi dengan biaya yang sangat mahal ini bisa berjalan dengan baik berdaya guna dan berdaya manfaat maka yang perlu diperhatikan adalah :

1. Aspek pertama adalah segera membangun fasilitas infrastruktur peringatan dini tsunami ditempat yang rawan tsunami di pantai-pantai di Indonesia yang meliputi; tsunami *buoy* baik itu Inabuoy, *GITEWS* maupun *DART* yang dilengkapi dengan *tidal gauge* dan dipadukan dengan *seismograf* yang dihubungkan pusat peringatan dini di Jakarta.
2. Aspek kedua adalah perlu adanya infrastruktur penyampaian informasi yang efektif dan efisien dari *early warning center* ke seluruh lapisan masyarakat. *Early warning center* yang ada di Jakarta ini bisa menerima informasi akan terjadinya tsunami baik dari *Indian Ocean Early Warning System*, *Pacific Ocean Tsunami Early Warning System*, *Japan Meteorological Agency (JMA) Early Warning* ataupun yang lainnya.
3. Aspek yang ketiga adalah perlunya koordinasi yang baik antara institusi-institusi yang ada yang berwenang menyampaikan informasi akan terjadinya bencana tsunami ke masyarakat..
4. Aspek keempat yang sangat penting adalah penyuluhan tentang arti pentingnya sistem peringatan dini tsunami, pengetahuan tentang tsunami dan bagaimana tsunami bisa terjadi, bagaimana cara menyelamatkan diri jika tsunami terjadi, dan lain sebagainya baik

kepada masyarakat umum maupun kepada pejabat pemerintah atau institusi yang berwenang dalam pengambilan keputusan.

- Aspek kelima atau yang terakhir adalah perlunya penataan ulang tentang tata ruang daerah pantai yang meliputi jarak daerah pemukiman terhadap garis pantai, penanaman tumbuhan pantai dan lain sebagainya.

Dari kelima aspek yang dijelaskan diatas jika diterapkan dengan baik diharapkan akan bisa mengurangi jumlah korban jiwa dan harta benda jika tsunami terjadi lagi. Dan juga sistim peringatan dini tsunami berteknologi tinggi yang dibangun dengan biaya yang sangat luar biasa besarnya juga akan sangat bermanfaat dengan baik.

Analisa terhadap kondisi existing jumlah buoy (3 unit buoy)

Saat ini ada 3 unit buoy yang terpasang dan beroperasi di seluruh perairan Indonesia. Setiap unit buoy mentransmisikan data yang berupa parameter-parameter yang diperlukan oleh BPPT dan BMKG untuk melakukan simulasi dan analisis gempa berdampak tsunami. Dari sisi jumlah yang hanya 3 unit, untuk mengcover luasnya wilayah Indonesia serta panjang pantai yang mencapai kira-kira 40.000 Km sangat tidak memadai. Namun dari hasil analisa di sistem komunikasi dan transmisi data dari buoy ke satelit dan satelit ke *Tsunami Warning Center* tidak mengalami permasalahan.

Analisa Link Budget

Dari hasil perhitungan link budget, dihasilkan bahwa nilai untuk *Probability of Error* $P_e = \alpha \cdot 10^{-22}$ (tabel). Angka ini menunjukkan bahwa bahwa dari segi telekomunikasi pada proses transmisi data dari *surface buoy* ke satelite dan dari satelit ke *read down station (RDS)* yang terletak di gedung BPPT Jakarta tidak mengalami permasalahan.

Tabel 4. Analisa Tabrakan (*Probability of Collision*)

Jumlah Buoy	G total	Prob. Collision
1	0.016	0.016 = 1.6%
10	0.16	0.148 = 14%
100	1.6	0.8 = 80 %

Berdasarkan tabel dari hubungan jumlah buoy dan *probabilitas of collision* Dimana jika jumlah buoy hanya satu (1) maka intensitas tabrakan yang terjadi adalah 0.016 atau 1.6%.

Kesimpulan

- Dengan memasang lebih banyak lagi perangkat tsunami buoy pada tempat-tempat berpotensi gempa yang menimbulkan tsunami atau di dekat patahan tektonik maka dampak yang ditimbulkan akan bisa di minimalisir.
- Dari hasil perhitungan link budget menunjukkan bahwa *probability of error* nya adalah $6 \cdot 10^{-22}$ artinya setiap pengiriman data sebanyak 10^{-22} kesalahannya (error) yang terjadi sebanyak 6 bit.
- Perhitungan sementara menunjukkan bahwa untuk *probabilitas collision* (tabrakan) yang akan terjadi dengan asumsi jumlah buoy nya 10 buoy menunjukkan diangka 1,7 %..

Saran

- Kepada pemerintah agar dapat memprioritaskan dalam APBN (Anggaran Pendapatan Belanja Negara) untuk pengadaan alat/perangkat sistem peringatan dini tsunami buoy lebih banyak lagi, untuk mengcover daerah yang rawan terhadap tsunami.

2. Dalam rangka menjaga dan memelihara sistem peringatan dini tsunami dalam hal ini buoy yang ada saat ini disarankan kepada institusi penanggung jawab untuk bekerjasama dengan instansi yang terkait misalnya satuan penjaga pantai dan laut, termasuk Armada TNI dan Polri kawasan barat dan kawasan timur serta Himpunan Nelayan Seluruh Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

1. Hartoyo Joko. *“Indonesia Tsunami Buoy Network”*. Badan Pusat Pengkajian Teknologi. Jakarta.
2. *Indonesia Tsunami Early Warning System (InaTEWS)*. 2010. Konsep dan Implementasi. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG). Jakarta.
3. Inmarsat. *Inmarsat Maritime Handbook*.
4. Jonathan Gideon. 2008. *“Diktat Kuliah Rekayasa Radio”*. Institut Teknologi Telkom. Bandung.
5. Meinig, C., Stalin, S.E., Nakamura, A.I., Milburn, H.B. 2005. *“Real Time Deep Ocean Tsunami Measuring, Monitoring and Reporting System”*: *The NOAA DART II Description and Disclosure*. Hugh B. Milburn Oceanographic Engineer.
6. Pandoe, W. W., Djamaluddin, R., Hartoyo, D. & Yogantara, W. 2009. *The Indonesian Tsunami Buoy Development and Regional Linkage. A Training Course on Lesson Learned from the 2004 Indian Ocean Tsunami Disaster Rehabilitation and Reconstruction Process in Aceh*. Banda Aceh.
7. Ristek, K.L.H., Deplu, ESDM, Kominfo, Bappenas, Bakornas PBP, BPP Teknologi, Bakosurtanal, Lapan, LIPI, BMG, DKP, & ITB. 2005. *Grand Scenario Of Indonesia Tsunami Early Warning System*. TEWS.
8. Simanjuntak, T.L.H. 2003. *“Sistem Komunikasi Satelit”*, Edisi Pertama. PT. Alumni. Bandung.
9. Stojce Dimov Ilcev. 2005. *Global Mobile Satellite Communications for Maritime, Land and Aeronautical Applications*. University of Durban – Westville South Africa.
10. Syamsudin, F. 2005. Menanti Berdirinya Badan Mitigasi Bencana Nasional. Edisi Vol. 3/XVII/Maret/2005. INOVASI Online. Website: <http://io.ppi-jrpang.org>. Email: redaksi@io.ppi-jepang.org
11. Tanenbaum, S., Andrew 2003 Pearson Education, Inc. Publishing as Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, New Jersey 07458.
12. Tim Kaji Cepat Bersama Ina TEWS. 2012. *“Evaluasi terhadap InaTEWS. Harapan dan Kenyataan pada Peristiwa Gempa Bumi”*. Compress LIPI. Jakarta.
13. Wijonarko, S. 2008. Beberapa Kendala dalam Penerapan Sistem di dalam Metode 5 dalam 1 untuk Menjadi Standar Sistem Penyebaran Informasi Peringatan Dini Tsunami. Pulit KIM LIPI. Puslitbang.
14. www.disaster.elvini.net/tsunami.cgi
15. http://nctr.pmel.noaa.gov/Dart/Jpg/DART-II_05x.swf
16. <http://inatews.bmkg.go.id>
17. Pandu, W. W. 2012. *Operational InaTEWS Tsunami Buoy Indonesia*. BPPT.
18. Sugito, N. T. 2008. *Tsunami*. UPI.
19. Sudjai, Miftadi. 2004. *Diktat Kuliah Komunikasi Satelit*. STTTelkom Bandung.