

LAPORAN PENELITIAN TAHUN KEDUA

Hibah
PENELITIAN KERJASAMA ANTAR PERGURUAN TINGGI
(Hibah PEKERTI)

MENGENAL KORELASI
ANTARA GEOMETRI KURVA GARIS PANTAI
DENGAN INTENSITAS DAMPAK TSUNAMI
DI INDONESIA
BERDASARKAN ANALISIS FRAKTAL - 2
(STUDI KASUS : MAUMERE, FLORES, NUSA TENGGARA
TIMUR)

TPP
T. Listyani R.A., S.T., M.T.
Ir. A. Isjudarto, M.T.
(STTNAS, Yogyakarta)

TPM
Dr. Ir. Sari Bahagiarti K., MSc.
Dr. Ir. Heru Sigit Purwanto, M.T.
(UPN "Veteran" Yogyakarta)



Dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi
Departemen Pendidikan Nasional,
sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian
Nomor : 133/SP2H/PP/DP2M/III/2007 tanggal 29 Maret 2007

JURUSAN TEKNIK GEOLOGI
SEKOLAH TINGGI TEKNOLOGI NASIONAL
YOGYAKARTA

November, 2007

HALAMAN PENGESAHAN

- 1. Judul** : **MENGAJAI KORELASI ANTARA GEOMETRI KURVA GARIS PANTAI DENGAN INTENSITAS DAMPAK TSUNAMI DI INDONESIA BERDASARKAN ANALISIS FRAKTAL- 2 (STUDI KASUS : MAUMERE, FLORES, NUSA TENGGARA TIMUR)**
- 2. Ketua TPP**
- a. Nama Lengkap : T. Listyani R.A., S.T., M.T.
 - b. Jenis Kelamin : Perempuan
 - c. N I K : 1973 0077
 - d. Jabatan Fungsional : Lektor
 - e. Jabatan Struktural : -
 - f. Bidang Keahlian : Geologi Pengembangan Wilayah
 - g. Jurusan : Teknik Geologi
 - h. Perguruan Tinggi : Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta
- 3. Anggota Peneliti** : Ir. Ag. Isjudarto, M.T.
- 4. Ketua TPM**
- a. Nama Lengkap : Dr. Ir. Sari Bahagiarti K., MSc.
 - b. Jenis Kelamin : Perempuan
 - c. NIP : 030 178 657
 - d. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
 - e. Jabatan Struktural : Dekan FTM
 - f. Bidang Keahlian : Hidrogeologi
 - g. Jurusan : Teknik Geologi
 - h. Perguruan Tinggi : UPN Veteran Yogyakarta
- 5. Anggota TPM** : Dr. Ir. Heru Sigit Purwanto, M.T.
- 6. Jangka Waktu Penelitian**
- a. Jangka waktu yang diusulkan : 2 tahun
 - b. Jangka waktu yang sudah dijalani : 2 tahun
 - c. Biaya yang disetujui tahun II : Rp. 73.640.000,00 (*Tujuh puluh tiga juta enam ratus empat puluh ribu rupiah*).

Yogyakarta, 21 November 2007

Menyetujui,
Ketua TPM,

(Dr. Ir. Sari Bahagiarti K., MSc.)
NIP. 030 178 657

Ketua Peneliti,

(T. Listyani R.A., S.T., M.T.)
NIK. 1973 0077



Mengetahui,
Ketua STTNAS Yogyakarta

(H.R. Soekrisno, MSME, Ph.D.)
NIP. 130 530 568



Menyetujui,
Ka. P3MK STTNAS Yogyakarta,

(Ir. M. Abdulkadir, M.T.)
NIP. 132 002 072

**MENGAJAI KORELASI ANTARA GEOMETRI KURVA GARIS PANTAI
DENGAN INTENSITAS DAMPAK TSUNAMI DI INDONESIA
BERDASARKAN ANALISIS FRAKTAL - 2
(STUDI KASUS : MAUMERE, FLORES, NUSA TENGGARA TIMUR)**

Oleh :

T. Listyani R.A.¹, A. Isjudarto¹, Sari Bahagiarti K², Heru Sigit Purwanto²
(¹ STTNAS, Yogyakarta; ² UPN "Veteran" Yogyakarta)

89 halaman

RINGKASAN

Penelitian Hibah PEKERTI tahun kedua ini merupakan penelitian lanjutan tahun pertama tentang tsunami. Kalau di tahun pertama penelitian ditekankan di daerah Aceh, maka penelitian kali ini ditekankan untuk daerah Maumere dan sekitarnya, Kabupaten Sikka, Flores, Nusa Tenggara Timur.

Penelitian ini merupakan rangkaian Hibah PEKERTI yang diprogramkan oleh DIKTI yang merupakan sarana untuk menggalang kerjasama antar perguruan tinggi melalui penelitian ilmiah. Pada kesempatan ini staf pengajar STTNAS sebagai TPP belajar meneliti dengan sarana dan bimbingan TPM dari UPN Veteran Yogyakarta. Penelitian kali ini mengangkat tema tsunami yang telah beberapa kali melanda Kepulauan Indonesia bagian selatan.

Masih senada dengan tahun pertama, penelitian tahun kedua ini juga mengkaji korelasi antara bentuk kurva garis pantai di pantai selatan Kepulauan Indonesia dengan intensitas dampak tsunami. Kajian ini juga dilakukan dengan menggunakan metode analisis geometri fraktal, didukung dengan analisis citra penginderaan jauh (foto udara serta citra satelit) serta statistik. Survei lapangan secara langsung dilakukan di Flores, NTT. Alat dan bahan yang digunakan adalah peralatan lapangan, peta geologi skala 1 : 100.000, Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1 : 25.000 serta menggunakan perangkat lunak komputer.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik geologi (geomorfologi, stratigrafi dan struktur geologi / tektonik) suatu daerah mempengaruhi besarnya

dampak bencana gempa bumi maupun tsunami. Pola tektonik Indonesia bagian timur sangat kompleks, didukung oleh adanya zona penunjaman Samodera Pasifik ke arah Kepulauan Indonesia bagian timur. Tektonik yang menyebabkan gempa dan tsunami 1992 di Maumere dan sekitarnya adalah sesar naik di daerah *back arc basin*. Posisi *back arc* ini saat ini berada di utara Maumere, di dalam Laut Flores. Akibatnya, pantai-pantai utara di Pulau Flores ini menderita kerusakan yang jauh lebih parah dibanding wilayah di pantai-pantai selatan.

Dari perhitungan fraktal yang telah dilakukan diperoleh 28 ruas dengan kisaran harga dimensi fraktal 1 – 1,17. Dari kajian lapangan diketahui bahwa daerah-daerah di pantai utara Flores memiliki banyak korban manusia dan kerusakan bangunan akibat bencana gempa dan tsunami 1992 lalu. Berbagai dampak akibat bencana tersebut antara lain berupa dampak kemanusiaan, dampak ekonomi dan lingkungan. Kerugian harta benda dan korban jiwa tidaklah sedikit. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa hubungan antara dimensi fraktal dengan dampak gempa dan tsunami Flores 1992 memberikan hasil nilai koefisien korelasi sebesar 0,17 – 0,96. Korelasi yang baik ditunjukkan oleh hubungan antara dimensi fraktal geometri garis pantai terhadap korban jiwa ($r = 0,96$) dan kerusakan rumah (data dari camat; $r = 0,80$).

Penelitian ini telah menghasilkan peta prediksi dampak tsunami di Maumere dan sekitarnya, Flores, NTT. Lebih lanjut, hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi segenap warga Indonesia, terutama yang menghuni negara ini di bagian selatan agar dapat melakukan mitigasi dari bencana alam tsunami. Disamping itu, penelitian ini juga diharapkan dapat berguna bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya untuk ilmu geologi lingkungan. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan dapat digunakan untuk memprediksi intensitas dampak tsunami yang mungkin terjadi di berbagai daerah pantai di belahan bumi Indonesia lainnya.

Dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi,
Departemen Pendidikan Nasional,
sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian
Nomor : 133/SP2H/PP/DP2M/III/2007 tanggal 29 Maret 2007

**CORRELATION STUDY BETWEEN COAST LINE GEOMETRY CURVE WITH
TSUNAMI IMPACT INTENSITY IN INDONESIA
BASED ON FRACTAL ANALYSIS – 2
(CASE STUDY : MAUMERE, FLORES, EAST NUSA TENGGARA)**

By :

T. Listyani R.A.¹, A. Isjudarto¹, Sari Bahagiarti K², Heru Sigit Purwanto²
(¹ STTNAS, Yogyakarta; ² UPN "Veteran" Yogyakarta)

89 pages

SUMMARY

This second annual of "PEKERTI" Grand research basically as advance study of first year research about tsunami. In the first year the research focused at Aceh Province, whereas this year detailed in Maumere and its surrounding area, Flores, East Nusa Tenggara.

This research was range of PEKERTI Grand programmed by Higher Educational General Directorate as tool to accumulate of team work between universities by scientific research. In this term, educational lecturers from National School of Technology acted as Proposal Researchers Team have been studied to College Researchers Team from "UPN Veteran" Yogyakarta. This research also raised the tsunami theme which was spread in the southern Indonesian Island.

This study have still similar with the first year, then at the second time the research also notice correlation between coastline curve shape at Indonesian Island Southern Coast and tsunami impact intensity. This study also done by fractal geometry analysis, supported with remote sensing analysis both of photograph and landsat image, as well as statistic analysis. Geological field survey have carried out at Flores, NTT. Tools and materials that have been used for examples geological map scale 1 : 100.000, topographic maps scale 1 : 25.000 and computer hardware.

Result of the research show that geological characteristics like geomorphology, stratigraphy and geological structure / tectonic influence the impact magnitude of earthquake or tsunami. Tectonic setting of eastern Indonesian more complex, support by subduction of Pacific Plate toward Indonesian Island. Tectonic which have been forced earthquake and tsunami in 1992 at Maumere and its vicinity was thrusting fault in back arc basin. Now, this back arc position is in north of Maumere City, in Flores Ocean. Therefore, the north coast area had more damage than southern coast area.

The fractal calculation product 28 segment with dimension range 1 – 1,17. Field survey show that northern coast area have been had many people victim and damage of building cause of earthquake and tsunami 1992 ago. The impact of this disaster was human, economic and environment impact. Statistical analysis show that relation of fractal dimension to earthquake and tsunami of Flores 1992 impact give correlation coefficient range 0,17 – 0,96. Good correlation showed by relation of fractal dimension of coastline geometry to people death ($r = 0,96$) and house damage (from sub district data; $r = 0,80$).

Furthermore, result of this research may be used for Indonesian people, mainly those ones lived in southernpart of this country to conduct mitigation of tsunami dissaster. Besides that, this research can be used for science and technology development, especially for environmental geology. May this research can be used to predict tsunami impact intensity which can be occured at coast area inthe other part of Indonesian Island.

*Supported by Higher Educational General Directorate,
National Education Department,
by Research Implementation Agreement Document
Number 133/SP2H/PP/DP2M/III/2007, March 29th 2007*

CAPAIAN INDIKATOR KINERJA

Kinerja yang telah ditunjukkan oleh pihak TPP dan TPM merupakan prestasi dari serangkaian kerja dalam penelitian ini, antara lain :

1. Kebersamaan dalam survai lapangan antara pihak TPP dan TPM.
2. Pencarian data sekunder yang berupa data draf, peta, maupun penelusuran dunia maya / internet oleh pihak TPP.
3. Konsultasi berkala pihak TPP kepada TPM.
4. Keberhasilan dalam pekerjaan studio sampai tahap pelaporan.

Selanjutnya, keberhasilan penelitian juga akan disempurnakan jika :

1. Hasil penelitian dapat berguna untuk memprediksi dampak tsunami dan dapat digunakan untuk acuan mitigasi bencana ini.
2. Peta prediksi dampak tsunami dapat digunakan oleh segenap masyarakat di Indonesia bagian selatan.

Selain itu, kinerja penelitian akan semakin berhasil baik jika :

1. Tergalang kerjasama penelitian dalam tempo yang lebih lama dan intensif.
2. Bersama-sama melakukan kegiatan ilmiah, seperti seminar, lokakarya maupun magang.

PRAKATA

Ke hadirat Tuhan Yang Maha Kuasa, ucapan syukur dan terima kasih tiada henti penulis panjatkan, yang karena berkat dan limpahan kasihNya, maka penelitian ini dapat selesai pada waktunya. Laporan penelitian lanjutan ini merupakan hasil penelitian hibah kerjasama antar perguruan tinggi (Hibah PEKERTI) tahun kedua, dan merupakan salah satu kegiatan dari Tri Dharma Perguruan Tinggi. Penelitian ini berhasil karena bantuan dana dari Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional, pada tahun anggaran 2007. Penelitian ini kembali mengulas aspek geomorfologi pantai yang terkait dengan bencana geologi tsunami. Untuk itu tim telah melaksanakan penelitian yang berjudul "Mengkaji Korelasi antara Geometri Kurva Garis Pantai dengan Intensitas Dampak Tsunami di Indonesia berdasarkan Analisis Fraktal-2 (Studi Kasus : Maumere, Flores, Nusa Tenggara Timur)".

Penelitian kali ini kembali mengkaji hubungan antara morfologi garis pantai dengan dampak bencana tsunami di beberapa daerah di Kepulauan Indonesia bagian selatan, khususnya yang berbatasan dengan Samudera Hindia. Hasil penelitian ini dua tahun ini diharapkan dapat menambah wawasan dalam ilmu geologi dan kebencanaan wilayah. Laporan ini merupakan hasil penelitian Hibah Pekerti Tahun II dari penelitian yang telah berjalan selama 2 tahun.

Penelitian ini tidak akan berhasil tanpa bantuan, baik moril maupun materiil selama kegiatan penelitian ini dilakukan. Oleh karenanya, pada kesempatan ini tim peneliti ingin mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional.
2. Ketua Jurusan Teknik Geologi UPN Veteran Yogyakarta.
3. Ketua STTNAS Yogyakarta beserta staf.
4. Kepala P3M STTNAS Yogyakarta beserta staf.
5. Rekan-rekan dan karyawan dan mahasiswa STTNAS yang terlibat secara langsung maupun tidak dalam penelitian ini serta keluarga dan saudara

yang tak sempat kami sebutkan satu per satu, atas segala bantuan dan kerjasamanya yang tulus.

Akhir kata, demi keberlanjutan kerjasama penelitian berikutnya maka penulis mengharapkan adanya kritik atau saran dari para pemerhati sekalian. Harapan kami, semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi masyarakat yang tinggal di sekitar pantai selatan Kepulauan Indonesia.

Yogyakarta, 21 November 2007

Tim Peneliti

DAFTAR ISI

Halaman :

HALAMAN PENGESAHAN	i
RINGKASAN DAN <i>SUMMARY</i>	ii
CAPAIAN INDIKATOR KINERJA	vi
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Lokasi Penelitian	1
1.2. Latar Belakang	1
1.3. Hasil yang Diharapkan	3
BAB II. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN TAHUN KEDUA ...	4
2.1. Tujuan Penelitian	4
2.2. Manfaat Penelitian	4
BAB III. TINJAUAN PUSTAKA	6
3.1. Geologi Regional	6
3.1.1. Umum	6
3.1.1. Fisiografi	6
3.1.2. Stratigrafi	11
3.1.3. Tektonik	13
3.2. Gempa dan Tsunami	15
3.2.1. Gempa dan Pergerakan Lempeng	15
3.2.2. Tsunami	15
3.2.3. Tsunami dan Garis Pantai	17
3.3. Teori Fraktal	18
3.3.1. Geometri Fraktal	18
3.3.2. Dimensi Boks	19
3.3.3. Fraktal dan Garis Pantai	19
BAB IV. METODE PENELITIAN	21
4.1. Tahapan Kerja	21
4.2. Alat dan Bahan Penelitian	24
4.3. Jadwal Pelaksanaan Penelitian	25
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
5.1. Kajian Geologi	26
5.2. Kajian Tektonik	29
5.3. Kajian Gempa dan Tsunami	32
5.3.1. Kegempaan di Indonesia dan Nusa Tenggara Timur	32

Halaman :

5.3.2. Gempa Bumi Flores 12 Desember 1992	34
5.3.2.1. Karakteristik Gempa	34
5.3.2.2. Kekuatan Gempa dan Gempa Susulan	35
5.3.3. Sejarah Tsunami di Indonesia	37
5.3.4. Tsunami Flores 1992	38
5.4. Analisis Penginderaan Jauh	41
5.5. Analisis Fraktal	43
5.6. Kajian Lapangan	48
5.6.1. Maumere	48
5.6.2. Wuring (0412122 E, 9049054 N, h : 12 feet)	51
5.6.3. Bebung (0411756 E, 9049278 N, h : 15 ft)	52
5.6.4. Nangahale	53
5.6.5. Bola	55
5.7. Dampak Tsunami	57
5.7.1. Macam-macam Dampak Tsunami 12 Desember 1992	57
5.7.1.1. Dampak Kemanusiaan	57
5.7.1.2. Dampak Ekonomi	58
5.7.1.3. Dampak Lingkungan	58
5.7.1.4. Tinjauan Dampak di Beberapa Kecamatan	60
5.7.1.4.1. Maumere	60
5.7.1.4.2. Alok	61
5.7.1.4.3. Talibura	63
5.7.1.4.4. Bola	63
5.7.2. Data Korban Tsunami	63
5.7.2.1. Korban Meninggal	63
5.7.2.2. Kerusakan Bangunan Rumah dan Sarana – Prasarana	64
5.8. Analisis Statistik	71
5.8.1. Korelasi antara Geometri Garis Pantai dengan Dampak Korban Manusia	71
5.8.2. Korelasi antara Geometri Garis Pantai dengan Dampak Tsunami Kerugian Materi	73
5.8.3. Korelasi antara Geometri Garis Pantai dengan Dampak Tsunami Kerusakan rumah	74
5.8.4. Korelasi antara Geometri Garis Pantai dengan Dampak Tsunami Kerusakan infra Struktur	75
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	81
6.1. Kesimpulan	81
6.2. Saran	81

Halaman :

BAB VII.	RENCANA PENELITIAN 3 TAHUN SETELAH HIBAH PEKERTI	84
	7.1. Tujuan Khusus	84
	7.2. Metode	84
	7.3. Jadwal Kerja	85
	DAFTAR PUSTAKA	86
	LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman :
Tabel 4.1. Kegiatan penelitian	24
Tabel 4.2. Peralatan dan bahan penelitian	24
Tabel 4.3. Lokasi dan subyek penelitian	25
Tabel 4.4. Jadwal penelitian	25
Tabel 5.1. Frekuensi gempa bumi susulan Flores, 12 Desember 1992 (BMG Kupang, 2007)	36
Tabel 5.2. Kejadian tsunami 10 tahun terakhir di Indonesia (Latief, 2005)	37
Tabel 5.3. Pembagian ruas dan dimensi boks pola garis pantai di bagian selatan Kepulauan Indonesia, khususnya di Nusa Tenggara Timur, hasil penelitian tahun pertama (2006)	43
Tabel 5.4. Ruas dan dimensi fraktal daerah Maumere dan sekitarnya, Kabupaten Sikka, Flores, Nusa Tenggara Timur	44
Tabel 5.5. Daftar korban manusia per kecamatan (Yayasan Pelita Swadaya, 1993)	64
Tabel 5.6. Data kerusakan akibat gempa bumi dan tsunami Flores 1992 (Sekretariat Satlak PB Kab. Sikka, 1993)	65
Tabel 5.7. Data kerugian materi per kecamatan di Kabupaten Sikka akibat gempa dan tsunami Flores 1992 (Yayasan Pelita Swadaya, 1993)	65
Tabel 5.8. Rekapitulasi jumlah perumahan rakyat rusak di Kabupaten Sikka (Yayasan Pelita Swadaya, 1993) ..	66
Tabel 5.9. Data kerusakan bangunan sarana kesehatan (Rumah Sakit / Puskesmas / Puskesmas Pembantu) di masing-masing kecamatan di Kabupaten Sikka (Bupati KDH Tk II Sikka, 1993-b)	66
Tabel 5.10. Kerusakan sarana pendidikan akibat gempa bumi 12 Desember 1992 di Kabupaten Sikka (Yayasan Pelita Swadaya, 1993)	67
Tabel 5.11. Kerusakan sarana peribadatan akibat gempa bumi 12 Desember 1992 di Kabupaten Sikka (Yayasan Pelita Swadaya, 1993)	69
Tabel 5.12. Data dimensi fraktal dan dampak tsunami Flores	71
Tabel 5.13. Klasifikasi potensi wilayah pantai terhadap tsunami.	80

DAFTAR GAMBAR

	Halaman :
Gambar 1.1.	Peta lokasi daerah penelitian 2
Gambar 3.1.	Kawah Tiwu Ata Mbupu di lokasi wisata Danau Kelimutu 7
Gambar 3.2.	Kawah Tiwu Ata Polo 8
Gambar 3.3.	Tim Geologi STTNAS – UPN berkesempatan mengunjungi Danau Kelimutu 8
Gambar 3.4.	Kawah Tiwu Ata Polo tampak berdekatan dengan Kawah Tiwu Nua Muri Kooh Fai 9
Gambar 3.5.	Salah satu puncak Pegunungan Egon tampak dari jauh .. 10
Gambar 3.6.	Pertemuan lempeng samudera – benua yang bersifat <i>convergent</i> / subduksi (Asikin, 2006) 16
Gambar 3.7.	Peta zona potensi tsunami. Garis merah menunjukkan daerah yang berpotensi tsunami (http://serc.carleton.edu , 2005) 17
Gambar 4.1.	Wawancara langsung dengan penduduk 22
Gambar 4.2.	Bagan alir metode penelitian 23
Gambar 5.1.	Hasil Gunungapi Tua yang tersingkap di daerah Mageramut 27
Gambar 5.2.	<i>Close up</i> batuan vulkanik dari singkapan Gambar 5.1, berupa fragmen-fragmen hasil rombakan dari lava andesit 28
Gambar 5.3.	Kerangka tektonik Asia Tenggara (Davies, 1984) 30
Gambar 5.4.	Gambaran P. Flores bagian timur dan lokasi pusat gempa bumi 1992 (Sekretariat Satlak PB Kab. Sikka, 1993) 31
Gambar 5.5.	Tatanan tektonik dan zonasi kegempaan di Indonesia (Asikin, 2006) 32
Gambar 5.6.	Frekuensi gempa bumi susulan tiap 12 jam pada peristiwa gempa bumi Flores 12 Desember 1992 (Sumber : BMG Kupang, 2007) 36
Gambar 5.7.	Peta potensi bencana tsunami Flores 1992 (Latief, 2005) 39
Gambar 5.8.	Peta kerentanan daerah Flores (Latief, 2005) 39
Gambar 5.9.	Peta zonasi kerentanan terhadap tsunami Flores (Latief, 2005) 40
Gambar 5.10.	Peta zonasi resiko tsunami daerah Maumere (Latief, 2005) 40
Gambar 5.11.	Peta zonasi resiko tsunami daerah Pulau Babi (Latief, 2005) 41
Gambar 5.12.	Kenampakan garis pantai di daerah penelitian dilihat dari citra landsat (www.bodeweb.de/flores.htm) 42
Gambar 5.13.	Garis pantai di Kabupaten Sikka dan pembagian ruas 46
Gambar 5.14.	Delineasi daerah di Kabupaten Sikka yang berpotensi terkena tsunami 47

Halaman :

Gambar 5.15.	Peta atlas daerah di Pulau Flores (www.crowdingtherim.org/.../images/tsunami.html)	48
Gambar 5.16.	Teluk Maumere, foto menghadap ke arah barat laut	49
Gambar 5.17.	Teluk Maumere, difoto pada arah timur laut	49
Gambar 5.18.	<i>Sunset</i> di Teluk Maumere	50
Gambar 5.19.	Teluk Maumere, saat ini dimanfaatkan sebagai pelabuhan laut	50
Gambar 5.20.	Morfologi pantai di Desa Wuring, juga berbentuk teluk	51
Gambar 5.21.	Bangunan terbuat dari bata dengan tulang kayu untuk mengantisipasi adanya gempa bumi	52
Gambar 5.22.	Morfologi pantai di Bebung yang berbentuk teluk	53
Gambar 5.23.	Bentang alam pantai di Desa Nangahale	54
Gambar 5.24.	Morfologi pantai di Desa Nangahale	55
Gambar 5.25.	Morfologi teluk di Desa Bola, salah satu pantai selatan di Pulau Flores. Pantai ini tidak terlalu parah kondisinya pada waktu kejadian tsunami 1992 lalu	56
Gambar 5.26.	Tembok penahan abrasi (dan mungkin tsunami?) di Pantai Bola	56
Gambar 5.27.	Lima belas tahun yang lalu, kampung nelayan ini hancur diamuk tsunami	61
Gambar 5.28.	Desa Wuring yang porak poranda akibat gempa dan tsunami 1992 (www.crowdingtherim.org/.../images/tsunami.html)	62
Gambar 5.29.	Kampung nelayan di Desa Wuring	62
Gambar 5.30.	Grafik hubungan antara dimensi fraktal dengan prosentase korban jiwa akibat gempa dan tsunami Flores 1992	71
Gambar 5.31.	Grafik hubungan antara dimensi fraktal dengan prosentase korban manusia (luka berat – meninggal)	73
Gambar 5.32.	Grafik hubungan antara dimensi fraktal dengan prosentase kerugian materi di tiap kecamatan	74
Gambar 5.33.	Grafik hubungan antara dimensi fraktal dengan banyaknya rumah (data camat)	74
Gambar 5.34.	Grafik hubungan antara dimensi fraktal dengan banyaknya rumah yang rusak di tiap kecamatan (data dari Bappeda)	75
Gambar 5.35.	Grafik hubungan antara dimensi fraktal dengan prosentase kerusakan infra struktur	75
Gambar 5.36.	Peta prediksi dampak tsunami di Maumere dan sekitarnya, Flores, Nusa Tenggara Timur	78
Gambar 5.37.	Model hubungan antara dampak tsunami terhadap geometri garis pantai	79

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data Perhitungan Dimensi Fraktal
- Lampiran 2. Contoh Grafik Hasil Analisis Fraktal
- Lampiran 3. Berkas Seminar
 - a. Berita acara pelaksanaan seminar hasil penelitian.
 - b. Lembar saran seminar hasil penelitian.
 - c. Daftar hadir seminar hasil penelitian Hibah Pekerti lanjutan.

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Lokasi Penelitian

Penelitian tentang tsunami kali ini dilakukan terhadap wilayah pesisir selatan di beberapa daerah di Kepulauan Indonesia, dan telah dilaksanakan dalam waktu dua tahun. Pada tahun kedua ini dilakukan studi kasus di daerah Maumere, Flores, Nusa Tenggara Timur (Gambar 1.1).

Pekerjaan studio telah dilaksanakan dengan melakukan kajian geometri garis pantai terhadap beberapa daerah di Indonesia yang memiliki pantai yang berbatasan dengan Samudera Hindia. Survei lapangan untuk penelitian tahun ini meliputi beberapa pantai di Maumere dan sekitarnya, Pulau Flores, Nusa Tenggara Timur. Adapun tempat-tempat untuk melakukan analisis dan pengujian dalam penelitian ini masih dilaksanakan sama seperti tahun pertama dulu, yaitu di Laboratorium Geologi Dinamik STTNAS, Yogyakarta.

1.2. Latar Belakang

Hibah PEKERTI yang diprogramkan oleh DIKTI merupakan sarana untuk menggalang kerjasama antar perguruan tinggi melalui penelitian ilmiah. Dalam kegiatan ini pihak TPP berkeinginan untuk kembali belajar meneliti lebih baik di bawah bimbingan TPM. Di lain pihak, TPM juga memperoleh manfaat dengan membagikan dan mengembangkan ilmunya kepada TPP sehingga terbangun kerjasama yang baik. Pada kesempatan ini staf pengajar STTNAS sebagai TPP ingin belajar meneliti dengan sarana dan bimbingan TPM dari institusi UPN Veteran Yogyakarta. Penelitian yang ingin diangkat kali ini berkait dengan tsunami yang telah beberapa kali melanda Kepulauan Indonesia bagian selatan.

Pada tanggal 26 Desember 2004 yang lalu, telah terjadi bencana gempa bumi dan tsunami yang melanda wilayah Pantai Barat Sumatera Utara dan Daerah Istimewa Aceh. Beberapa tahun sebelumnya, tepatnya tanggal 12 Desember 1992 peristiwa geologi yang serupa pernah melanda daerah Maumere dan sekitarnya.

BAB II

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN TAHUN KEDUA

2.1. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dilaksanakannya penelitian bersama ini bagi TPP adalah untuk belajar meneliti / magang kepada pihak TPM. Dengan pembelajaran tersebut diharapkan akan terjadi jalinan kerjasama yang baik antara TPP dan TPM maupun antar institusi yang bersangkutan.

Dari sisi keilmuan, penelitian ini memiliki beberapa tujuan, yaitu :

- 1) Untuk menentukan geometri garis pantai di daerah yang pernah mengalami bencana tsunami, dan menentukan harga dimensinya, khususnya di daerah Maumere, Flores, NTT.
- 2) Menentukan sejauh mana korelasi antara geometri garis pantai dengan intensitas dampak yang ditimbulkan oleh bencana tsunami.

Penelitian tahun kedua ini pada hakekatnya ingin melanjutkan studi tsunami tahun pertama agar lebih meyakinkan kesimpulan yang telah dibuat, bilamana mungkin akan dilakukan pemodelan.

2.2. Manfaat Penelitian

Hasil dan manfaat yang dapat diperoleh dari program PEKERTI adalah peningkatan kemampuan dan kualitas meneliti pihak TPP setelah magang pada TPM. Selain itu, hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Analisis lanjutan terhadap prediksi dampak tsunami di beberapa wilayah Kepulauan Indonesia bagian selatan.
2. Rekomendasi.

Adapun manfaat lain yang dapat dipetik dari hasil penelitian ini antara lain adalah :

1. Dapat membantu Pemerintah Daerah, masyarakat, dan semua pihak terkait dalam pembangunan sistem peringatan dini bahaya tsunami.
2. Dapat dimanfaatkan oleh Pemerintah Daerah, masyarakat, dan instansi terkait dalam upaya penanggulangan dan pengelolaan bencana alam akibat tsunami.

BAB III TINJAUAN PUSTAKA

3.1. Geologi Regional

3.1.1. Umum

Hampir di semua wilayah Kepulauan Indonesia bagian selatan berpotensi terhadap kejadian gempa bumi dan tsunami. Daerah-daerah tersebut tersebar dari Pulau-pulau Sumatra, Jawa, Bali, Lombok, Nusa Tenggara Barat hingga Nusa Tenggara Timur.

Daerah yang telah terlanda tsunami yang menjadi fokus utama dalam penelitian ini adalah daerah Maumere dan sekitarnya, Flores, Nusa Tenggara Timur yang termasuk dalam Peta Geologi Lembar Ende, Nusa Tenggara Timur, skala 1 : 250.000 yang dibuat oleh Puslitbang Geologi, Bandung (1990).

Daerah Lembar Ende dibatasi koordinat $121^{\circ}30'$ – $123^{\circ}00'$ BT dan $8^{\circ}00'$ – $9^{\circ}00'$ LS; luasnya lebih kurang $4.938.750 \text{ km}^2$. Di timur, lembar ini dibatasi oleh Lembar Alor dan di barat oleh Lembar Ruteng; batas d selatan dan utara adalah laut. Daerah ini termasuk Daerah Tingkat II dengan Kabupaten Ende, Sikka dan Flores Timur, masing-masing dengan ibukotanya Ende, Maumere dan Larantuka. Ketiga daerah itu termasuk dalam wilayah Daerah Tingkat I Provinsi Nusa Tenggara Timur.

Daerah ini beriklim kering dan panas selama hampir dua-pertiga tahun, yaitu dari bulan April hingga Oktober. Musim hujan berlangsung dari Januari hingga Maret dan November hingga Desember, dengan curah hujan rata-rata sebesar 1255 mm/tahun. Akibatnya, hampir seluruh daerah berupa sabana dengan alang-alangnya; setempat terdapat hutan sekunder dan semak belukar.

3.1.1. Fisiografi

Wilayah Maumere terletak kira-kira di bagian tengah sisi utara dari Peta Geologi Lembar Ende. Daerah lembar ini terletak pada P. Flores dan merupakan bagian dari Busur Banda-Dalam bergunungapi yang terlengkung di sekitar Laut Banda (Suwarna dkk., 1990). Lembar Ende mencakup bagian timur

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1. Tahapan Kerja

Penelitian pada tahun kedua ini ingin lebih meyakinkan kajian korelasi antara bentuk kurva garis pantai di pantai selatan Kepulauan Indonesia dengan intensitas dampak tsunami, sebagai kelanjutan dari penelitian tahun pertama. Kajian ini masih dilakukan dengan menggunakan metode analisis geometri fraktal. Analisis ini didukung dengan analisis citra penginderaan jauh citra satelit serta statistik, menggunakan perangkat lunak komputer, dilengkapi dengan peninjauan lapangan secara langsung.

Dalam penelitian tahun pertama telah diaplikasikan analisis geometri fraktal yang dikombinasikan dengan interpretasi penginderaan jauh dan analisis statistik. Beberapa aspek geometrik dari berbagai parameter faktor intensitas dampak tsunami dikuantifikasi dengan menggunakan metode *box counting*. Dari kuantifikasi tersebut dihasilkan segmen-segmen yang menunjukkan harga dimensi fraktal tertentu. Setiap harga dimensi tertentu mencerminkan kondisi fisik tertentu pula. Untuk menentukan dimensi fraktal, dalam penelitian ini digunakan metode *box counting*.

Dimensi boks (D) yaitu dimensi fraktal yang diperoleh dari *box counting*, ditentukan dengan persamaan:

$$D = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\log N_r(F)}{-\log r}$$

di mana :

$N_r(F)$ adalah jumlah boks bersisi r yang melingkupi / memotong himpunan fraktal (F), dan r adalah panjang sisi boks.

Untuk menyelesaikan penelitian, diperlukan beberapa tahapan, yaitu :

- 1) Tahap ke-1 meliputi studi pustaka, koleksi data sekunder (peta geologi, peta kegempaan dan tsunami, foto udara, dan citra satelit), analisis data sekunder, serta interpretasi foto udara dan citra satelit di studio.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Kajian Geologi

Bencana alam geologi, termasuk gempa bumi dan tsunami sangat dipengaruhi oleh kondisi geologi suatu daerah. Kondisi geologi tersebut tercermin dalam morfologi, batuan / litologi maupun struktur geologinya.

Kondisi morfologi suatu daerah yang mempengaruhi besar kecilnya dampak tsunami terutama adalah morfologi pantai. Ada berbagai macam morfologi pantai di sepanjang Kepulauan Indonesia, misalnya pantai landai berlumpur, pantai landai berbukit pasir (*dunes*), pantai terjal berbatugamping / kars, pantai terjal berbatu lunak maupun pantai dengan terumbu karang. Sampurno (2005) mengatakan bahwa pantai landai berbukit pasir dapat meredam tsunami, demikian pula pantai terjal berbatu gamping serta pantai dengan terumbu karang. Akan tetapi, pantai terjal berbatu lunak mudah terkikis dan longsor.

Morfologi garis pantai, khususnya bentuk kurva garis pantai juga dapat berpengaruh terhadap besar kecilnya dampak yang ditimbulkan oleh bencana tsunami. Garis pantai yang berkelok-kelok dengan beberapa morfologi teluk atau tanjung tentunya memiliki dampak yang berbeda dengan garis pantai yang lurus. Adanya teluk dapat menjadi sarana pemusatan energi sehingga gelombang laut yang terhempas ke arah teluk tersebut dapat memiliki energi yang sangat kuat. Maumere, dan beberapa wilayah pantai di selatan dan utara Pulau Flores banyak yang memiliki morfologi teluk. Teluk Ende, Teluk Paga, Teluk Maumere dan Teluk Pedang adalah contoh teluk yang cukup besar di Pulau Flores ini.

Berbagai jenis batuan, baik batuan sedimen, beku dan metamorf bersama-sama membentuk Kepulauan Indonesia. Dari Sumatra hingga Nusa Tenggara Timur batuan tersebut mengalami deformasi akibat adanya *stress / tegasan* yang disebabkan oleh pergerakan tektonik lempeng. Deformasi tersebut dapat bersifat elastis / *reversible*, plastis / *irreversible* maupun *rupture / sesar* maupun *graben* (Sampurno, 2005).

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Penelitian Hibah Pekerti tahun kedua ini merupakan kajian lanjutan terhadap tsunami ini yang dilakukan dengan menekankan penelitian lapangan di daerah Flores, Nusa Tenggara Timur.

Metode analisis fraktal kembali dilakukan dalam penelitian ini untuk mengenal geometri garis pantai dengan melihat dimensi fraktalnya. Kajian terhadap data sekunder, analisis citra penginderaan jauh, statistik serta survai lapangan juga dilakukan guna melengkapi penelitian ini.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa :

1. Kondisi geologi suatu daerah mempengaruhi besarnya dampak bencana gempa bumi maupun tsunami. Hal itu meliputi geomorfologi, stratigrafi dan struktur geologi. Kondisi tatanan geologis secara tektonik lebih banyak berperan dalam mendorong terjadinya bencana alam gempa bumi maupun tsunami.
2. Pola tektonik Indonesia bagian timur sangat kompleks. Kompleksan tektonik ini juga didukung oleh beberapa zona penunjaman yang salah satunya diakibatkan oleh tumbukan Samodera Pasifik ke arah Kepulauan Indonesia bagian timur. Tektonik yang menyebabkan gempa dan tsunami 1992 di Maumere dan sekitarnya adalah sesar naik / *thrusting* di daerah *back arc basin*. Posisi *back arc* ini saat ini berada di utara Maumere, di dalam Laut Flores. Oleh karenanya, pantai-pantai utara di Pulau Flores ini menderita kerusakan yang jauh lebih parah dibanding wilayah di pantai-pantai selatan.
3. Gempa bumi 1992 di Flores telah menimbulkan tsunami yang berpusat di Laut Flores. Hal ini berarti, di dasar laut Flores telah terjadi suatu deformasi yang dalam hal ini kemungkinan besar dalam bentuk dasar laut terbelah ataupun adanya penurunan dasar laut dengan cepat. Gelombang tsunami yang dipicu oleh gempa bumi di Flores 1992 lalu menghancurkan dan menghanyutkan bangunan-bangunan di tepi pantai.

BAB VII

RENCANA PENELITIAN 3 TAHUN SETELAH HIBAH PEKERTI

7.1. Tujuan Khusus

Adanya program hibah PEKERTI selama dua tahun berjalan telah menyebabkan terjalinnya hubungan kerja antara TPM dan TPP khususnya dalam bidang penelitian geologi. Dengan pembelajaran tersebut diharapkan akan terjadi jalinan kerjasama yang lebih baik antara TPP dan TPM maupun antar institusi yang bersangkutan. Diharapkan kerjasama ini akan terus berlanjut dengan adanya penelitian-penelitian maupun penyusunan tulisan-tulisan dan seminar, baik di dalam maupun luar negeri.

7.2. Metode

Metode yang dapat digunakan untuk melanjutkan kerjasama antara TPM dan TPP misalnya :

1. Melakukan penelitian bersama.
Kerjasama di bidang penelitian ini dapat dilakukan dengan membahas berbagai topik, misalnya :
 - a. Kembali mengulas tema tsunami, namun dilakukan kajian di daerah lain, misalnya : Sulawesi, Maluku atau bahkan Irian Jaya.
 - b. Melakukan penelitian dengan mengambil tema yang lain, namun masih dalam kerangka pikir geologi, misalnya dalam bidang geologi teknik dan geohidrologi.
 - c. Apabila mungkin, melakukan penelitian dengan menggali dana dari Dikti untuk program Hibah PEKERTI lagi atau program yang lain, misalnya Hibah Bersaing, Riset Unggulan Terpadu, dan sebagainya.
2. Berperan aktif dalam seminar-seminar geologi, baik di dalam maupun luar negeri, misalnya dalam acara :
 - a. Pertemuan Ilmiah Tahunan IAGI
 - b. Seminar *International Geology Conference*

DAFTAR PUSTAKA

- Aniati Murni, A & S. Setiawan (1992), *Pengantar Pengolahan Citra*, PT Elex Media Komputindo, Kelompok Gramedia, Jakarta.
- Badan Meteorologi dan Geofisika Stasiun Geofisika Klas I Kupang, 2007, *Historis Tsunami di Flores Tahun 1992*.
- Bunde, A. & Havlin, S., 1994, *Fractals in Science*, Springer Verlag, Amsterdam.
- Bupati Kepala Daerah Tingkat II Sikka, 1993, *Laporan Bencana Gempa Tektonik dan Tsunami Tanggal 12 Desember 1992 di Kabupaten Dati II Sikka dalam Rangka Kunjungan Kerja Bapak Gubernur Kepala Daerah Tingkat I NTT Tanggal 5 – 6 Juli 1993*.
- Bupati Kepala Daerah Tingkat II Sikka, 1993, *Daftar Rencana / Kegiatan Penanggulangan Bencana Alam Gempa Bumi Tanggal 12 Desember 1992 di Kabupaten Dati II Sikka*.
- Davies, P.R., 1984, *Tertiary Structural Evolution and Related Hydrocarbon Occurrences, North Sumatra Basin*, Proc. Of 13th Ann. Conv. IPA.
- http://ffden-2.phys.uaf.edu/645fall2003_web.dir/elena_suleimani/generation_small.mov, *Tsunami Generation Animation : Miho Aoki, University of Alaska-Fairbanks Art Department, University of Alaska-Fairbanks*.
- <http://serc.carleton.edu/NAGTWorkshops/visualization/collections/tsunami.htm>.
- <http://sim.nilim.go.jp/GE/SEM12/Proceedings/Makalah%203.doc>, *Penggunaan citra untuk memantau perubahan dan kerusakan kawasan pantai*.
- <http://www.indonesiamercycorp.org>, 2005, *Program Pemulihan Pasca Bencana*.
- Kastens *et al.*, 2001, *Development and Evaluation of Where are We?: Map-skills Software and Curriculum. A study of elementary school students that looks specifically at the relationships between visualization tools and map reading*.
- KOMPAS, 21 Juli 2007, *NTT Rawan Gempa dan Tsunami*, Artikel - What's on Earth.
- Korvin, G. (1992), *Fractal Models in Earth Sciences*, Elsevier Science Publishers, 396 hal.
- Kusumayudha, S. B. (1996), *Analisis Kinematika Ketidakstabilan Lereng di Sekitar Bendungan Sermo, Kulonprogo*, *Buletin Teknologi Mineral*, No 02, Tahun I, hal 2 - 9

- (2000), *Kuantifikasi Sistem Hidrogeologi dan Potensi Airtanah di Daerah Karst Gunungsewu Pegunungan Selatan DIY, Didekati dengan Analisis Geometri Fraktal*, Disertasi Doktor, ITB, tidak dipublikasikan, 175 hal.
- (2002), *Memetakan Daerah Rawan Longsor di Kulonprogo dengan Analisis Fraktal: Sebuah alternatif*, *Pros Simposium Penanggulangan Bencana Sedimen*, S.T.C, hal 251 - 256.
- (2004), *The Application of Fractal Geometry Analysis to Groundwater Exploration, Research Basin and Hydrological Planning*, A. A. Balkema Publishers, hal 207 - 213.
- (2005), *Hidrogeologi Karst dan Geometri Fraktal di Daerah Gunungsewu*, Ed. - 1, Adicita Karya Nusa, Yogyakarta.
- Kusumayudha, S. B. & Pratiknyo, P (2001), Mendeteksi Keberadaan Luahan Airtanah pada Daerah Vulkanik Retakan Menggunakan Analisis *Fraktal*, Studi kasus: Daerah Kulonprogo, DIY, *Majalah Geologi Indonesia*, Vol 16 No 2, hal 83 - 91.
- Kusumayudha, S. B., Zen, M. T., Notosiswoyo, S., Gautama, R. S. (1997), Analisis Fraktal Aliran Kali Oyo di Pegunungan Selatan Jawa Tengah, Kendali Litologi dan Struktur Geologi, *Jurnal Teknologi Mineral*, Vol IV, No 2, hal 71 - 86.
- (1997), Identifikasi pola *fraktal* sungai bawah tanah dan topografi permukaan batuan karst Gunungsewu Pegunungan Selatan DIY, *Pros. PIT HAGI XXII*, hal 81 - 85.
- (1997), Studi penyebaran batuan karbonat berdasarkan karakteristik *fraktal* pola lembah dan porositas sekunder, kasus: Daerah Paliyan dan sekitarnya, Gunungkidul, DIY, *Jurnal Teknologi Mineral*, Vol IV, No. 2, 1997, hal 27 - 28.
- (1999), *Fractal Analysis of the Oyo River, Cave Systems and Topography of the Gunungsewu Karst Area, Central Java, Indonesia*, *Hydrogeology Journal* Vol 8 No 3, hal 271 - 278.
- Latief, H. dkk., *Tsunami Aceh 2004*, Tsunami Research Group, Kelompok Penelitian dan Pengembangan Kelautan, Institut Teknologi Bandung.
- McKee, Maggie, 2005, Power of Tsunami Earthquake Heavily Underestimated, *New Scientist*, 9 February 2005.
- Mandelbrot, B.E. (1983). *The Fractal Geometry of Nature*, W.H. Freeman & Co., Springer Verlag, New York.
- Meng, B., 1996, Determination and Interpretation of Fractal Properties of the Sandstone Pore System, *Material and Structures*, Vol. 29.
- Paulson, Tom, 2005, New findings super-size our tsunami threat. 80-foot waves blasted Indonesia, scientists now say. *Seattle PI*, 7 February 2005.

- Peitgen, H.O, Jurgens, H, Saupe, D., 1992, *Fractal for the Classroom: Part One Introduction to Fractals and Chaos*. Springer Verlag, 450 hal.
- Puspito, N.T., 2005, *Gempa Aceh dan Kegempaan di Sumatera*, Prosiding Diskusi Mitigasi Pasca Bencana Alam Gempa Bumi & Tsunami Aceh, Unika Parahyangan, Bandung.
- Rahardjo, P.P., 2005, *Dampak Kerusakan akibat Gempa Bumi & Tsunami di Nagroe Aceh Darussalam*, Prosiding Diskusi Mitigasi Pasca Bencana Alam Gempa Bumi & Tsunami Aceh, Unika Parahyangan, Bandung.
- Sahimi, M. & Yortsos, Y.C., 1990, *Application of Fractal Geometry to Porous Media : A Review*, SPE 20476 Paper.
- Sampurno, 2005, *Pokok-pokok Bahasan Gempa Bumi & Tsunami*, Prosiding Diskusi Mitigasi Pasca Bencana Alam Gempa Bumi & Tsunami Aceh, Unika Parahyangan, Bandung.
- Sekretariat Satlak PB Kabupaten Dati II Sikka, 1993, *Laporan Pelaksanaan Penanggulangan Bencana Gempa Bumi dan Tsunami Tanggal 12 Desember 1992 di Kabupaten Dati II Sikka, Keadaan 31 Oktober 1993*.
- Sekretariat Satlak PB Kabupaten Dati II Sikka, 1994, *Laporan Perkembangan Pelaksanaan Penanggulangan Bencana Gempa Bumi dan Tsunami Tanggal 12 Desember 1992 dalam Rangka Kunjungan Ketua Asosiasi Persahabatan Portugal – Indonesia di Kabupaten Dati II Sikka pada Tanggal 12 Januari 1994*.
- Suwarna, N., Santosa, S. dan Koesoemadinata, S., 1990, *Peta Geologi Lembar Ende, Nusa Tenggara Timur, Lembar 2207, 2208, 2307, 2308*, skala 1 : 250.000, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Tricot, C. (1996). *Curves and Fractal Dimension*, Springer Verlag, 323 hal.
- USGS, 2005, *Preliminary Earthquake Report for the West Coast of Northern Sumatra (2004 December 26 00:58:53 UTC)*, United States Geological Survey, USGS alert, Retrieved, March 3, 2005.
- Van Bemmelen, R. W. (1949), *The Geology of Indonesia*, Vol I A, Martinus Nijhoff, The Hague, Netherland, 792 hal.
- Xie, H. (1993), *Fractals in Rock Mechanics*, A.A. Balkema, Rotterdam, 453 hal.
- , 2005, *An Information Portal on Tsunami 2004 with 100's of Weblinks to Key Facts including Trauma Counselling, Health Management and Aid Agencies to Help Victims and Those involved in Rehabilitation*.

Yayasan Pelita Swadaya, 1993, Laporan Evaluasi Kegiatan Penanggulangan Bencana Alam Gempa Bumi Tanggal 12 Desember 1992 di Kab. Sikka, Periode Desember 1992 s/d April 1993, Maumere, Flores, NTT.