
BAB 4 KARAKTERISTIK BENCANA TSUNAMI DAN PENANGANANNYA DI DAERAH PERCONTOHAN

Bab ini bertujuan menjelaskan tentang karakteristik bencana tsunami dan cara membuat peta rawan bencana dan peta resiko bencana untuk dapat merumuskan rencana penanggulangan bencana daerah di daerah percontohan (Kabupaten Jember, Kabupaten Padang Pariaman dan Kota Pariaman).

4.1 Pendahuluan

4.1.1 Gambaran tentang Kerawanan Bencana Tsunami di Indonesia

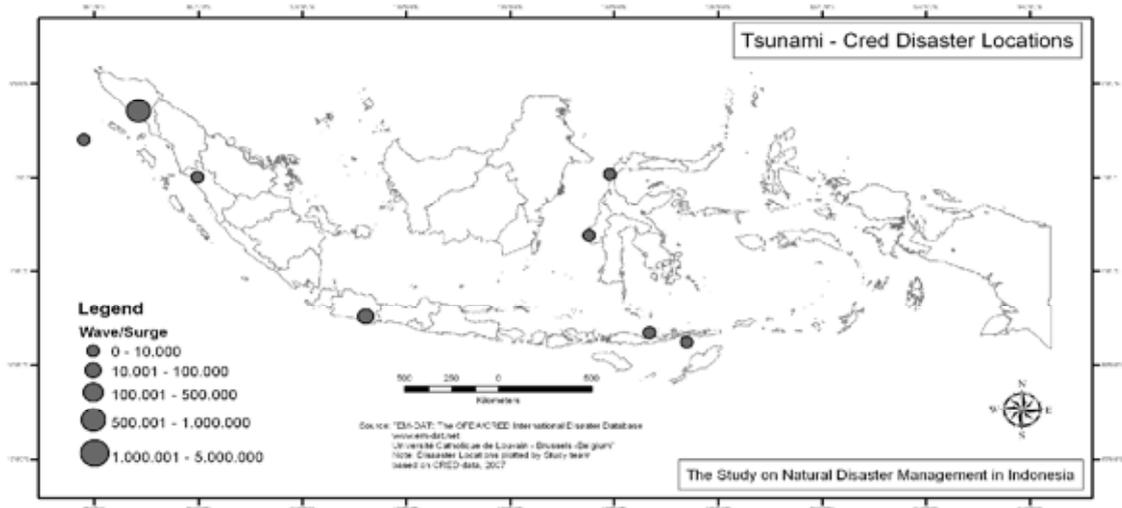
Secara geografis, Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak di titik pertemuan empat lempeng tektonik yaitu Lempeng Asia, Lempeng Australia, Lempeng Samudra Hindia dan Lempeng Samudra Pasifik. Bagian selatan dan timur negara ini terdiri dari daerah pegunungan api yang terbentang dari Sumatra - Jawa - Nusa Tenggara - Sulawesi. Pegunungan tua vulkanis yang masih ada serta dataran rendahnya sebagian didominasi oleh daerah rawa, sehingga sangat berpotensi dan rawan terhadap bencana, termasuk letusan gunung api, gempa bumi, tsunami, banjir dan tanah longsor. Data yang ada menunjukkan bahwa Indonesia memiliki seismik yang sangat tinggi dibandingkan negara-negara lain di dunia, dengan tingkat kejadian lebih dari 10 kali lipat dibandingkan dengan Amerika (Arnold, 1986).

Gempa bumi yang mendorong terjadinya pergerakan lempeng tektonik yang terjadi di bawah laut sering mendorong terjadinya gelombang pasang. Adanya kecenderungan terjadinya pergerakan lempeng tektonik yang tinggi menyebabkan Indonesia sering dilanda bencana tsunami. Tsunami di Indonesia sebagian besar disebabkan oleh gempa tektonik yang terjadi di sepanjang daerah tumbukan serta daerah yang memiliki aktifitas seismik aktif (Puspito, 1994). Antara tahun 1600 -2000, telah terjadi 105 tsunami dimana 90 persennya dipicu oleh gempa tektonik, 9 persen oleh letusan gunung api dan 1 persen oleh tanah longsor (Latief dkk, 2000). Daerah pesisir di Indonesia rawan terhadap tsunami. Daerah-daerah tersebut meliputi Pantai Barat Sumatra, Pantai Selatan Jawa dan Pantai Selatan Nusa Tenggara, Kepulauan Maluku, Pantai Utara Irian Jaya dan sebagian besar wilayah pantai di Sulawesi. Pantai Maluku merupakan daerah yang paling rawan terhadap tsunami. Selama kurun waktu 1600-2000, pantai tersebut mengalami 32 tsunami dimana 28 kali disebabkan oleh gempa bumi dan yang 4 kali oleh letusan gunung api di bawah laut.

Gambar 4.1.1 menunjukkan lokasi dan jumlah korban manusia akibat tsunami, dan Gambar 4.1.2 menunjukkan lokasi terjadi tsunami dengan ketinggian air naik (titik merah lebih dari 5m, titik kuning 1-5m, titik hijau kurang dari 1 meter) dan daerah rawan tsunami.

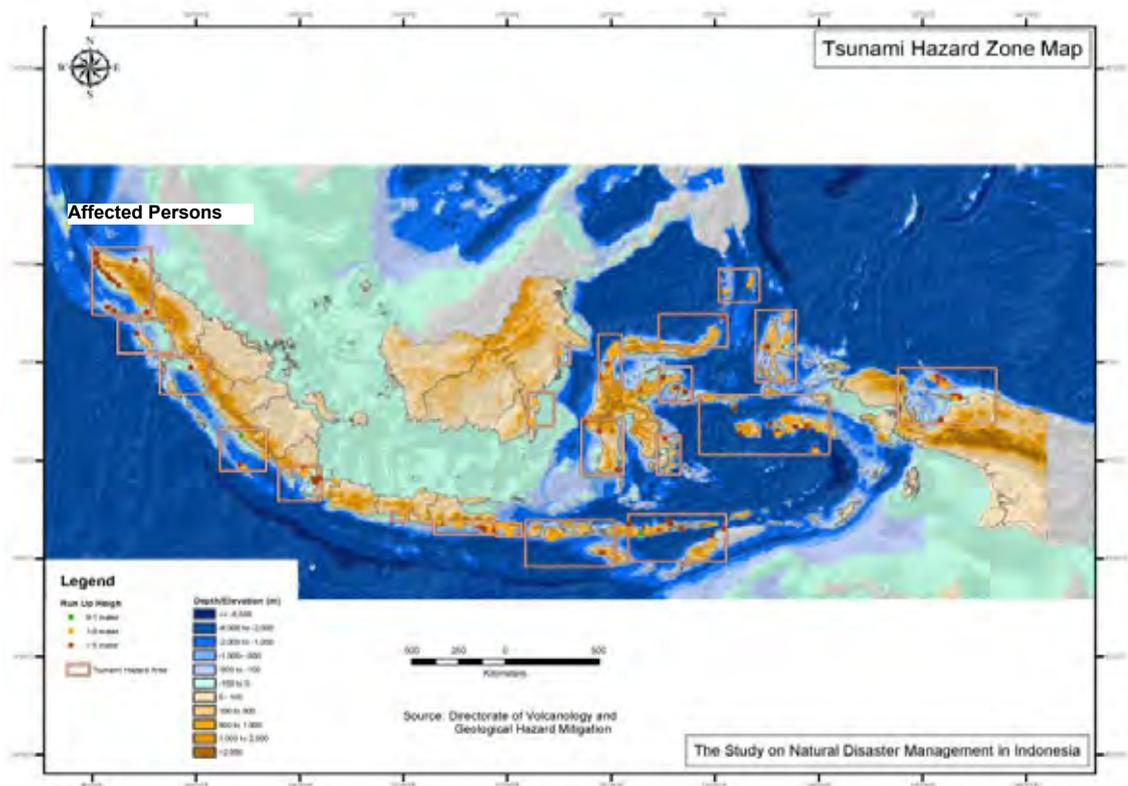
Dari gambar-gambar tersebut dapat dilihat daerah rawan bencana tinggi adalah daerah Pantai Barat Pulau Sumatra, Pantai Selatan Pulau Jawa, Pulau Sulawesi dan Propinsi Nusa Tenggara.

Daerah-daerah percontohan termasuk dalam daerah sangat rawan tsunami. Kabupaten Jember terletak di pantai selatan Pulau Jawa. Sedangkan Kabupaten Padang Pariaman dan Kota Pariaman terletak di pantai barat Pulau Sumatra.



Sumber: EM-DAT: OFDA/CRED Database Bencana Internasional

Gambar 4.1.1 Lokasi dan Jumlah Korban Tsunami



Sumber: Direktorat Mitigasi Kerawanan Vulkanologi dan Geologi

Gambar 4.1.2 Peta Daerah Rawan Tsunami

4.1.2 Gambaran tentang Bencana Tsunami di Indonesia

Tabel 4.1.1 menunjukkan kejadian tsunami di Indonesia selama kurun waktu antara tahun 1960-2006.

Bencana tsunami parah yang baru terjadi adalah Flores (1992) dengan jumlah korban jiwa 1.950, Jawa Timur (1994) dengan 240 korban jiwa, Biak (1996) dengan 107 korban jiwa, gempa bumi dan tsunami di Sumatra (2004) dengan korban jiwa sekitar 300.000, Jawa Barat (2006) dengan 668 korban jiwa. Daerah-daerah pesisir di Indonesia diterjang tsunami kurang lebih sekali setahun dan memiliki potensi kerawanan tsunami tertinggi di dunia.

Tabel 4.1.1 Kejadian Tsunami Selama Kurun Waktu 1960-2006

No.	Tahun	Epicenter	Tinggi Max (m)	Korban (Meninggal/terluka)	Area
1	1961	8,2 LS; 122BT	NA	2/6	NTT, Flores Tengah
2	1964	5,8 LU; 95,6 BT	NA	110/479	Sumatra
3	1965	2,4 LS; 126 BT	NA	71 meninggal	Maluku, Seram, Sanana
4	1967	3,7 LS; 119,3 BT	NA	58/10	Tinambung Sulawesi Selatan
5	1968	0,7 LU; 119,7 BT	8/10	392 meninggal	Tambo Sulawesi Tengah
6	1969	3,1 LS; 118,8 BT	10	64/97	Majene Sulawesi Selatan
7	1977	11,1 LS; 118,5 BT	5-8	316 meninggal	NTB, Sumbawa Island
8	1977	8 LS; 125,3BT	NA	2/25	NTT, Flores, Pulau Atauro
9	1979	8,4 LS; 115,9 BT	NA	27/200	NTB, Sumbawa, Bali, Lombok
10	1982	8,4 LS; 123 BT	NA	13/400	NTT, Larantuka
11	1987	8,4 LS; 124,3 BT	NA	83/108	NTT Flores Timur, P.Pantar
12	1989	8,1 LS; 125,1 BT	NA	7 meninggal	NTT, P. Alor
13	1992	8,5 LS; 121,9 BT	11,2-26,2	1952/2126	NTT, Flores, P. Babi
14	1994	10,7 LS; 113,1 BT	19,1	38/400	Jember, Banyuwangi, Jatim
15	1996	1,1 LS; 118,8 BT	NA	3/63	Palu, Central Jaya
16	1996	0,5 LS; 136 BT	13,7	107 meninggal	P. Biak, Irian Jaya
17	1998	2,02 LS; 124,87 BT	2,75	34 meninggal	Tabuna Maliabu Maluku
18	2000	0,6 LU; 119,92 B	3,0	2	Banggai, Sulawesi Tengah
19	2004	3,298 LU; 95,6 BT	34,5	>300.000	NAD, Sumatra Utara
20	2005	2,065 LU; 97,01BT	3,5	NA	Nias Sumatra Utara
21	2006	9,4 LS; 107,2	7,6	>668	Jabar, Jateng, DIY

Sumber: S.Diposaptono, Database Tsunami NOAA, K. Kato dkk (1995)

4.2 Karakteristik Bencana Tsunami dan Penanganannya di Kabupaten Jember

4.2.1 Karakteristik Bencana Tsunami di Kabupaten Jember

1) Kejadian-kejadian Bencana Tsunami

(1) Kejadian Bencana Tsunami di Pulau Jawa

Daftar peristiwa gempa bumi dahsyat dan tsunami beberapa tahun ini yang terjadi di Selat Sunda di Pantai Selatan Pulau Jawa yang merusak daerah pantai di Kabupaten Jember ditunjukkan pada Tabel 4.2.1.

Tsunami dahsyat yang terjadi setelah tahun 1960 yaitu tahun 1977, 1994 dan 2006. Tsunami yang terjadi pada tahun 1977 dan 2006 menyebabkan kerusakan parah sepanjang pantai dekat pusat tsunami namun tidak sampai merusak pantai di Kabupaten Jember karena letaknya yang jauh dari pusat tsunami. Tsunami di Jawa Timur (3 Juni 1994) dengan pusat gempa terletak di 240 km dari pantai melanda seluruh pantai selatan Propinsi Jawa Timur. Oleh karena itu, Tsunami di Jawa Timur dalam kajian ini ditetapkan sebagai *target* investigasi peristiwa tsunami yang telah melanda Kabupaten Jember.

Tabel 4.2.1 Kejadian Tsunami di Pantai Pulau Jawa (1960-2006)

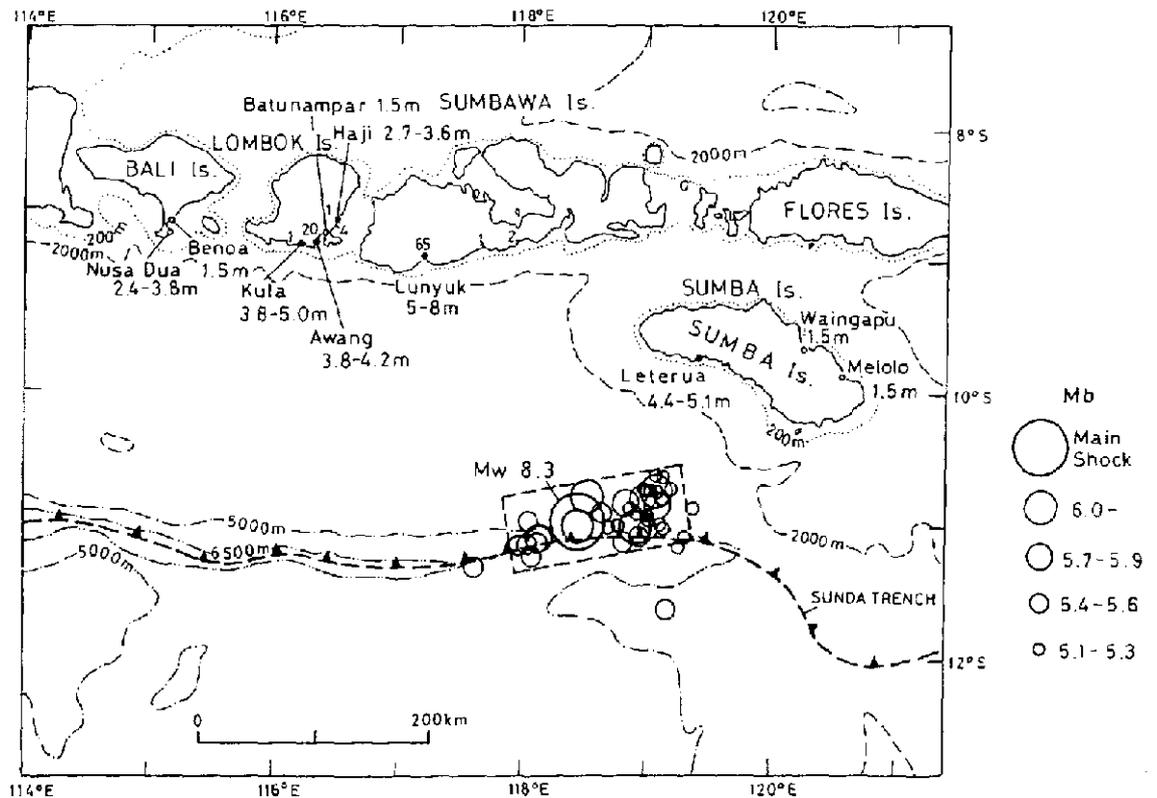
Waktu	Epicenter	Tinggi Max (m)	Korban (Meninggal/Terluka)	Area
19 Agustus 1977	11,1 LS; 118,5 BT	5,8	316 meninggal	NTB, Pulau Sumbawa
3 Juni 1994	10,7 LS; 113,1 BT	19,1	38/400	Jember, Banyuwangi Jatim
17 Juli, 2006	9,4 LS; 107,2	7,6	>668	Jabar, Jateng, DIY

Sumber: S.Diposaptono, Database Tsunami NOAA, K.Kato dkk. (1995)

A. Tsunami akibat Gempa Sumba (19Agustus 1977)

Gempa bumi dahsyat dengan magnitudo 8.3 Mw terjadi di lepas pantai tenggara Pulau Sumba, Indonesia pada pukul 6.08 GMT (14.08 WITA) pada 19 Agustus 1977 (Given and Kanamori, 1980). Gempa bumi tersebut menyebabkan tsunami besar yang menghantam pantai Bali, Lombok, Sumbawa dan Pulau Sumba, dengan tinggi air naik 5-8m di Lunyuk, Pulau Sumbawa, 5m di pantai selatan Pulau Sumba, dan 2.4-3.8m di pantai Pulau Bali. Selain itu, tsunami tersebut dilaporkan menyebabkan ratusan orang tewas, ratusan rumah rusak dan lebih dari 400 kapal karam. Tampaknya tsunami ini, meskipun mungkin kecil, mencapai pantai di Kabupaten Jember karena tsunami ini dilaporkan menghantam Pulau Bali.

Posisi pusat gempa dan tinggi tsunami di daerah pantai ditunjukkan pada Gambar 4.2.1.



Sumber: K.Kato dkk. (1995)

Gambar 4.2.1 Lokasi Getaran Utama dan Getaran Susulan Akibat Gempa Bumi Sumba (Mw=8.3) pada 19 Agustus 1977 serta Ketinggian Tsunami

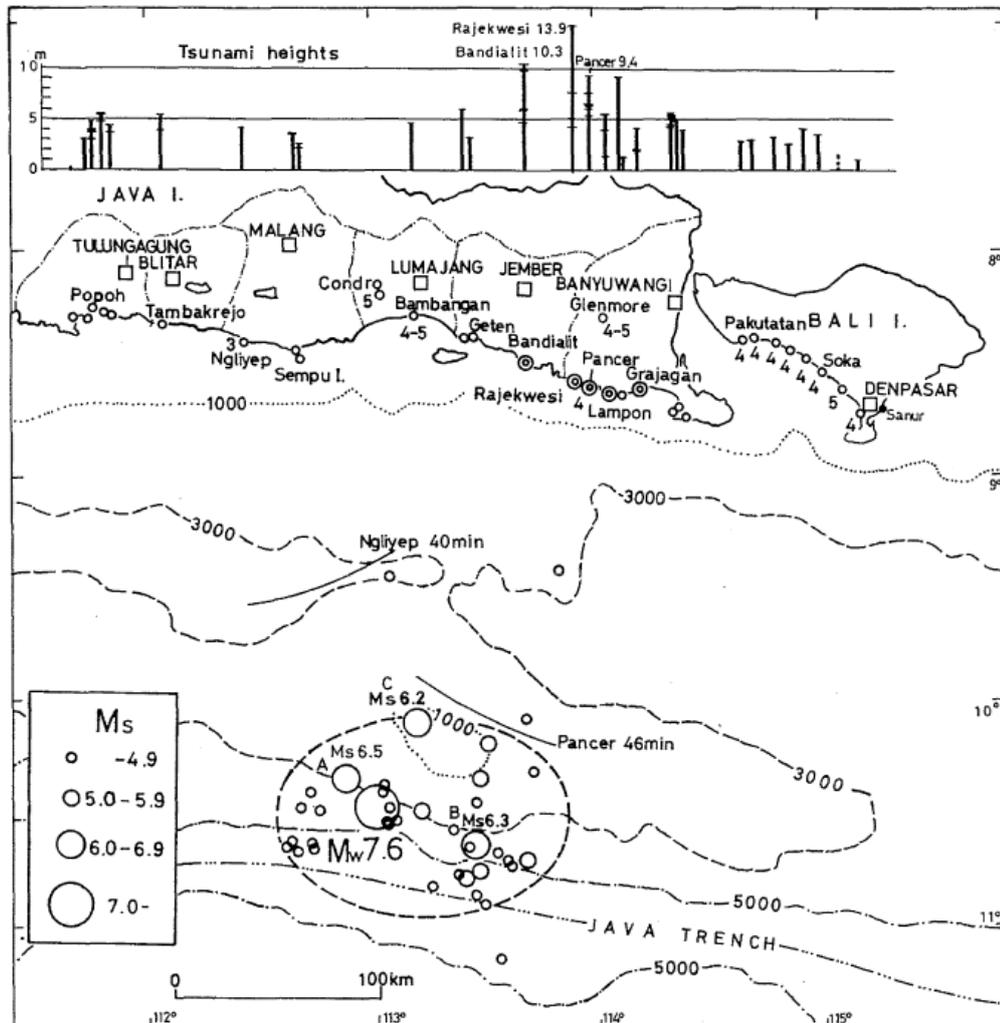
B. Gempa Bumi dan Tsunami di Jawa Timur (3 June 1994)

Gempa bumi dahsyat dengan magnitudo Mw 7.6 terjadi di pantai tenggara Pulau Jawa, Indonesia pada jam 18.17 GMT pada 2 Juni (01.17 WIB pada 3 Juni) 1977 (Y. Tsuji dkk., 1995). Getaran akibat gempa tersebut kecil dan tidak pula dilaporkan adanya kerusakan akibat getaran tersebut. Sehingga hanya 10-20 persen warga desa dekat daerah pantai yang merasakan getaran tersebut. Namun, sekitar 40-50 menit setelah getaran utama, tsunami besar menerjang pantai dan menyebabkan kerusakan parah di beberapa desa pesisir di Kabupaten Banyuwangi dan Kabupaten Jember (Propinsi Jawa Timur).

Lokasi pusat gempa dan persebaran ketinggian tsunami yang mencapai pantai ditunjukkan pada Gambar 4.2.2. Sedangkan, catatan alat pengukur tinggi gelombang di Kabupaten Banyuwangi ditunjukkan oleh Gambar 4.2.3.

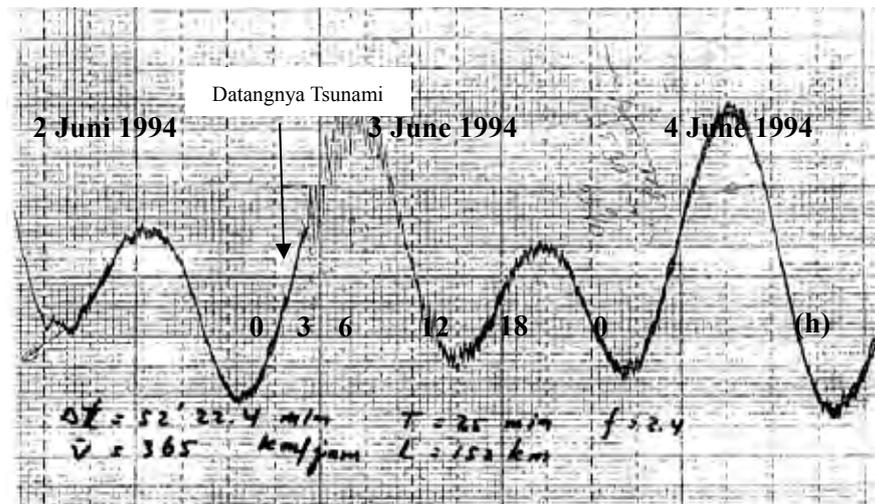
Sehubungan dengan ketinggian terjangan tsunami di pantai, catatan Rajekwesi di Kabupaten Banyuwangi merupakan yang tertinggi yaitu 13.9m, tertinggi kedua di Pantai Bandialit 11.2m di

Kabupaten Jember, dan yang ketiga di pantai Pancer di Kabupaten Banyuwangi setinggi 9.4m. Namun, ketinggian air naik ini sebatas tingkat lokal. Bila dirata-rata, ketinggian tsunami di Kabupaten Jember dan Kabupaten Banyuwangi sekitar 5-7m.



Sumber: Y. Tsuji dkk. (1995)

Gambar 4.2.2 Persebaran Ketinggian Tsunami, Intensitas Seismik dan Getaran Susulan Gempa Bumi di Pulau Jawa Pada tahun 1994



Sumber: A.Maramai dkk. (1997)

Gambar 4.2.3 Catatan Alat Pengukur Tinggi Gelombang di Kabupaten Banyuwangi

Menurut hasil interview yang dilakukan pada tahun 1994, waktu datangnya tsunami adalah 30-40 menit setelah getaran utama (jam 2 WIB). Berdasarkan catatan alat pengukur tinggi gelombang yang diamati di Kabupaten Banyuwangi (Gambar 4.2.3), waktu kedatangan adalah sekitar pukul 2.00 yang sesuai dengan hasil kesaksian. Penyelidikan yang dilaksanakan oleh Matsutomi dkk (1995) pada saat itu menunjukkan bahwa masa kitaran tsunami adalah sekitar 10-15 menit dan tsunami menghantam pesisir 3-4 kali dimana gelombang kedua merupakan yang terbesar..

Kerusakan akibat tsunami di Propinsi Jawa Timur ditunjukkan dalam Tabel 4.2.2. Di Propinsi Jawa Timur, kerusakan yang terjadi di Kabupaten Banyuwangi sangat besar, namun kerusakan Kabupaten Jember lebih kecil dari perkiraan meskipun terlihat bahwa pesisir Kabupaten Banyuwangi dihantam tsunami yang sama besar dengan yang menghantam pesisir Kabupaten Jember. Perbedaan karakteristik tiap topografi pesisir dan tiap penggunaan lahan menghasilkan perbedaan ukuran kerusakan. Penduduk di Pancer, Kabupaten Banyuwangi yang mengalami kerusakan paling parah (121 meninggal dan 704 rumah rusak) merupakan tempat datar dekat laut dengan ketinggian sekitar 5m.

Tabel 4.2.2 Statistik Korban Manusia dan Kerusakan Rumah Menurut Kabupaten di Propinsi Jawa Timur

Kabupaten	Korban Manusia				Kerusakan Rumah			Kapal Rusak
	Meninggal	Hilang	Luka		Seluruhnya	Sebagian	Ringan	
			Berat	Ringan				
Tulungagung	2	-	20	-	62	59	-	84
Blitar	2	-	-	-	-	3	-	153
Malang	1	-	-	2	31	7	4	168
Jember	12	-	4	7	36	33	11	119
Banyuwangi	206	15	21	-	591	66	235	380
Total	223	15	45	9	720	168	250	904

Sumber: Y. Tsuji dkk. (1995)

Hal-hal berikut merupakan faktor-faktor yang memperbesar kerusakan akibat Tsunami di Jawa Timur (1994) dan merupakan gambaran tsunami.

- Banyak penduduk yang sudah tertidur karena gempa dan tsunami di Jawa Timur terjadi waktu tengah malam.
- Ukuran gempa tidak terlalu besar ($M_w=7.5$) dan getaran tanah kecil. Sehingga hampir tidak ada orang yang menyadari gempa sebagai tanda tsunami. Namun skala tsunami ($m_H=3$)¹ lebih besar dibandingkan dari perkiraan menurut skala gempa. Gempa bumi dan tsunami seperti ini disebut “Gempa Tsunami (*Tsunami Earthquake*)”
- Waktu kedatangan tsunami adalah 30-40 menit dari getaran utama dan penduduk yang tinggal di wilayah pesisir dapat mengungsi ke tempat aman jika pemerintah dan penduduk bertindak cepat. Namun karena kurangnya pengetahuan tentang gempa bumi dan tsunami serta informasi evakuasi, masyarakat tidak dapat bertindak demikian.

¹ Skala Tsunami (Hatori, 1986) : Skala Tsunami dihitung dari ketinggian tsunami yang dihasilkan oleh gempa bumi. Fungsi ini digunakan untuk menyatakan skala “Gempa Tsunami (*Tsunami Earthquake*)”

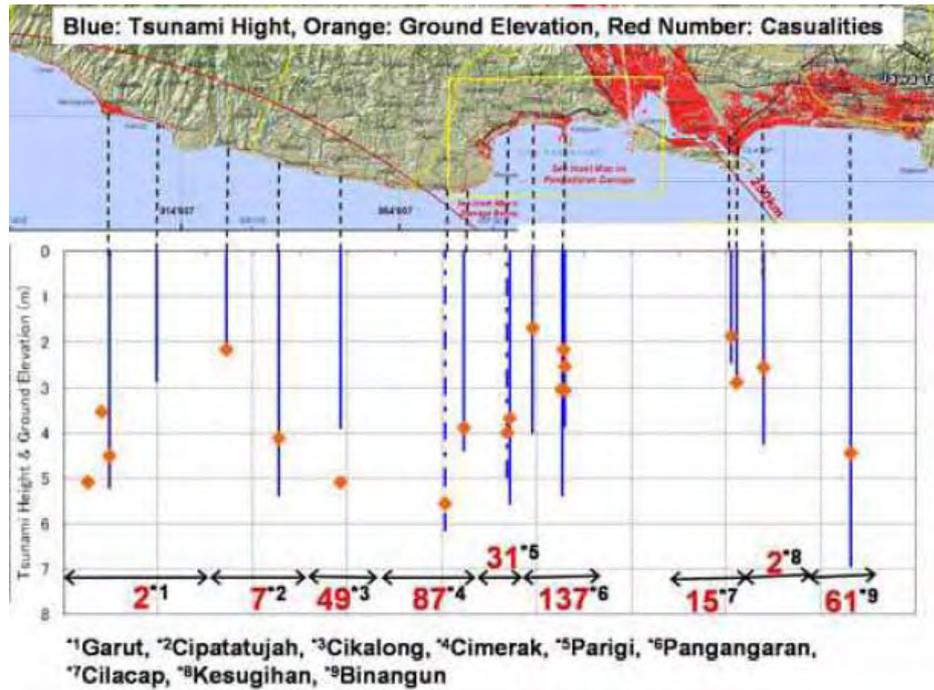
C. Gempa Bumi dan Tsunami di Jawa Barat (17 Juli 2006)

Sebuah gempa bumi besar dengan magnitudo 7,7 (USGS) terjadi jauh di pesisir tenggara Pulau Jawa, Indonesia pada pukul 08.24 waktu UTC tanggal 17 Juli (pukul 15.24 WIB tanggal 17 Juli) 2006. Tsunami yang dihasilkan oleh gempa melanda pesisir barat daya Pulau Jawa dan ketinggian air naik 3-5m.

Gempa ini menghasilkan tsunami besar yang melanda pesisir barat daya Pulau Jawa, dimana ketinggian air naik dilaporkan 6m di Cilacap, 3-5m di Pangandaran, Ciamis, 5,0m di Tasikmalaya. Sebagian besar wilayah pesisir yang terlindungi oleh bukit pasir dengan tinggi sekitar 4m tidak mengalami kerusakan. Tetapi di sisi lain, pada wilayah yang dilanda tsunami dengan bukit pasir rendah dan muara sungai, seperti Pangandaran dimana elevasi tanahnya rendah, dilanda tsunami serius. Korban meninggal meningkat lebih dari 600 orang.

Kerusakan parah tidak ditemukan di Kabupaten Jember karena pesisir Kabupaten Jember jaraknya 600km dari pusat gempa. Tetapi menurut kesaksian pada survei lapangan, Bandialit dilanda tsunami dengan ketinggian lebih dari 2m. Fenomena bahwa tsunami lebih besar daripada perkiraan menurut skala gempa sama dengan gambaran Tsunami di Jawa Timur (1994). Karena itu bencana tsunami ini merupakan suatu kasus yang berguna untuk mempertimbangkan bencana tsunami Kabupaten Jember.

Lokasi pusat gempa dan persebaran ketinggian tsunami di pesisir ditunjukkan dalam Gambar 4.2.4. Dan kerusakan yang terjadi di tiap kabupaten ditunjukkan dalam Gambar 4.2.5.



Sumber: Sesi Debrief untuk Survei lapangan Gempa dan Tsunami di Jawa Barat, Abstract, JSCE (2006)

Gambar 4.2.4 Ketinggian Tsunami dan Ketinggian Tanah



Sumber: OCHA Situation Report No.5 (2006)

Gambar 4.2.5 Kerusakan Akibat Gempa dan Tsunami di Jawa Barat Pada Tahun 2006

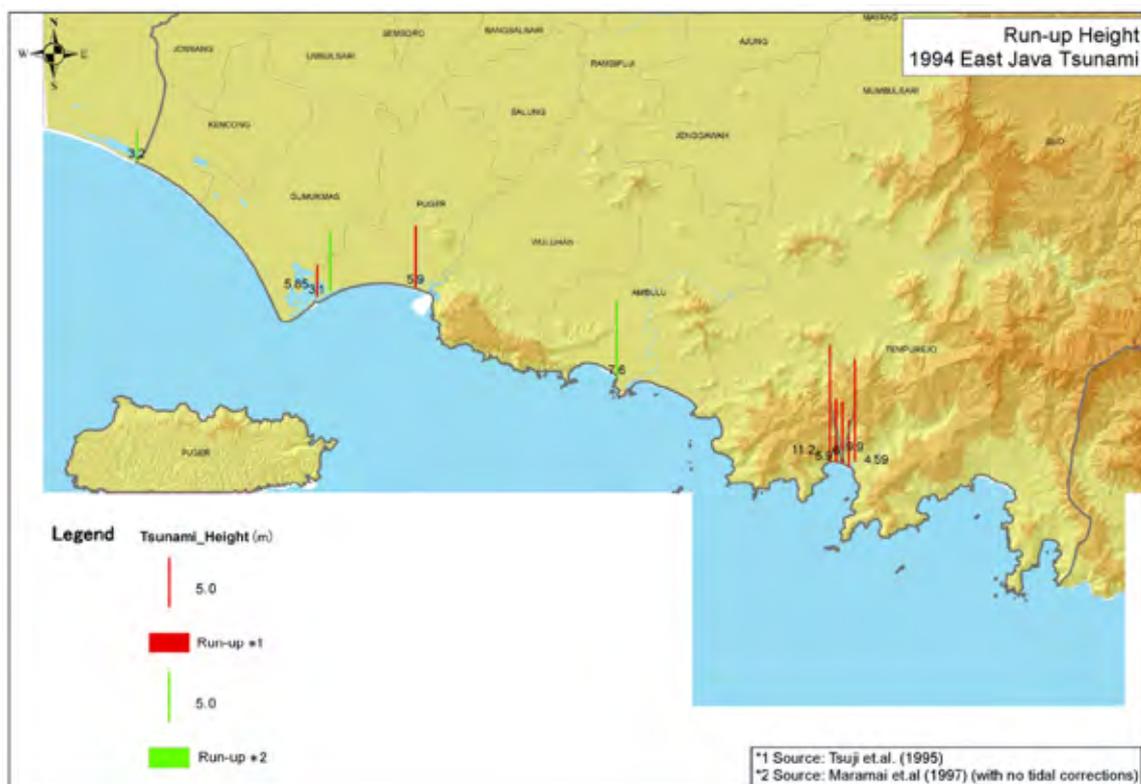
(2) Bencana Tsunami Jawa Timur 1994 di Kabupaten Jember

Survei lapangan mengenai tinggi tsunami, wilayah tergenang, dan kerusakan akibat Tsunami Jawa Timur (1994) yang merupakan sasaran bencana dalam kajian ini dilaksanakan untuk merumuskan Peta Rawan Bencana

A. Persebaran Tinggi Tsunami

Persebaran tinggi tsunami di pesisir Kabupaten Jember ditunjukkan dalam Gambar 4.2.6. Nilai tinggi tsunami digabungkan dalam Peta GIS (Gambar 4.2.6) yang berasal dari laporan yang menyebutkan hasil survei lapangan pada saat itu. Walaupun informasi mengenai tinggi tsunami telah dikumpulkan dalam penyelidikan ini, data tersebut tidak digunakan untuk membuat peta karena ketepatan data yang terdiri dari kesaksian bencana yang terjadi lebih dari sepuluh tahun silam tersebut agaknya rendah.

Ketinggian air naik maksimum adalah 11,2m di Bandialit. Alasan mengapa ketinggian air naik sangat tinggi dibandingkan dengan catatan lainnya adalah karena keadaan geologis, bentuk teluk dan tebing di belakang pesisir. Ketinggian air naik pada pesisir yang memiliki tanah datar di belakangnya adalah 5,9m di Puger, 7,6 di Watuulo. Rata-rata ketinggian air naik pada pesisir Kabupaten Jember adalah 6-7m



Sumber: Tim Kajian

Gambar 4.2.6 Persebaran Tinggi Tsunami Akibat Tsunami Jawa Timur 1994

B. Daerah Tergenang

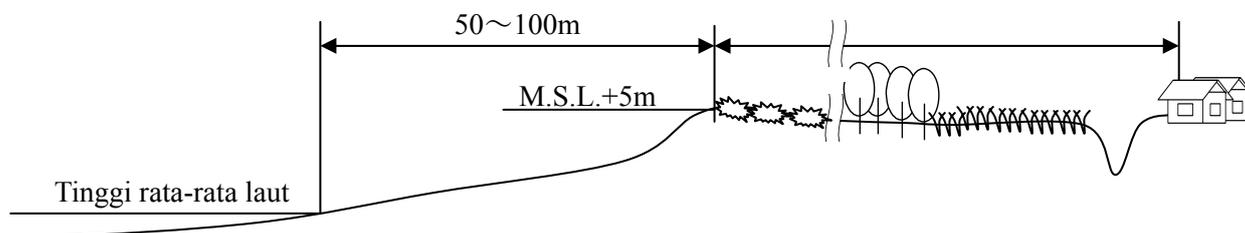
Perkiraan area tergenang akibat Tsunami Jawa Timur (1994) dalam Kajian ini ditampilkan dalam Gambar 4.2.7. Karena tidak ada laporan yang menunjukkan area tergenang maka area tergenang diperkirakan dengan mempertimbangkan jarak maksimum kenaikan air yang diperoleh berdasarkan kesaksian dan topografi pesisir. Karakteristik topografi pesisir merupakan pantai panjang yang memenuhi 1/3 dari garis pesisir Kabupaten Jember. Terdapat tumpukan bukit pasir, dengan ketinggian 3-6m, di belakang pantai, dan pada garis tersebut di tanah datar, terdapat beberapa desa (Gambar 4.2.8). Nampak bahwa bukit pasir tersebut melindungi dataran rendah bertanah datar di belakang pesisir, dengan ketinggian 1-3m, dari Tsunami Jawa Timur (1994). Sebuah fenomena yang juga terlihat pada Tsunami Jawa Barat 2006.

Menurut kesaksian, jarak air naik pada sungai yang mengalir di tanah datar dari muara sungai adalah 3km dan banjir dari kedua tepi sungai sekitar 100m. Sehingga ditetapkan bahwa jarak air naik pada sungai yang sama adalah 3km dan area tergenang di sepanjang sungai adalah 100m dari kedua tepi sungai.



Sumber: Tim Kajian

Gambar 4.2.7 Daerah Tergenang Akibat Tsunami Jawa Timur 1994



Gambar 4.2.8 Tampang Lintang Pantai di Desa Kepanjen

C. Kerusakan Akibat Tsunami

Total kerusakan berdasarkan hasil wawancara dengan penduduk pada survei lapangan ditunjukkan dalam Tabel 4.2.3 dan skema posisi digambarkan dalam Gambar 4.2.9.

Di Bandialit dimana ketinggian air naik maksimum tercatat, tsunami menyapu desa nelayan yang terletak 100m dari pesisir dan 5 orang yang sedang tidur dalam rumah mereka meninggal. Di Payangan, tsunami juga menyapu rumah-rumah di dekat pesisir (lihat Gambar 4.2.10) dan 4 orang nelayan yang sedang menyiapkan kapal di laut meninggal. Di Getem, tsunami menerobos sampai sekitar 1km ke daratan dan merusak beberapa rumah yang terletak di dataran rendah sekitar muara sungai. Dan di Kalimalang Kulon 2km di atas muara sungai, tsunami yang sampai ke sungai membanjiri tanggul dan mengakibatkan bencana banjir. Di wilayah lain yang dilindungi oleh bukit pasir, hampir tidak ada kerusakan apapun.

Oleh sebab itu, bencana banjir terbesar akibat tsunami terjadi di dataran rendah dan tanah datar yang tidak memiliki timbunan bukit pasir tidak termasuk keadaan geografis khusus seperti Bandialit. Dan dipahami pula bahwa resiko pada daerah seperti itu sangat tinggi.

Kelihatannya alasan mengapa total kerusakan (Total*1 dalam Tabel 4.2.3) yang diperoleh dalam penyelidikan ini berbeda dengan catatan masa lalu (Total*2 dalam Tabel 4.2.3) adalah karena sulitnya mengenali kerusakan sebagai kerusakan akibat tsunami yang terjadi tengah malam dan bahwa ingatan orang yang diwawancarai tentang kejadian tsunami lebih dari sepuluh tahun silam tersebut tidak jelas.

Terdapat beberapa kerusakan pada kapal dan hasil panen karena dibanjiri oleh air laut, dan jembatan, selain korban manusia dan rumah rusak. Kerusakan tersebut tidak boleh diabaikan karena kerusakan tersebut mempengaruhi kehidupan dan rehabilitasi paska bencana.

Pantai yang dihantam oleh tsunami menjadi terkikis walaupun tidak mengakibatkan kerusakan langsung. Namun hal tersebut harus ditangani, yaitu endapan sedimen di pantai yang digunakan sebagai tempat untuk menambatkan kapal nelayan.

Tabel 4.2.3 Statistik Korban Manusia dan Kerusakan Rumah di Kabupaten Jember

Kabupaten	Korban Manusia				Kerusakan Rumah			Kapal Rusak
	Meninggal	Hilang	Luka		Seluruhnya	Sebagian	Sedikit	
			Berat	Ringan				
Bandialit *1	5	-	-	-	24	-	-	20
Payangan *1	4	-	-	-	30	>30		4
Puger *1	1	-	-	-	-	-	-	1
Getem *1	30	-	-	-	50	-	-	-
Kalimalang Kulon *1	-	-	4	-	-	5	-	100
Total *1	40	-	4	-	104	>35		125
Total *2	12	-	4	7	36	33	11	119

*1 Data Sumber: Interview dengan warga selama kajian ini *2 Data Sumber Y. Tsuji dkk. (1995)

Sumber: Tim Kajian, Y. Tsuji dkk. (1995)



Sumber: Tim Kajian

Gambar 4.2.9 Peta Lokasi Wilayah Rusak Akibat Tsunami Jawa Timur 1994

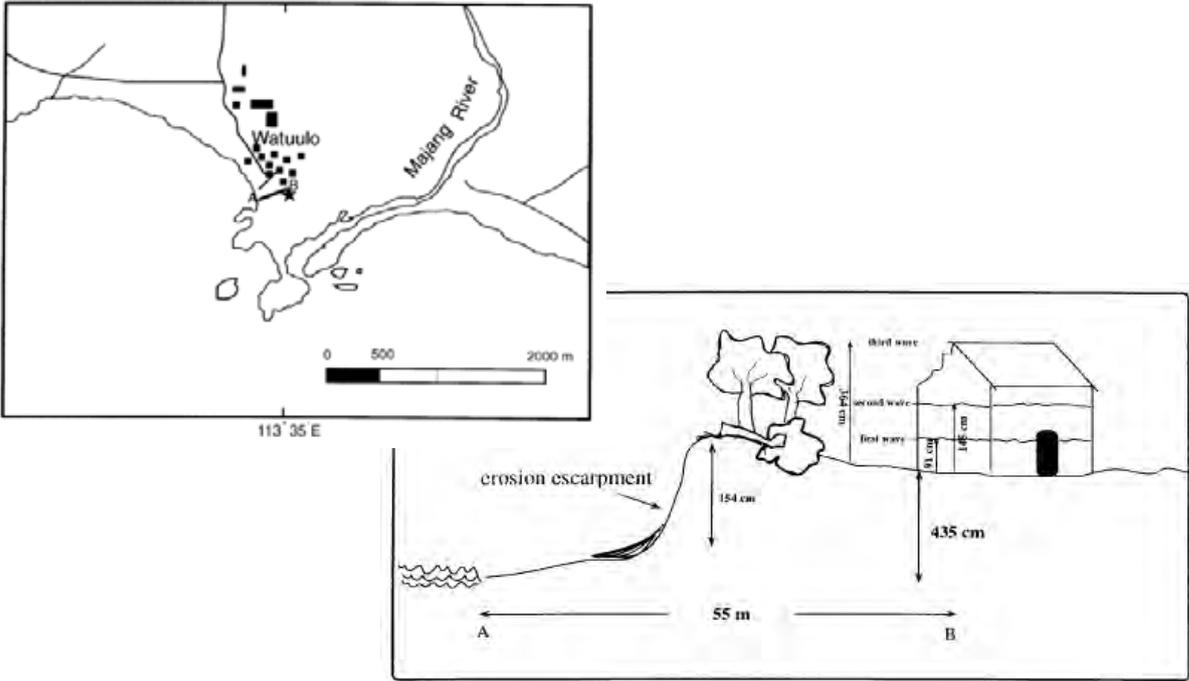


Figure 6. Detail of the A-B section in Figure 5 at Watuulo.



Figure 7. Watuulo: damaged house where marks of three different waves were observed. The third wave caused the roof collapse.

Sumber: A.Maramai dkk. (1997)

Gambar 4.2.10 Rumah-Rumah Rusak di Watuulo (Payangan)

2) Faktor-Faktor Kerusakan Akibat Tsunami

Kejadian tsunami di Kabupaten Jember yang dijelaskan di atas dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

- Korban jiwa seperti kematian
- Kerusakan rumah seperti kerusakan akibat aliran air
- Kerusakan bangunan seperti kerusakan pada jalan dan jembatan
- Kerusakan pada industri perikanan seperti hanyutnya kapal-kapal ikan
- Kerusakan pertanian yang disebabkan oleh air laut dan sedimen yang mengalir ke persawahan
- Perubahan bentuk lahan di pantai

Dapat disimpulkan bahwa faktor eksternal yang menyebabkan kerusakan adalah air laut yang menerjang daratan akibat tsunami. Catatan tsunami tersebut menunjukkan bahwa tingkat kerusakan memiliki kedalaman dan kecepatan banjir relatif.

Selain itu, Gambar 4.2.7 menunjukkan bahwa daerah tergenang akibat Tsunami Jawa Timur pada tahun 1994 terkonsentrasi di dataran rendah dekat muara. Sehingga, rendahnya dataran dan jarak dari garis pantai dapat dikatakan sebagai faktor kerusakan geologis akibat tsunami. Serta teluk dengan bentuk V seperti Bandialit dimana energi tsunami terkonsentrasi di ujung teluk berbentuk V dan tinggi maksimum air naik akibat tsunami Jawa Timur tahun 1994 yang terjadi di Kabupaten Jember merupakan faktor kerusakan geologis.

Tsunami Jawa Timur tahun 1994 yang menerjang daerah pesisir secara tiba-tiba tidak memberikan kesempatan bagi warga yang tinggal dekat pantai untuk mengungsi karena gempa bumi terjadi pada tengah malam dan getaran tanah kecil. Selain itu, kurangnya pengetahuan warga tentang tsunami dan mitigasi bencana merupakan faktor kerusakan. Dibandingkan dengan situasi saat ini dan saat mitigasi bencana, kondisi penanganan strukturalnya serupa karena penanganan struktural seperti pembangunan tembok pengaman di pantai belum dibuat di Kabupaten Jember. Akan tetapi, kondisi penanganan non-struktural dapat dikatakan lebih baik karena dinas/lembaga pemerintah terkait seperti BMG telah melakukan pemeliharaan terhadap jaringan sistem peringatan dini, penentuan tempat pengungsian dan pelatihan tsunami. Selain itu, pengetahuan dan kesadaran tentang tsunami telah mengalami peningkatan dibandingkan tahun 1994.

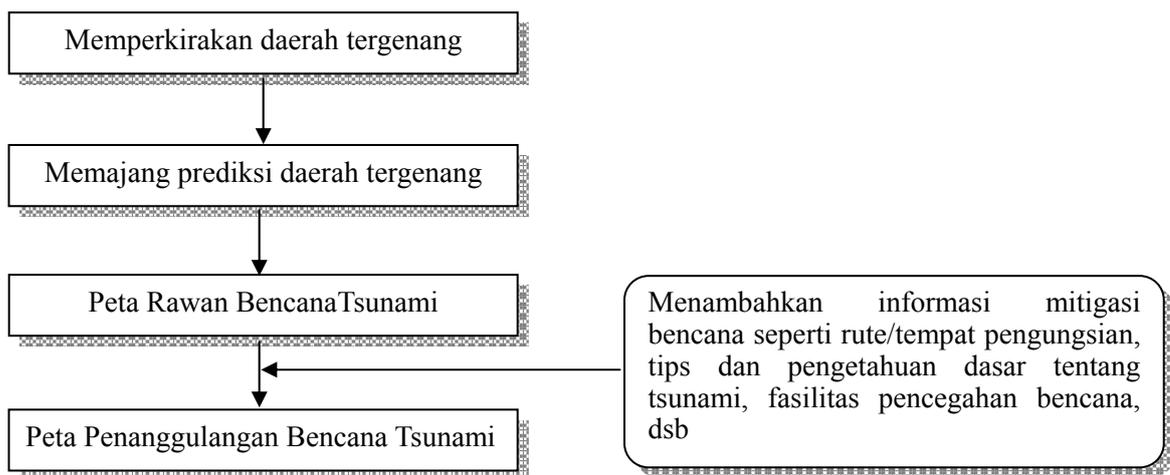
4.2.2 Peta Rawan Bencana Tsunami di Kabupaten Jember

1) Gambaran tentang Perumusan Peta Rawan Bencana Tsunami

Kerusakan akibat tsunami disebabkan oleh air laut yang menerjang darat. Sehingga, daerah rawan tsunami dapat diekspresikan oleh kedalaman genangan dan kecepatan aliran banjir. Dalam rencana ini, kita harus mendefinisikan daerah rawan tsunami melalui kedalaman banjir karena metode estimasi makro dengan mempertimbangan efek sinergi antara kedalaman genangan dan kecepatan aliran banjir masih belum dibuat.

Menurut Pedoman tentang Perkembangan dan Penggunaan Peta Penanggulangan Bencana Tsunami (*Port Technology Group, ASEAN-Japan Transport Partnership, 2008*), peta rawan bencana tsunami dituangkan dalam bentuk peta yang menunjukkan prediksi daerah genangan. Peta rawan bencana tsunami yang ditambahkan dengan informasi seperti rute/tempat pengungsian, tips evakuasi dan pengetahuan dasar tentang tsunami disebut peta penanggulangan bencana tsunami. Tujuan mempersiapkan peta rawan bencana tsunami/peta penanggulangan bencana tsunami adalah untuk memberikan warga informasi yang dibutuhkan tentang evakuasi dan bantuan lembaga administratif dalam melaksanakan tugas-tugas mereka seperti merencanakan dan mengambil tindakan preventif bencana.

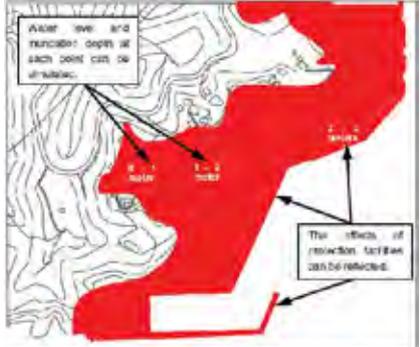
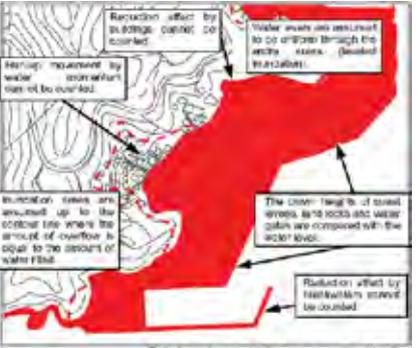
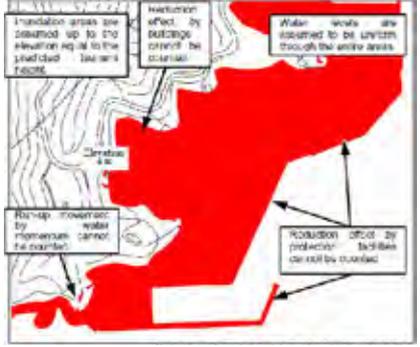
Gambar 4.2.1 menunjukkan alur penyiapan peta rawan bencana tsunami dan peta penanggulangan bencana tsunami. Bagian utama peta rawan bencana tsunami ini adalah prediksi daerah-daerah tergenang. Prediksi tersebut disiapkan berdasarkan hasil prediksi genangan akibat kemungkinan terjangan tsunami. Ada 4 jenis utama metode prediksi daerah tergenang seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.4.



Sumber: Pedoman tentang Perkembangan dan Penggunaan Peta Penanggulangan Bencana Tsunami, *Port Technology Group, ASEAN-Japan Transport Partnership, 2008*

Gambar 4.2.11 Alur Penyiapan Peta Rawan Bencana Tsunami dan Peta Penanggulangan Bencana Tsunami

Tabel 4.2.4 Karakteristik Tiap Metode Prediksi Daerah Tergenang

Metode	Garis Besar Metode	Gambar Prediksi Daerah Rawan Bencana Tsunami
a. Metode Simulasi Numerik	Metode simulasi numerik adalah metode yang memprediksi daerah tergenang berdasarkan simulasi numerik menggunakan <i>model</i> numerik persebaran tsunami melalui lautan daerah pesisir yang dibanjiri	
b. Metode Level Filling	Metode level filling memberikan estimasi daerah tergenang dimana kedalaman genangan di atas daratan dihitung menurut volume air yang masuk dari pantai akibat tsunami. Tsunami tersebut dikalkulasi menggunakan <i>model</i> numerik persebaran tsunami melalui lautan.	
c. Metode berdasarkan catatan daerah yang pernah tergenang	Metode ini digunakan untuk mengindikasikan daerah tergenang berdasarkan catatan tentang kejadian tsunami.	
d. Estimasi berdasarkan ketinggian tanah	Estimasi berdasarkan ketinggian tanah menentukan daerah tergenang di bawah ketinggian tsunami yang diprediksi dari simulasi numerik tsunami	

*Garis putus-putus merah: daerah-daerah tergenang yang diprediksi melalui simulasi numerik

Sumber: Pedoman tentang Perkembangan dan Penggunaan Peta Penanggulangan Bencana Tsunami, *Port Technology Group, ASEAN-Japan Transport Partnership*, 2008

Pada dasarnya, prediksi yang dibuat harus berdasarkan metode simulasi numerik (a) karena metode tersebut mengestimasi secara tepat data yang dibutuhkan untuk mempersiapkan peta rawan bencana tsunami dan juga bisa merefleksikan dampak fasilitas perlindungan. Tetapi hal tersebut membutuhkan banyak data seperti data bathymetric (pengukuran kedalaman laut) dan data topografi serta skenario tsunami termasuk dimana tsunami terjadi dan magnitudo tsunami untuk dapat melakukan simulasi numerik tsunami. Namun data tersebut tidak tersedia di banyak kabupaten. Bila metode simulasi numerik sulit untuk dilakukan, alternatif simulasi numerik yang lebih mudah juga bisa dilakukan. Sebagai contoh, daerah tergenang dapat diestimasi dengan menggunakan catatan daerah tergenang akibat tsunami yang telah terjadi (c. Metode berdasarkan catatan daerah yang pernah tergenang). Oleh karena itu, dengan adanya teknologi, ketersediaan data dan keharusan maka kerawanan daerah bencana tsunami harus dikembangkan tahap demi tahap.

2) Evaluasi kemampuan metode prediksi daerah tergenang untuk bisa digunakan di Kabupaten Jember

Tabel 4.2.5 menunjukkan kemampuan tiap metode prediksi daerah tergenang untuk bisa digunakan di Kabupaten Jember. Meskipun hanya tersedia beberapa data untuk dipakai dalam tiap metode namun hal tersebut cukup untuk memperoleh hasil yang benar untuk tiap metode.

Pada dasarnya, dalam kajian ini peta rawan bencana tsunami bisa dikembangkan melalui estimasi berdasarkan ketinggian tanah karena merupakan metode yang sederhana untuk menentukan daerah rawan bencana serta tingkatannya yang bisa diketahui hanya dari hubungan antara kemungkinan ketinggian tsunami yang ditunjukkan melalui simulasi numerik dan ketinggian tanah.

Tabel 4.2.5 Kemampuan Setiap Metode Prediksi Daerah Tergenang Untuk Bisa Digunakan di Kabupaten Jember

Metode	Data untuk digunakan dalam tiap metode	Kemampuan untuk bisa digunakan	Keterangan
a. Metode Simulasi Numerik	Tidak cukup	Tidak dapat digunakan (untuk daerah lautan)	Sudah terdapat beberapa hasil untuk daerah lautan.
b. Metode Level filling	Tidak cukup	Sebagian dapat digunakan	Tidak tersedia data akurat tentang ketinggian tanggul / bukit pasir di sepanjang pantai.
c. Metode berdasarkan catatan daerah yang pernah tergenang	Tidak cukup	Sebagian dapat digunakan	Tsunami di Jawa Timur Tahun 1994
d. Estimasi berdasarkan ketinggian tanah	cukup	Dapat digunakan	

3) Indeks-Indeks Peta Kerawanan Bencana Tsunami

(1) Daerah tergenang dan kedalamannya yang diestimasi melalui metode level filling (H_1)

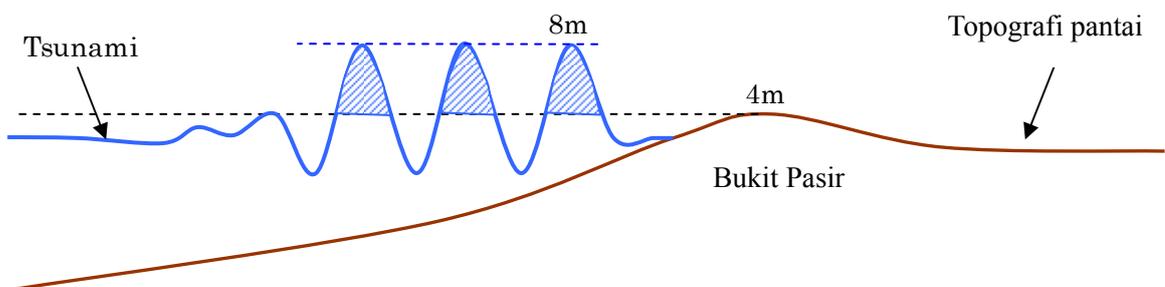
Metode Level filling menyediakan estimasi daerah tergenang dimana kedalaman genangan di atas tanah dikalkulasi berdasarkan volume air masuk akibat tsunami ke daratan. Tsunami dikalkulasi dengan menggunakan *model* numerik tsunami yang tersebar melalui lautan.

A. Penghitungan volume air masuk dari pantai

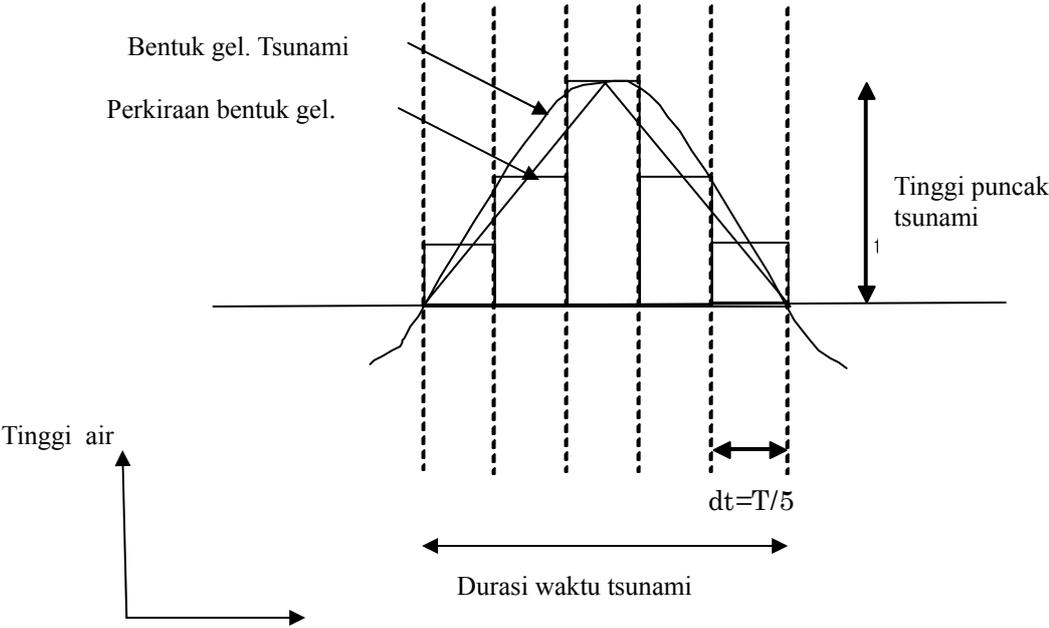
Volume air masuk dari pantai pada peristiwa tsunami di Jawa Timur tahun 1994 telah dihitung. Data dasar tsunami di ditetapkan berdasarkan hasil catatan dan kajian simulasi numerik tsunami sebelumnya yang ditunjukkan pada Tabel 4.2.6 dan Gambar 4.2.12. Selain itu, perubahan sementara tsunami dibuat *model* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.2.13 yang berguna untuk penghitungan volume air yang meluapi pantai. Pada *model* ini, pola gelombang diperkirakan linear dan durasi waktu dibagi 5 sesuai urutan volume air. Jumlah penghitungan luapan air ditunjukkan pada Tabel 4.2.7.

Tabel 4.2.6 Data Tsunami untuk Penghitungan Volume Air Masuk Daratan

Item	Nilai	Sumber
Ketinggian Tsunami	8.0 (m) dpl	Catatan Tsunami di Jawa Timur Tahun 1994
Lama	900 (dtk)	ditto
Panjang garis pantai yang diterjang tsunami	40.1 (km)	Garis pantai kecuali tebing yang dominan di sepanjang garis pantai
Tinggi Bukit Pasir	4.0 (m) dpl	Data topografi dan Survei Lapangan
Jumlah gelombang yang meluapi puncak bukit pasir	3 gelombang	Catatan Tsunami di Jawa Timur Tahun 1994



Gambar 4.2.12 Model Tampang Lintang



Gambar 4.2.13 Model Bentuk Gelombang Waktu

Tabel 4.2.7 Volume Air Masuk Akibat Tsunami

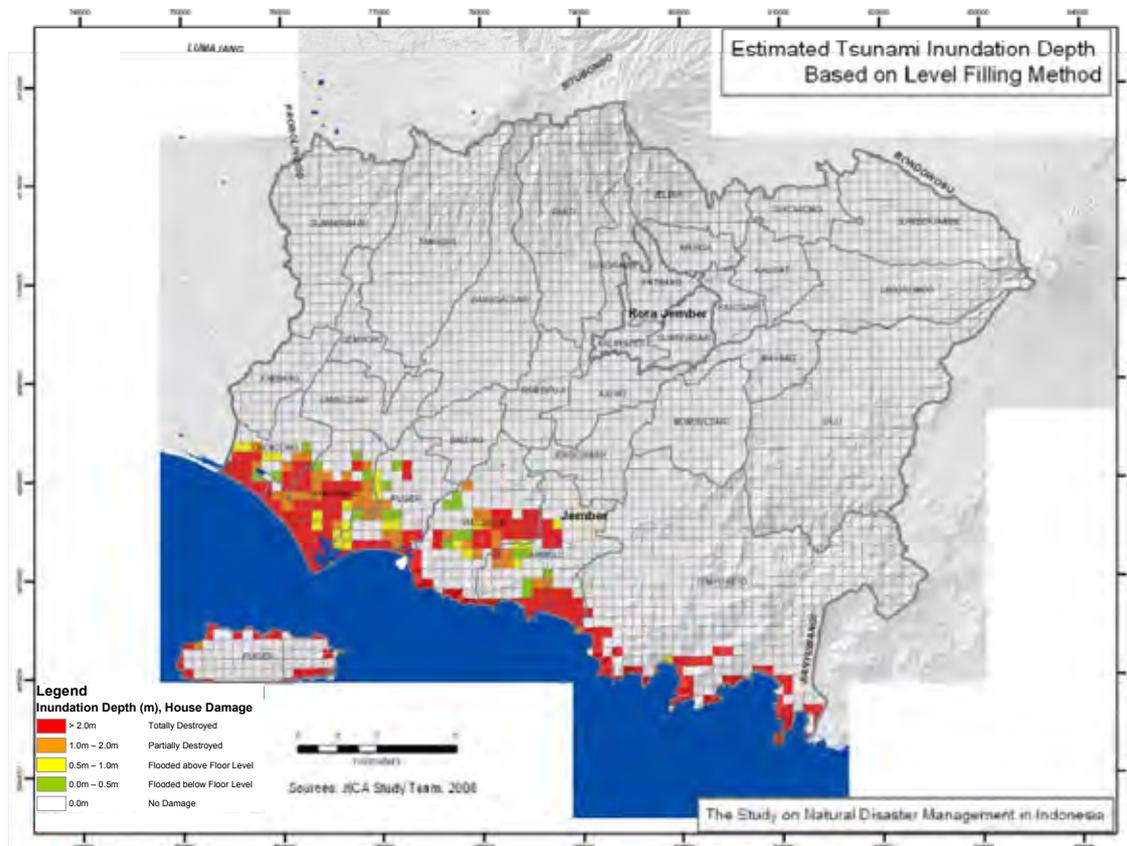
No.	(A) Tinggi Tsunami	(B) Tinggi Bukit pasir	(A)-(B)	(D) Q1 (m ² /dtk)	(E) ∠T (dtk)	(D)*(E) Q2 (m ²)
1	1.6	4	-2.4	0.00	90	0.00
2	4.8	4	0.8	1.11	90	99.79
3	8.0	4	4.0	12.40	90	1115.65
4	4.8	4	0.8	1.11	90	99.79
5	1.6	4	-2.4	0.00	90	0.00
Penjumlahan				(per 1 gel. dan 1m)		1315.23
				(per 3 gel. and 1m)		3945.68

B. Daerah Tergenang dan Kedalamannya

Peta daerah tergenang dibuat berdasarkan volume air yang meluapi pantai pada Tabel 4.2.7 disajikan pada Gambar 4.2.14. Tingkatan dan nilainya dijabarkan berikut ini.

- i) 2.0m < H (Rusak parah) Nilai 4
- ii) 1.0m < H ≤ 2.0m (Rusak Sebagian) Nilai 3
- iii) 0.5m < H ≤ 1.0m (Banjir melebihi lantai) Nilai 2
- iv) 0.0m < H ≤ 0.5m (Banjir dibawah lantai) Nilai 1
- v) H = 0.0m (Tidak ada kerusakan) Nilai 0

Metode Level filling membutuhkan bangunan atau bentuk tanah yang dapat mencegah luapan gelombang di sepanjang pantai. Namun, tidak terdapat bangunan dan bentuk tanah seperti bukit pasir di sepanjang pantai di Kabupaten Jember. Sehingga, daerah tergenang diperkirakan di daerah muara yang gundukan/penghalang pasirnya lebih rendah dari ketinggian (=4m) yang disebutkan pada *model* di atas.



Sumber: Tim Kajian

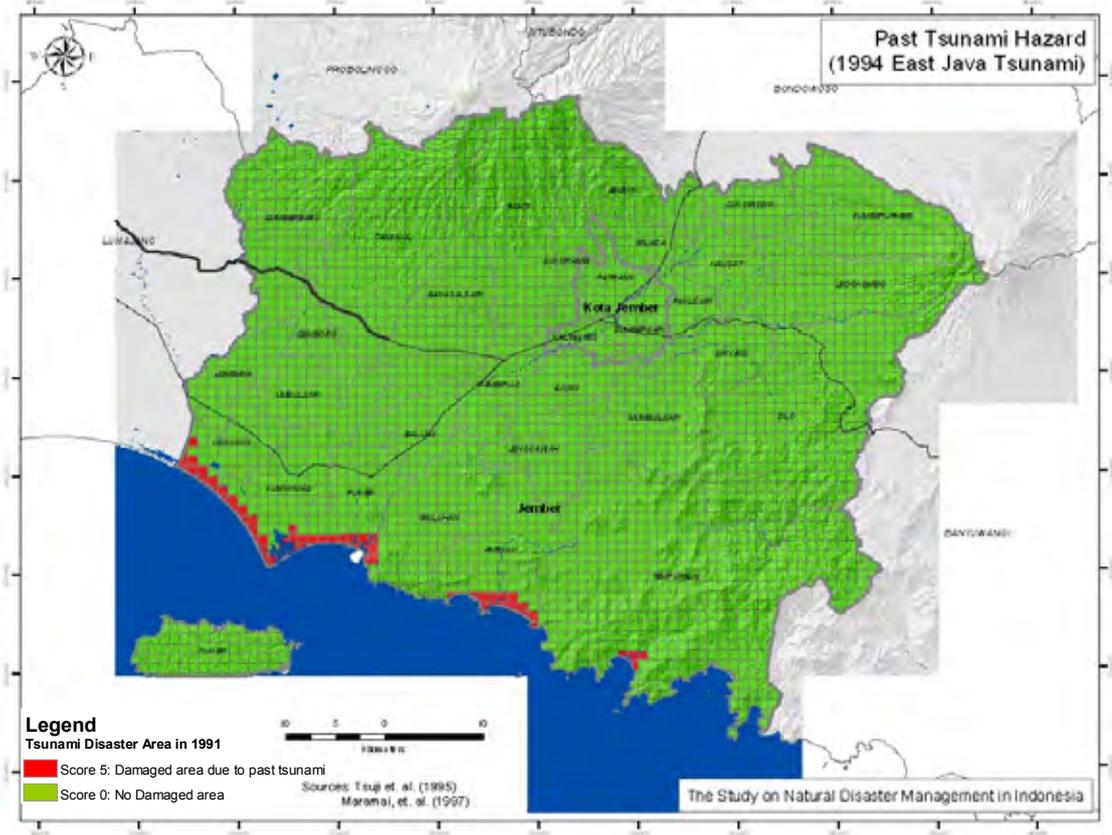
Gambar 4.2.14 Daerah Tergenang dan Kedalamannya yang Diperkirakan Melalui Metode Level Filling (H_1)

(2) Daerah Tergenang Menurut Catatan Kejadian Lalu (H₂)

Daerah pesisir di Kabupaten Jember pernah dilanda bencana tsunami pada tahun 1994. Daerah terkena bencana ditunjukkan pada Gambar 4.2.15. Tingkatan dan nilainya adalah sebagai berikut.

- i) Daerah yang rusak akibat tsunami lalu Nilai 5
- ii) Tidak terdapat daerah rusak Nilai 0

Daerah rawan berikut didasarkan pada hasil interview dengan warga setempat dan catatan ketinggian air naik akibat tsunami. Tidaklah mudah untuk memastikan keakuratan daerah tergenang karena tidak terdapat catatan tentang daerah yang pernah tergenang dan jika ada itupun berdasarkan hasil interview mengenai kejadian yang telah berlangsung 10 tahun lalu. Selain itu, peta daerah tergenang didasarkan pada catatan yang tidak dapat digunakan untuk mengevaluasi kedalaman genangan.



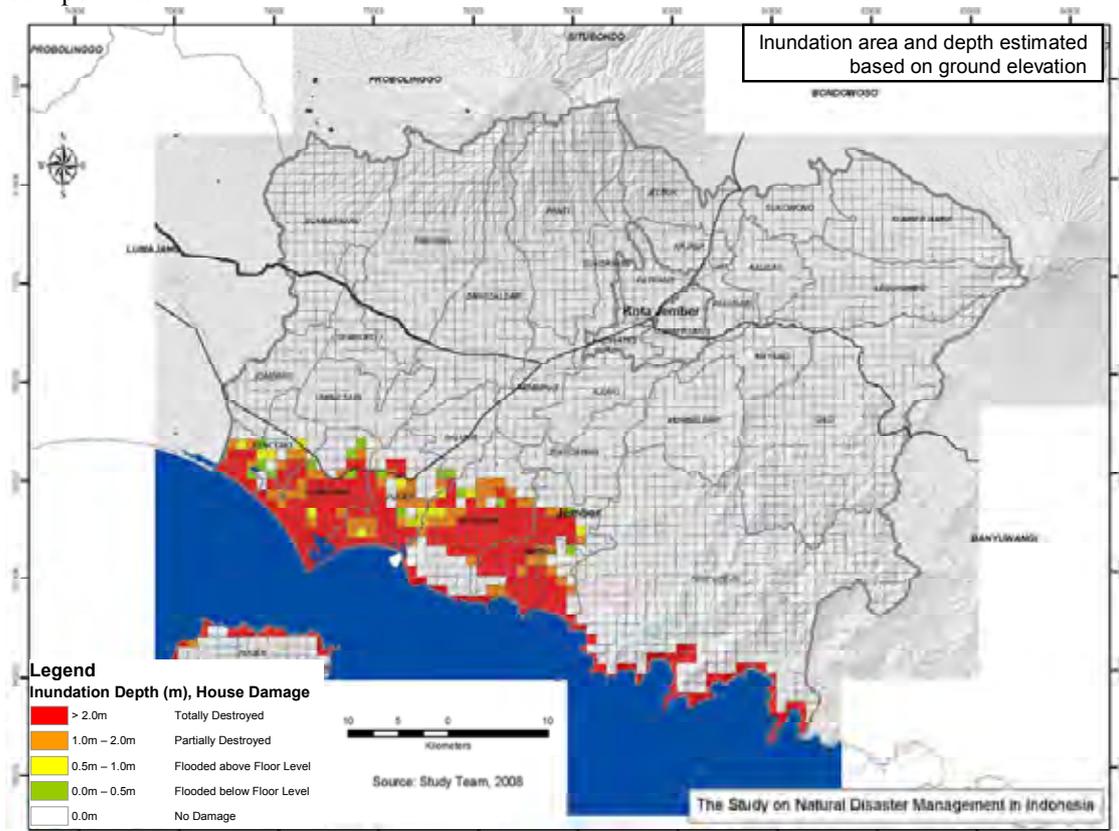
Gambar 4.2.15 Daerah Terlanda Bencana Tsunami Tahun 1994 (H₂)

(3) Daerah tergenang dan kedalamannya yang dikira-kira berdasarkan ketinggian tanah (H₃)

Perkiraan yang didasarkan pada ketinggian tanah merupakan metode yang sederhana untuk menentukan daerah rawan dan levelnya hanya dari hubungan antara kemungkinan tinggi tsunami yang ditunjukkan oleh simulasi numerik dan ketinggian tanah. Tinggi maksimum tsunami di Jawa Timur (1994) adalah 8m atau kurang. Sehingga 8 m dpl ditetapkan sebagai tinggi standar perkiraan gelombang tsunami. Tingkatan dan nilainya adalah sebagai berikut.

- i) 2.0m< (Rusak parah) Nilai 4
- ii) 1.0m<H≤2.0m (Rusak sebagian) Nilai 3
- iii) 0.5m<H≤1.0m (Banjir melebihi lantai) Nilai 2
- iv) 0.0m<H≤0.5m (Banjir dibawah lantai) Nilai 1
- v) H=0.0m (Tidak ada kerusakan) Nilai 0

Dibandingkan dengan hasil daerah banjir akibat tsunami Jawa Timur (1994), perkiraan daerah rawan tsunami akan lebih besar dari yang sebelumnya. Sehingga perkiraan daerah yang dibanjiri tsunami berdasarkan ketinggian tanah dinilai terlalu tinggi, yang merupakan sisi membahayakan dari perkiraan.



Sumber: Tim Kajian

Gambar 4.2.16 Daerah Tergenang dan Kedalamannya yang diperkirakan Berdasarkan Ketinggian Tanah (H₃)

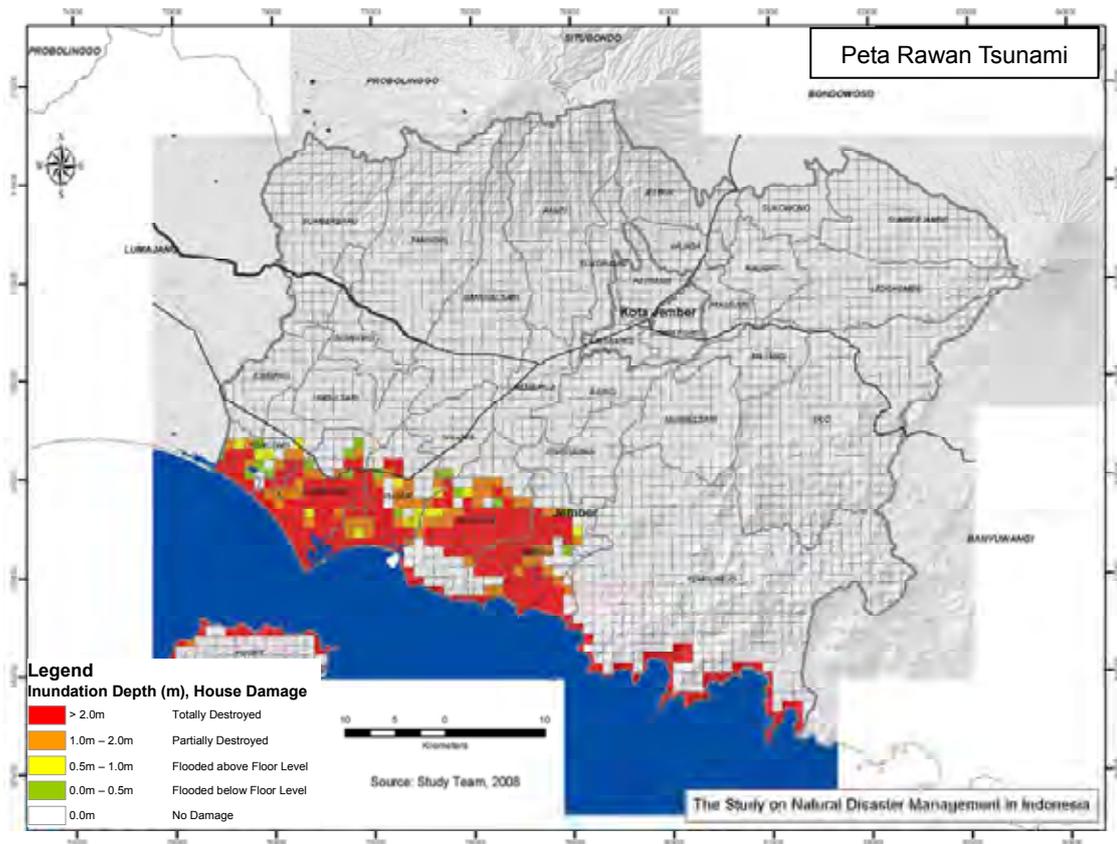
4) Peta Rawan Bencana Tsunami di Kabupaten Jember

Bila ketiga indeks tersebut diatas dikomparasi, maka hasil dari sisi membahayakan secara urut adalah daerah tergenang berdasarkan ketinggian tanah (H_3), daerah tergenang yang diperkirakan melalui metode level filling (H_1), dan daerah tergenang menurut catatan kejadian lalu. Sebenarnya penting untuk mengadopsi metode prediksi dengan keakuratan tertinggi. Dalam kajian ini, daerah tergenang berdasarkan ketinggian tanah (H_3), yang memberi hasil pada sisi paling membahayakan dan mudah untuk merumuskan, harus diadopsi karena semua metode prediksi memiliki masalah akurasi yang tergantung pada data yang tersedia dan keakuratannya. Jika peta daerah tergenang dengan akurasi yang lebih tinggi bisa dirumuskan dan setelahnya berbagai data dapat disimpan untuk dapat menggantikan peta daerah tergenang yang ada.

Peta rawan bencana tsunami yang dibuat berdasarkan perkiraan kedalaman genangan (H_3) ditunjukkan pada Gambar 4.2.17. Pada gambar tersebut, nilai kerawanan tsunami dibagi menjadi 5 tingkatan seperti berikut ini.

i)	$2.0m <$	(Rusak menyeluruh)	• • • • Nilai 4 (Kerawanan tertinggi)
ii)	$1.0m < H \leq 2.0m$	(Rusak sebagian)	• • • • Nilai 3 (Kerawanan tinggi)
iii)	$0.5m < H \leq 1.0m$	(Banjir melebihi lantai)	• • • • Nilai 2 (Kerawanan sedang)
iv)	$0.0m < H \leq 0.5m$	(Banjir dibawah lantai)	• • • • Nilai 1 (Kerawanan rendah)
v)	$H = 0.0m$	(Tidak ada kerusakan)	• • • • Nilai 0 (Tidak rawan)

Gambar 4.2.17 menunjukkan kerawanan bencana tsunami terkonsentrasi di daerah dataran rendah dekat pantai. Perkiraan banjir tsunami meluas dari pantai menuju daratan dalam karena luasnya dataran rendah yang menjadi karakteristik geografis Kabupaten Jember.



Sumber: Tim Kajian

Gambar 4.2.17 Peta Rawan Bencana Tsunami

4.2.3 Peta Resiko Bencana di Kabupaten Jember

1) Dasar Pembuatan Peta Resiko Bencana Tsunami

Kerusakan akibat bencana tsunami bervariasi besarnya. Kerusakan utama ditunjukkan sebagai berikut.

Korban manusia seperti kematian/kerusakan rumah akibat aliran air/ kerusakan bangunan publik seperti kerusakan jalan, rel kereta dan jembatan/ kerusakan fasilitas vital seperti kurangnya suplai listrik dan air/kerusakan fasilitas perikanan seperti hanyutnya kapal-kapal ikan/ kerusakan fasilitas industri dan pemasaran seperti rusaknya pabrik-pabrik dekat pantai/kerusakan pertanian akibat aliran air laut dan sedimen ke lahan sawah/ kerusakan hutan/ kebakaran/ perubahan bentuk pantai/kerusakan fasilitas energi, dsb.

Disini, resiko akibat kerawanan bencana harus diestimasi dengan memfokuskan pada kerusakan rumah dan korban manusia sebagai kerusakan utama. Oleh karena itu, resiko diekspresikan sebagai berikut. Tingkat kerusakan berdasarkan kedalaman genangan tidak digunakan karena nilai kedalaman termasuk didalamnya. Namun, tingkat kerusakan berdasarkan jarak dari pantai digunakan dengan anggapan rumah di daratan dalam tidak rusak karena kecepatan banjir berkurang. Rumah rusak seluruhnya dan rusak sebagian dapat ditemukan dalam jarak 1 km dari garis pantai. Selain itu, area dimana rumah rusak dapat ditemukan dalam jarak 3km dari garis pantai merupakan hasil dari kerusakan akibat tsunami di Jawa Timur pada tahun 1994.

Sementara itu, angka kematian akibat tsunami juga hitung, tingkat kematian karena ketinggian tsunami dikalikan dengan populasi yang tinggal disekitar pantai. Disini, korban manusia juga dihitung dengan metode yang sama seperti menghitung kerusakan rumah menurut sudut pandang penghitungan hanya pada tingkat korban manusia.

$$[\text{Resiko Tsunami}] = [\text{Kerawanan Tsunami}] \times [\text{Tingkat Kerusakan}] \times [\text{Kepadatan Penduduk} + \text{Kawasan Terbangun}]$$

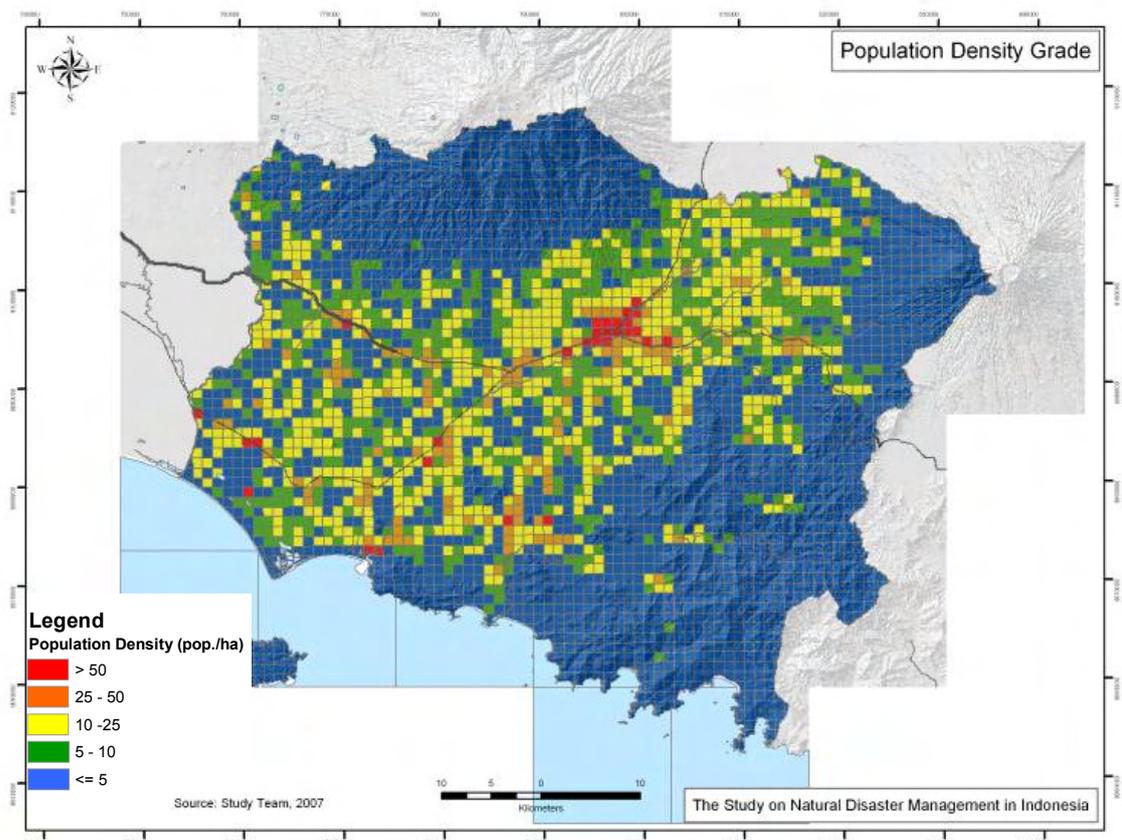
2) Indeks Keterancaman

Menurut “*Living with Risk*” /”Hidup dengan Resiko Bencana” (UN/ISDR, 2004), keterancaman adalah “kondisi yang ditentukan oleh faktor atau proses fisik, ekonomi dan lingkungan yang meningkatkan kerentanan masyarakat terhadap dampak kerawanan. Dan indeks keterancaman yang digunakan untuk membuat peta resiko bencana tsunami adalah kepadatan penduduk (V_1), kawasan terbangun (V_2), jarak dari garis pantai (V_3), yang dihitung dari sumber data yang tersedia.

(1) Kepadatan Penduduk (V_1)

Kepadatan penduduk dihitung berdasarkan populasi di daerah pemukiman. Kepadatan penduduk dibagi menjadi 5 tingkatan dan nilainya sebagai berikut.

- i) 50 (pop./ha) < Nilai 5
- ii) 25~50 (pop./ha) Nilai 4
- iii) 10~25 (pop./ha) Nilai 3
- iv) 5~10 (pop./ha) Nilai 2
- v) ≤ 5 (pop./ha) Nilai 1

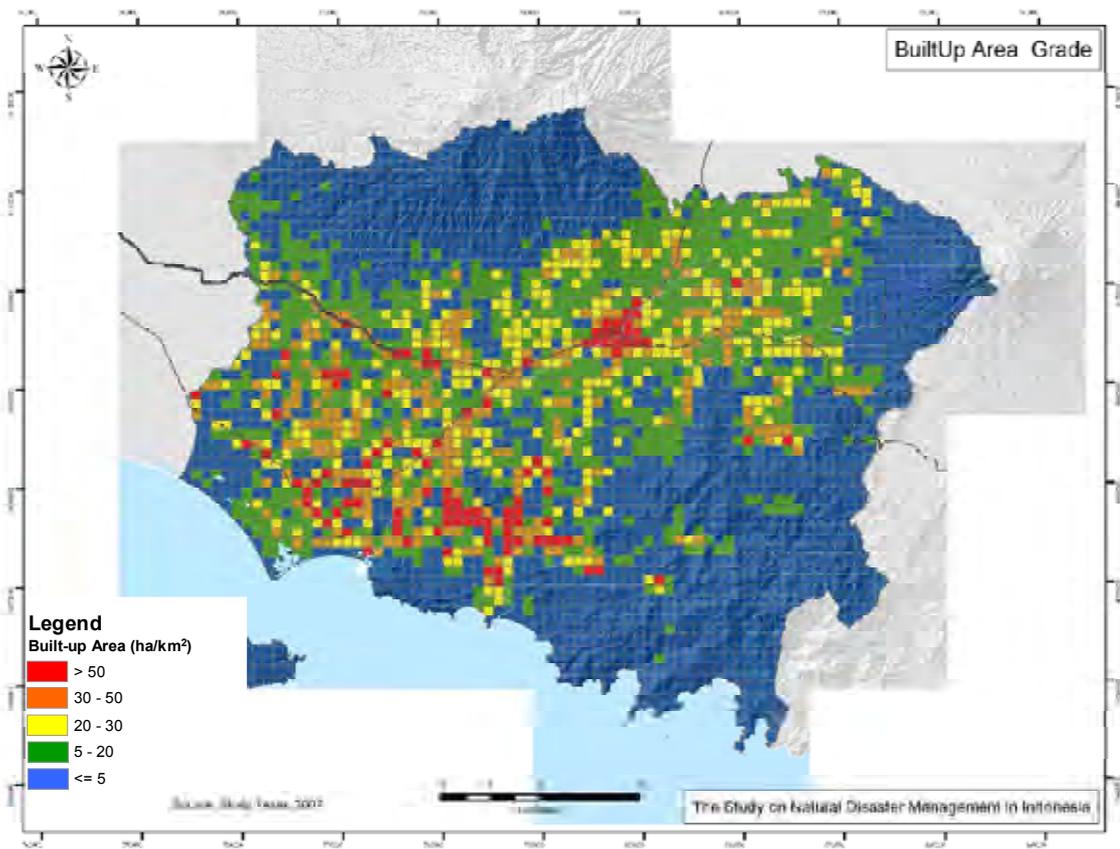


Gambar 4.2.18 Kepadatan Penduduk (V_1)

(2) Kawasan Terbangun (V₂)

Kawasan terbangun dapat dianggap sebagai daerah yang terancam bencana yang dibuat berdasarkan peta penggunaan lahan Kabupaten Jember yang sudah ada (BAKOSURTANAL, 1999). Tingkatannya diklasifikasikan menurut kawasan terbangun per unit (1km²).

- i) 0~5 (ha/km²) Nilai 1
- ii) 5~20 (ha/km²) Nilai 2
- iii) 20~30 (ha/km²) Nilai 3
- iv) 30~50 (ha/km²) Nilai 4
- v) 50 (ha/km²) < Nilai 5

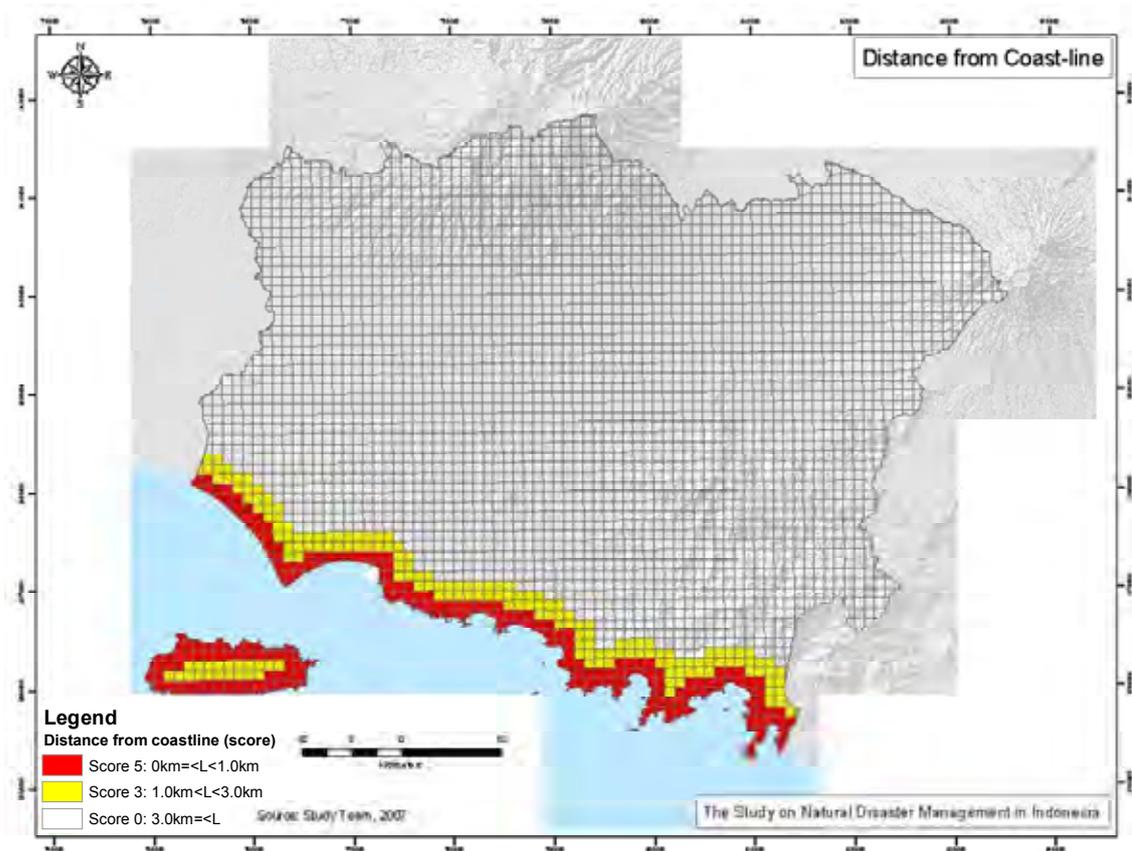


Gambar 4.2.19 Kawasan Terbangun (V₂)

(3) Jarak dari Garis Pantai (V_3)

“Jarak dari garis pantai” dipilih sebagai salah satu indeks keterancaman bencana tsunami. Tingkatan dan nilainya adalah sebagai berikut.

- i) $0\text{km} \leq L < 1.0\text{km}$ (Rusak parah) . . . Nilai 5
- ii) $1.0\text{km} < L < 3.0\text{km}$ (Rusak sebagian) . . . Nilai 3
- iii) $3.0\text{km} \leq L$ (Tidak ada kerusakan) . . . Nilai 0



Gambar 4.2.20 Jarak dari Garis Pantai (V_3)

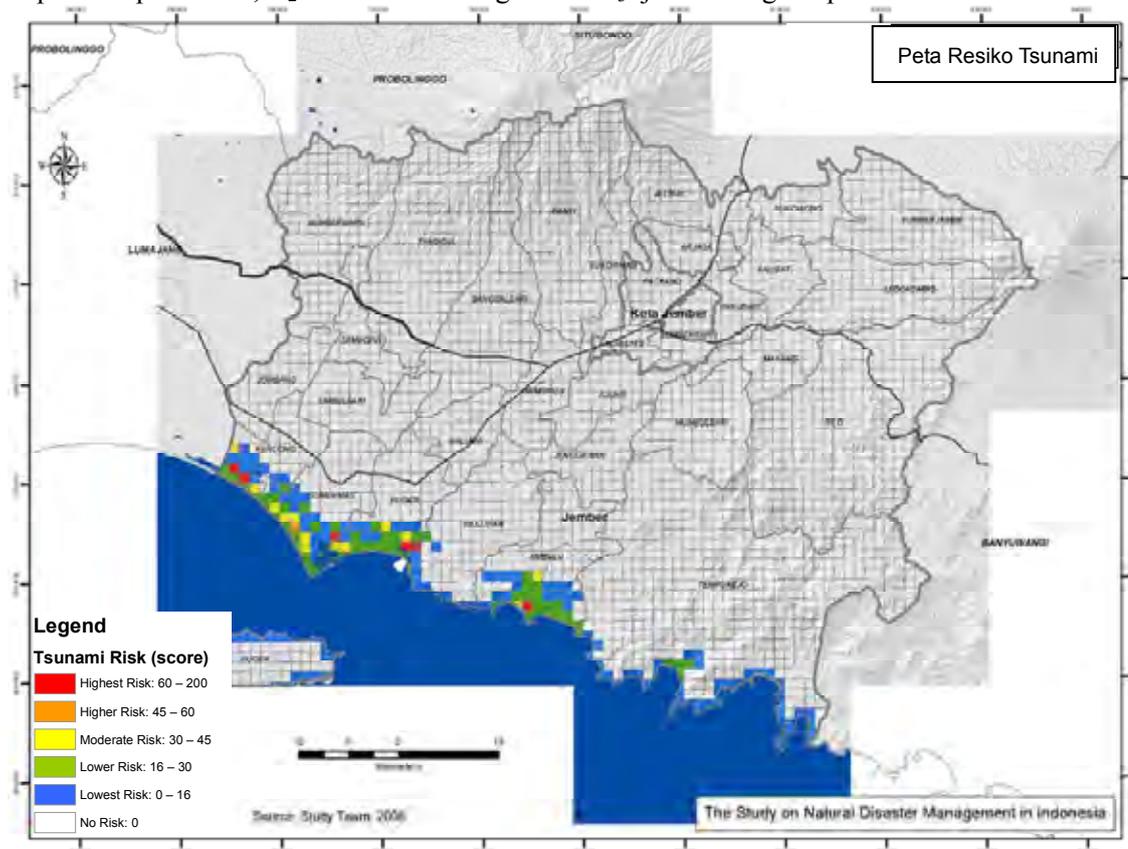
3) Peta Resiko Bencana Tsunami di Kabupaten Jember

Gambar 4.2.21 menunjukkan peta resiko bencana tsunami yang dihitung dengan rumus tersebut di atas. Seperti yang ditunjukkan Gambar 4.2.21, nilai kerawanan tsunami dibagi menjadi 5 tingkatan yang menunjukkan klasifikasi kerawanan. “Merah” berarti kerawanan tertinggi dan “oranye” berarti kerawanan tinggi. Kerawanan sedang ditunjukkan oleh “kuning”, “hijau” berarti kerawanan rendah dan “biru” menunjukkan kerawanan terendah. Gambar 4.2.21 menunjukkan resiko bencana tsunami terkonsentrasi di desa yang terletak di dataran rendah dan muara sungai seperti Puger, Getem, and Watuulo yang berada di pantai barat. Di daerah timur, desa yang rawan terhadap tsunami adalah Bandialit yang terletak di ujung teluk. Desa-desa yang terletak di dataran rendah dekat muara sungai biasanya memiliki pelabuhan ikan atau sandaran untuk kapal ikan. Jadi resiko kerusakan fasilitas perikanan sangatlah tinggi ditambah dengan adanya resiko rumah rusak dan korban jiwa.

Resiko bencana tsunami dihitung dengan menggunakan Rumus 4.2.1.

$$(H_3) \times (V_3) \times (V_1+V_2) \quad \cdot \cdot \cdot \text{Rumus 4.2.1}$$

dimana, H_3 : daerah tergenang dan kedalamannya yang dihitung berdasarkan ketinggian tanah, V_1 : kepadatan penduduk, V_2 : kawasan terbangun dan V_3 : jarak dari garis pantai.



Gambar 4.2.21 Peta Resiko Bencana Tsunami

4.2.4 Penanganan yang Memungkinkan untuk Menghadapi Bencana Tsunami di Kabupaten Jember

1) Kejadian Bencana Tsunami dan Karakteristiknya

Ada beberapa tsunami yang mencapai pantai di Kabupaten Jember beberapa tahun terakhir seperti Tsunami di Jawa Barat pada tahun 2006, yaitu yang terkini. Namun, hanya Tsunami Jawa Barat Tahun 1994 yang menyebabkan korban manusia dan kerusakan properti di pantai Jember.

Poin-poin berikut merupakan karakteristik topografi yang memfokuskan pada kerusakan tempat akibat tsunami Jawa Timur pada tahun 1994 di Kabupaten Jember. Hampir semua daerah dataran rendah di pantai dan kerusakan terpusat di titik lemah geografis yaitu muara sungai dimana ketinggian bukit pasir agak rendah. Selain itu, kerusakan parah terjadi pada topografi teluk yang melengkung dimana tsunami menguat. Di Bandialit yang terletak di ujung teluk tercatat ketinggian tsunami yang pernah terjadi 11.2m dan memakan banyak korban jiwa.

Daerah-daerah yang beresiko terhadap bencana tsunami adalah sebagai berikut.

- Pantai dan dataran rendah (*contoh: Payangan, Getem*)
- Muara dan bagian dimana ketinggian bukit pasir lebih rendah dibandingkan dengan yang berada di pantai lain (*contoh: Payangan, Getem, Bandialit*)
- Dataran rendah sepanjang sungai (*contoh: Mayangan*)
- Garis pantai melengkung dan teluk (*contoh: Bandialit*)

2) Penanganan-Penanganan Menghadapi Bencana Tsunami

Cara dasar menghindari diri dari tsunami adalah pergi dari daerah-daerah yang telah disebut di atas yang memiliki resiko bencana tertinggi. Relokasi ke tempat yang lebih tinggi merupakan cara paling efektif yang telah lama direkomendasikan. Namun, warga setempat seperti nelayan sulit untuk menerima ide tersebut karena memang tsunami tidak sering terjadi. Oleh karena itu, sangat penting untuk mempertimbangkan penanganan menyeluruh termasuk penguatan struktur rumah terhadap gelombang dan evakuasi, dsb guna dapat mengurangi kerawanan bencana tsunami. Penanganan-penanganan yang memungkinkan untuk menghadapi tsunami dan kemampuannya untuk bisa digunakan di Kabupaten Jember dijelaskan sebagai berikut.

(1) Penanganan Struktural

A. Tanggul pantai, pemecah ombak, pintu air tsunami dan tanggul sungai

Sehubungan dengan penanganan struktural, berikut adalah tindakan yang harus dilakukan.

Tanggul pantai, pemecah ombak, tanggul sungai dibangun di muara sungai dan tanggul sungai tersebut berfungsi untuk membatasi genangan ke pantai dan kenaikan air sungai. Namun rencana ini sulit untuk diwujudkan di Kabupaten Jember karena membutuhkan investasi besar dan waktu lama. Jika penanganan struktural dilaksanakan, diusulkan desain jalan di bukit pasir sepanjang pantai dinaikkan sehingga berfungsi sebagai tanggul pantai.

B. Hutan pantai

Terdapat bukit pasir yang besar dan panjang di Kabupaten Jember yang berfungsi sebagai tanggul pantai alami. Sehingga disarankan adanya penanaman pohon di hutan pantai sebagai penanganan menghadapi bencana tsunami dan pasir yang berterbangan. Selain itu, hal tersebut meningkatkan fungsi perlindungan bukit pasir dalam jangka panjang (Lihat Gambar 4.2.22)



Sumber: Foto kiri: Tim Kajian, Foto kanan: Menteri Perikanan dan Kelautan Ministry of Marine Affairs and Fisheries

Gambar 4.2.22 Bukit Pasir di Watuulo (kiri) dan Penghijauan (kanan)

C. Bangunan Tahan Air

Di desa nelayan, sulit untuk mendapatkan persetujuan untuk relokasi ke tempat yang lebih tinggi. Sehingga, perlu sekali adanya penanganan lain seperti meningkatkan ketahanan terhadap gelombang bagi pembangunan rumah baru seperti yang ditunjukkan Gambar 4.2.23.



Sumber: Foto kiri: Tim Kajian, Foto kanan: Menteri Kelautan dan Perikanan

Gambar 4.2.23 Kondisi Desa Payangan saat ini (kiri) dan Rumah Berlantai Tinggi yang Diperkuat untuk Menghadapi Gelombang (kanan)

(2) Perencanaan kota untuk pencegahan bencana tsunami

A. Relokasi

Seperti yang telah dijelaskan di atas, penanganan dasar terhadap tsunami adalah pergi ke tempat yang tidak bisa dijangkau oleh tsunami. Metode yang paling efektif adalah memindahkan warga ke tempat yang aman dari tsunami. Bila relokasi sulit dilakukan maka lantai dasar tanah rumah sebaiknya dinaikkan. Sebenarnya, di Kabupaten Jember, Desa Bandialit yang diterjang tsunami pada tahun 1994 telah direkonstruksi sampai ke daratan dalam sejauh 200m. Secara umum, tidaklah mudah mendapatkan kesepakatan dari warga karena alasan ekonomi dan kenyamanan untuk pindah ke tempat yang lebih tinggi. Malahan, mereka mungkin akan kembali ke tempat asalnya setelah waktu berlalu karena alasan tersebut di atas. Sehingga perlu adanya pembangunan fasilitas publik seperti balai kota, kantor polisi, kantor pemadam kebakaran dan fasilitas untuk masyarakat lemah fisik seperti rumah sakit dan sekolah di tempat yang tinggi yang aman dari jangkauan tsunami.

B. Peraturan tentang penggunaan lahan

Tindakan pengaturan yang efektif berperan dalam penyelenggaraan rekonstruksi bangunan tua menjadi bangunan tahan air selain adanya pembatasan aktifitas dan pembangunan di daerah rawan bencana tsunami melalui peraturan tentang penggunaan lahan.

(3) Peta Rawan Bencana Tsunami

Peta rawan bencana merupakan alat yang sangat berguna untuk menyajikan informasi evakuasi dan pendidikan tentang bencana tsunami kepada warga. Selain itu, peta tersebut bisa digunakan untuk mempelajari tempat pengungsian dan pembangunan fasilitas pencegahan bencana. Peta rawan bencana tsunami sering dibuat berdasarkan catatan kejadian banjir tsunami dan hasil simulasi numerik tsunami sebagai pelengkap. Dalam kajian ini, peta dibuat berdasarkan catatan banjir akibat tsunami Jawa Timur tahun 1994. Meskipun tsunami ini yang terbesar yang terjadi di pantai Kabupaten Jember, namun jumlah catatan yang tersedia tidak cukup untuk mengatakan bahwa tsunami yang lebih besar tidak akan terjadi. Sehingga ada kemungkinan daerah tergenang akan lebih besar dari daerah yang ditunjukkan pada peta dan sangat penting untuk membuat peta daerah rawan yang tepat yang menghindarkan warga dari memiliki gambaran pasti tentang daerah resiko bencana tsunami.

(4) Pemeliharaan tempat dan rute evakuasi

Evakuasi ketika tsunami datang perlu untuk dilakukan dan sangat penting untuk tidak menghindar dari tsunami secara horizontal melainkan harus naik ke tempat yang lebih tinggi dari tsunami. Yang perlu dihargai dari adanya rumusan peta rawan bencana tsunami yaitu adanya informasi tentang kemungkinan banjir yang masuk ke daratan dalam ketika tsunami yang meluapi bukit pasir di pantai karena area di belakang bukit merupakan dataran rendah. Oleh karena itu, penting untuk menentukan tempat pengungsian dengan ketinggian dan luas yang cukup serta menentukan rute pengungsian di dataran rendah dekat pantai yang menuju ke tempat yang lebih tinggi. Selain itu, warga lebih memilih menentukan tempat dan rute pengungsian mereka sendiri daripada yang telah ditentukan oleh pemerintah. Contoh penentuan rute pengungsian di Bandialit ditunjukkan oleh Gambar 4.2.24.

Ada daerah dataran rendah di belakang pantai Kabupaten Jember dan mungkin daerah tersebut tidak memiliki tempat tinggi yang bisa digunakan sebagai perlindungan. Pada kasus tersebut, perlu untuk dilakukan pembangunan tempat perlindungan, dsb dengan kekuatan dan tinggi yang cukup untuk menghadapi tsunami



Sumber: Tim Kajian

Gambar 4.2.24 Rute Pengungsian di Bandialit

(5) Pelatihan Tsunami

Pada tsunami Jawa Timur tahun 1994, waktu datangnya tsunami ke daratan pantai di Kabupaten Jember sekitar 30 menit. Karena waktu yang tersedia tidak cukup untuk melakukan persiapan pengungsian maka perlu diadakannya pelatihan tsunami yang berguna mengungsikan warga yang tinggal di dekat pantai ke tempat yang lebih tinggi dengan cepat tanpa adanya kebingungan. Di Kabupaten Jember, pelatihan tsunami telah dilaksanakan namun penting untuk meningkatkan rencana evakuasi selain menggunakan rencana pencegahan bencana daerah dan peta rawan bencana tsunami serta peta resiko bencana tsunami yang dirumuskan dalam kajian ini di waktu mendatang.

(6) Pendidikan

Tsunami Jawa Timur pada tahun 1994 telah berlalu lebih dari 10 tahun. Ada kekhawatiran warga akan lupa tentang kerawanan tsunami. Oleh karena itu, perlu adanya usaha memelihara kesempatan pendidikan tentang bencana tsunami dan mewariskan pelajaran penting tentang bencana tsunami yang telah terjadi ke generasi selanjutnya.

4.2.5 Aktifitas Pengembangan Kemampuan

Upaya perumusan peta daerah rawan berguna untuk mengembangkan kemampuan para *Counterpart* (C/P) dan pegawai dinas/lembaga yang berkaitan dengan pencegahan bencana. Oleh karena itu, pada dasarnya peta rawan bencana dirumuskan bersama dengan C/P dan teknologi yang dibutuhkan ditransfer kepada para C/P tersebut. Aktifitas pengembangan kemampuan adalah sebagai berikut.

- Survei lapangan bersama (*Joint field survei*)
- Workshop

Aktivitas pengembangan kemampuan di Kabupaten Jember ditunjukkan dalam situasi pelaksanaan perpaduan antara survei lokal dan workshop yang diperinci dalam Tabel 4.2.8.

Tabel 4.2.8 Survei Lapangan Bersama and Workshop

Tanggal	Waktu	Lokasi	Partisipan (CP)	Partisipan (Tim Kajian)	Agenda
26 Juni 2007	10:00-16:00	Desa Sumberejo (Payangan)	Pegawai PU	Nagasawa, Watanabe	• Survei Bersama dengan C/P
27 Juni 2007	10:00-16:00	Desa Andongerejo (Bandi alit)	Pegawai PU	Nagasawa, Watanabe	• Survei Bersama C/P
9 Juli 2007	10:00-16:00	Desa Mayangan Desa Majomulyo (Getem)	Pegawai PU Pegawai and staf Kantor Kecamatan Gumukmas	Nagasawa	• Survei Bersama dengan C/P
18 Juli 2007	10:00-12:00	Kantor Kajian JICA di Kab. Jember	Pegawai PU Pegawai dan staf Kantor Kecamatan Gumukmas	Tsukamoto, Nagasawa, Watanabe	• Workshop tentang Peta Rawan Bencana Tsunami

4.3 Karakteristik Bencana Tsunami dan Penanganannya di Kabupaten Padang Pariaman

4.3.1 Karakteristik Bencana Tsunami dan Penanganannya di Kabupaten Padang Pariaman

1) Bencana tsunami yang pernah terjadi

(1) Bencana Tsunami yang pernah terjadi di Pulau Sumatra

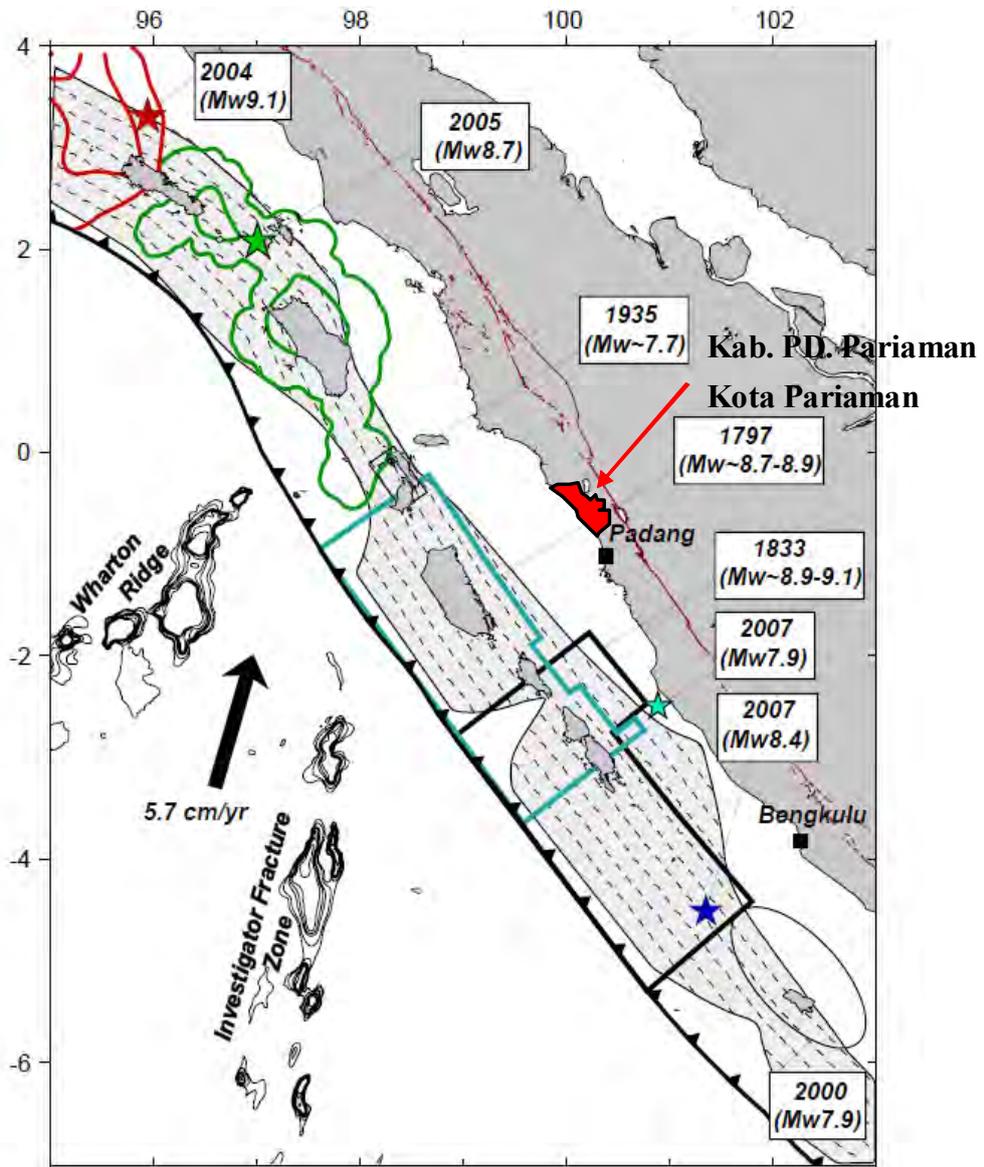
Daftar bencana gempa dahsyat dan tsunami yang pernah terjadi bermula di Selat Sunda di pantai barat Sumatra yang nampaknya juga melanda pantai di Kabupaten Padang Pariaman dan Kota Pariaman yang ditunjukkan pada Tabel 4.3.1, sedangkan lokasi pusat tsunami ditunjukkan pada Gambar 4.3.1.

Tsunami paling parah yang melanda pantai Kabupaten Padang Pariaman dan Kota Pariaman adalah tsunami yang terjadi pada tahun 1797 dan 1833 yang berpusat di lepas pantai Kabupaten Padang Pariaman dan Kota Pariaman. Meskipun tidak dilaporkan adanya kerusakan di Kabupaten Padang Pariaman dan Kota Pariaman, namun Kota Padang mengalami kerusakan. Laporan kerusakan tersebut berguna bagi pertimbangan tentang bencana tsunami yang bisa terjadi di Kabupaten Padang Pariaman dan Kota Pariaman di waktu mendatang.

Tabel 4.3.1 Kajian Bencana Tsunami di Pulau Sumatra

No.	Tahun	Epicenter	Tinggi Max Air Naik (m)	Korban (Meninggal/terluka)	Area
1	1797	-	>5	NA	Lepas pantai Padang, Sumatra
2	1833	-	3-4	NA	Lepas pantai Padang, Sumatr
3	1843	-	2	NA	Barat daya Sumatra
4	1861	-	7	1105	Pulau Nias, Barat laut Sumatra
5	1907	-	2	400	Barat laut Sumatra
6	1935	-	-	NA	Pulau Batu, barat laut Sumatra
7	2004	3,298 LU; 95,6 BT	34.5	>300.000	NAD, barat laut Sumatra
8	2005	2,065 LU; 97,01 BT	3.5	NA	Pulau Nias, Barat Laut Sumatra
9	2005	2,065 LU; 97,01BT	3.5	NA	Lepas pantai Bengkulu, Sumatra

Sumber: S.Diposaptono, Database Tsunami NOAA, Solov'iev dan Go (1975) Tsunami Catalogue:



Sumber: Natawidjaja dkk. (2006), *Comparison of interseismic coupling along the megathrust with the rupture areas of the great 1799, 1833, 2005 and 2007*

Gambar 4.3.1 Lokasi Pusat Tsunami yang Pernah Terjadi

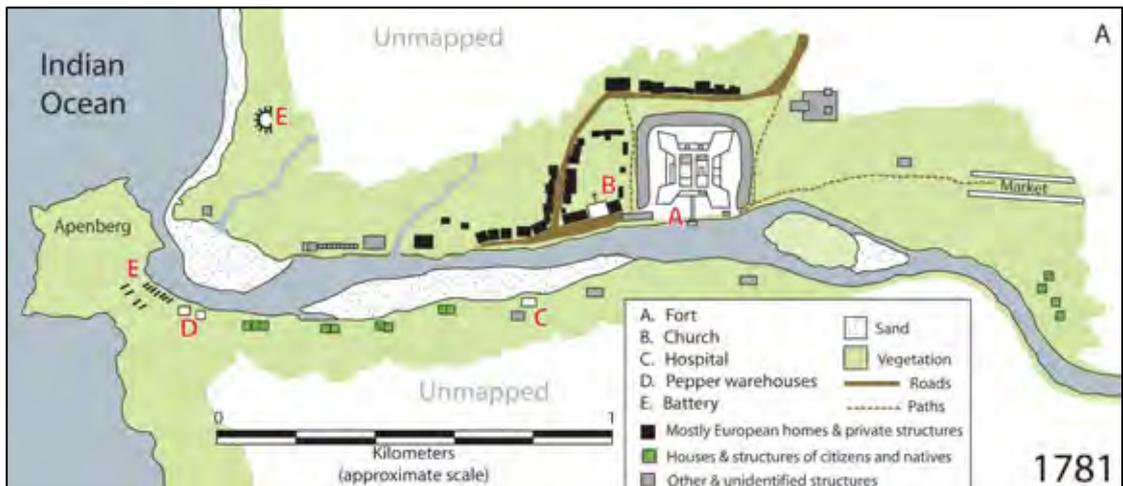
A. Gempa Bumi dan Tsunami Tahun 1797 (10 Februari 1797)

Gempa bumi dahsyat dengan magnitudo $M_w=8.7-8.9$ terjadi di lepas pantai barat Pulau Sumatra pada pukul 22.00 WIB pada tanggal 10 Februari 1797. Gempa bumi tersebut memicu terjadinya tsunami besar yang menghantam pantai barat Sumatra dan menyebabkan kerusakan parah di Padang. Meskipun seluruh kota dibanjiri dan beberapa rumah hanyut, hanya 2 orang yang dilaporkan meninggal di Air Manis, karena orang-orang memanjat pohon untuk menghindari tsunami. Ada sekitar tiga atau empat kali air surut dan pasang di sungai dan ada satu laporan yang mengindikasikan air pasang naik hingga sepertiga tinggi Apenberg (Lihat Gambar 4.3.2), semenanjung setinggi 104m yang menonjol keluar dari pinggir sungai bagian selatan (sekitar 34m). Semua kapal terdampar di daratan. Sebuah kapal layar Inggris yang diikatkan ke sebuah pohon dekat mulut pelabuhan terdorong naik hingga 0,75 mil (hingga ke belakang pohon burung) dan menghancurkan 3 rumah ketika sedang transit. Air pasang mendorong beberapa perahu kecil naik dari sungai hingga ke bagian belakang pasar, sekitar 1,8 km dari muara sungai. Semua rumah di pinggir sungai dilaporkan terendam.

Gambaran ini hanya terbatas pada area di sekitar sungai, karena saat itu pelabuhan Padang dan rumah-rumah terletak di dekat sungai. Dari laporan tersebut di atas, ketinggian air naik tsunami diperkirakan setidaknya 5m dan kedalaman genangan sekitar 5-10m (Natawidjaja dkk., 2006).

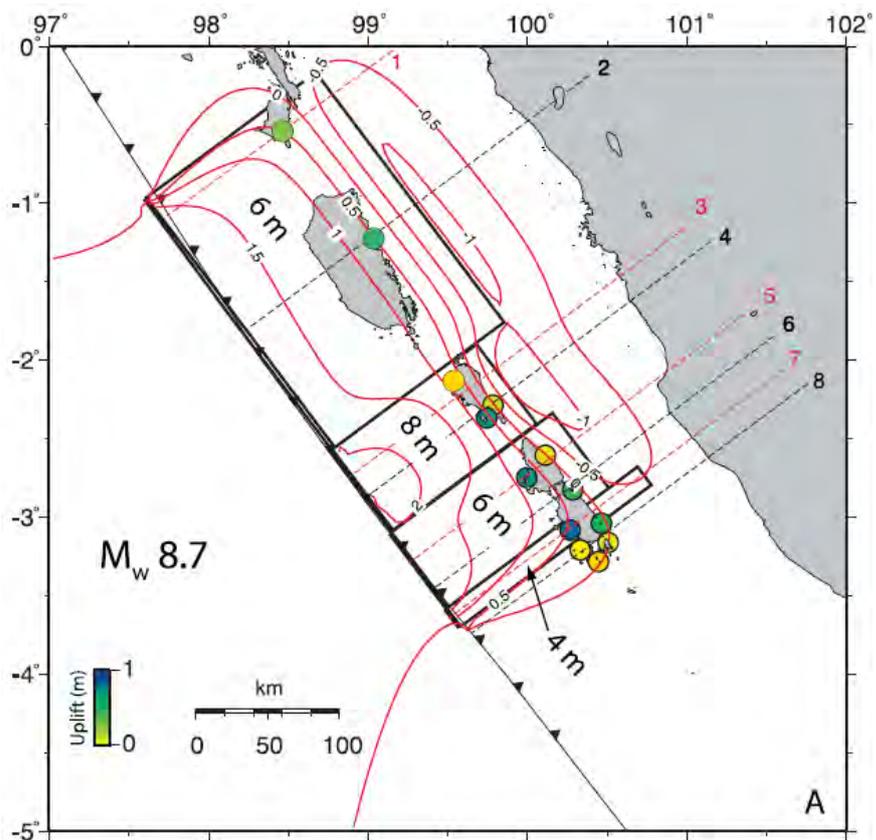
Meskipun laporan tersebut menggambarkan tsunami mencapai pantai Kabupaten Padang Pariaman dan Kota Pariaman, namun tidak ada keterangan tentang tinggi tsunami dan kerusakan di Kabupaten Padang Pariaman dan Kota Pariaman.

Model perkiraan patahan menurut hasil investigasi terhadap terumbu karang ditunjukkan pada Gambar 4.3.3



Sumber: Natawidjaja dkk. (2006), *Source parameters of the great Sumatran megathrust earthquakes of 1797 dan 1833 inferred from coral microatolls*, *Journal of Geophysical research*, vol.111, B06403, doi:10.1029/2005JB004025,2006

Gambar 4.3.2 **Peta Lokasi Kota Padang Pada Tahun 1781**



Sumber: Natawidjaja dkk. (2006), *Source parameters of the great Sumatran megathrust earthquakes of 1797 dan 1833 inferred from coral microatolls*, *Journal of Geophysical research*, vol.111, B06403, doi:10.1029/2005JB004025,2006

Gambar 4.3.3 **Model Depan Gabungan untuk Patahan di Bawah Pulau Mentawai Tahun 1797**

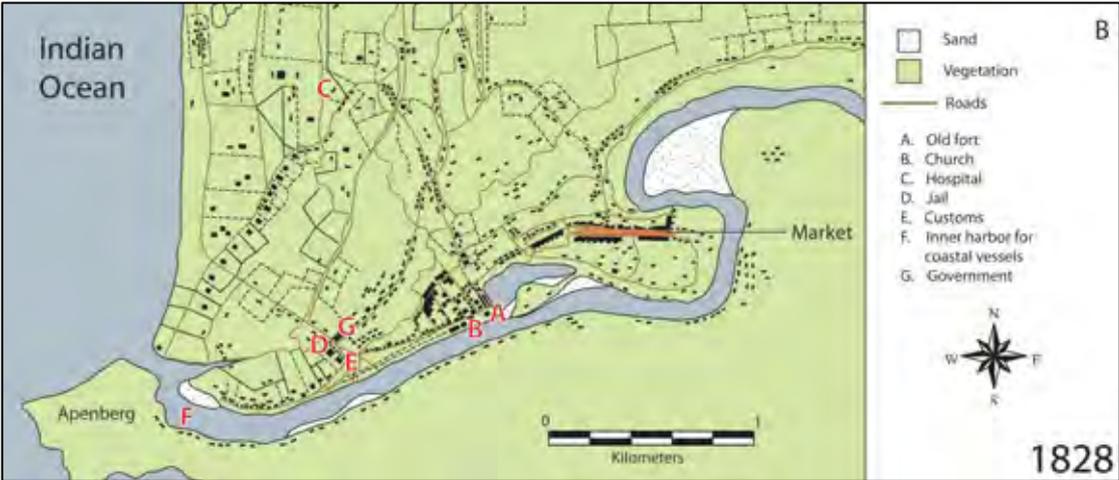
B. Gempa Bumi dan Tsunami Tahun 1833 (24 November 1833)

Gempa bumi dahsyat dengan magnitudo $M_w = 8.9-9.1$ terjadi di pantai barat Pulau Sumatra pada pukul 20.00 WIB 24 November 1977. Guncangan tanah hebat terjadi di sepanjang pantai dari Bengkulu sampai Pariaman yang berlangsung hingga 5 menit di Bengkulu dan 3 menit di Padang. Di Pariaman, guncangan sangat kuat dan tak seorangpun dapat berdiri. Menurut laporan, Padang dan Bengkulu mengalami kerusakan besar akibat tsunami ini, namun lebih besar di Bengkulu dimana semua bangunan rusak dan benteng serta menara roboh. Di Padang, rumah-rumah kayu baik-baik saja namun bangunan batu hilang tembok dan atapnya.

Tsunami yang disebabkan oleh gempa bumi ini mencapai Bengkulu, Pulau Cinco, Indrapura, Padang dan Pariaman dan air laut di pantai naik 3-4m. Tsunami ini menyebabkan 1 korban jiwa di Padang dan menghanyutkan kapal-kapal. Peta (Gambar 4.3.4) menunjukkan pemukiman jarang sepanjang pantai sedangkan pusat kotanya masih sekitar satu kilometer atau lebih di daratan dalam di pinggir utara sungai. Di Pariaman, tsunami diawali dengan surutnya air laut. Air pasang melepaskan semua kapal dari jangkarnya. Di Pulau Cinco (100 km sebelah tenggara Padang, dekat daratan pantai), air laut menerjang masuk daratan dan menghanyutkan beberapa rumah dan manusia. Di Indrapura, “gelombang besar” menggulung desa yang lebih rendah dan satu desa benar-benar terendam. Seorang wanita dan anaknya hanyut namun banyak orang selamat karena memanjat pohon dan menunggu hingga pagi hari. Di Seychelles, 5000 km sebelah barat Sumatra di Lautan Hindia pernah terjadi peristiwa tsunami di tahun 1833 dan kemudian terjadi kembali peristiwa serupa di Aceh-Danaman tahun 2004.

Lamanya waktu gempa dan hebatnya guncangan pasti bersumber dari pusat patahan yang sangat lebar. Kerusakan akibat tsunami terlihat lebih besar di Indrapura dan Bengkulu dibanding di Padang. Perahu-perahu lepas dari sandarannya di Pariaman dan Padang, tapi gambaran yang ada mengimplikasikan (tapi tidak diungkapkan dengan jelas) bahwa air sungai tidak pasang seperti pada tahun 1979. Namun demikian, air pasang naik 3-4 m di pantai Padang yang termasuk cukup tinggi untuk membanjiri setidaknya beberapa ratus meter ke daratdalam, karena gempa terjadi selama musim gelombang pasang dan ketinggian dibawah 5m hingga 1 km daratan. Hal tersebut mungkin tidak akan membanjiri banyak bangunan karena jarang pemukiman dekat pantai seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3.4

Gambar 4.3.5 menunjukkan situasi tsunami tahun 1833, dan perkiraan *model* patahan melalui investigasi terumbu karang ditunjukkan pada Gambar 4.3.6



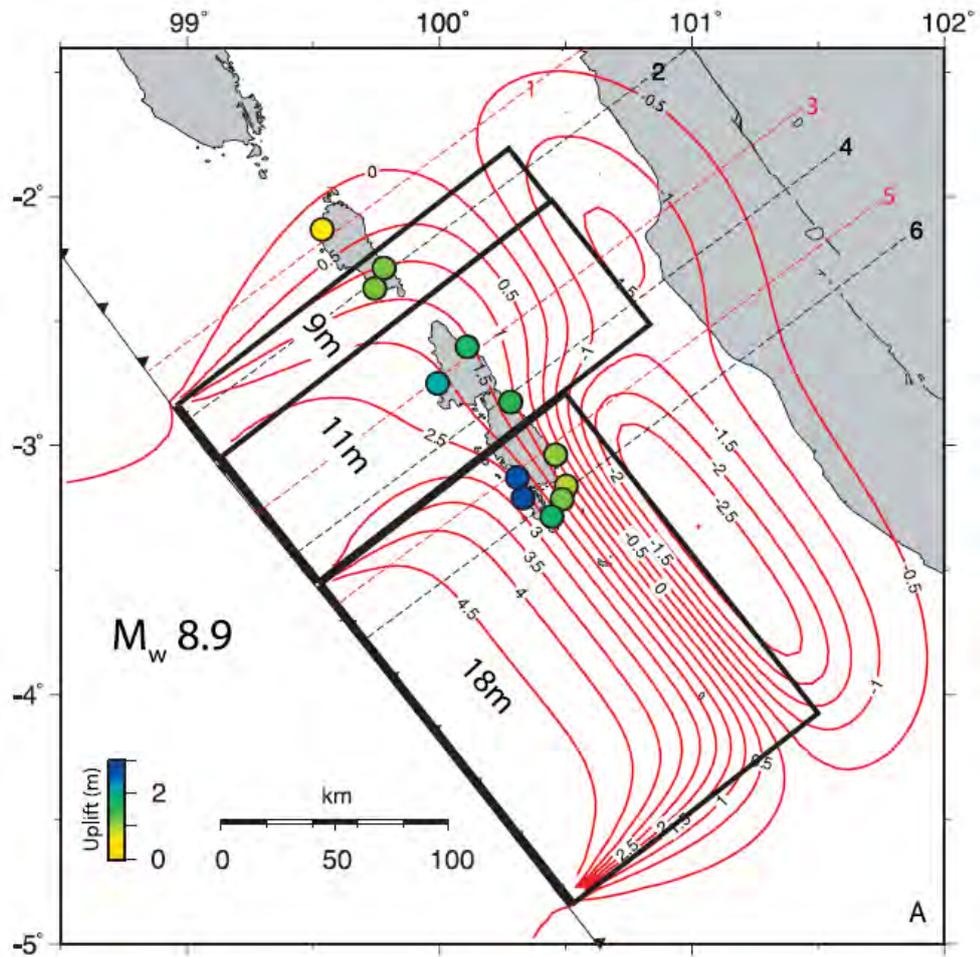
Sumber: Natawidjaja dkk. (2006), *Source parameters of the great Sumatran megathrust earthquakes of 1797 dan 1833 inferred from coral microatolls*, *Journal of Geophysical research*, vol.111, B06403, doi:10.1029/2005JB004025,2006

Gambar 4.3.4 Peta Lokasi Kota Padang Tahun 1781



Sumber : Engraving of the 1833 Tsunami (by Edward Riou, 1833-1900; *National Information Service for Earthquake Engineering, University of California, Berkeley*).

Gambar 4.3.5 Ukiran Tsunami 1833



Sumber: Natawidjaja dkk.. (2006), *Source parameters of the great Sumatran megathrust earthquakes of 1797 dan 1833 inferred from coral microatolls*, *Journal of Geophysical research*, vol.111, B06403, doi:10.1029/2005JB004025

Gambar 4.3.6 Model Depan Gabungan untuk Patahan Tahun 1833 di Bawah Pulau Mentawai

C. Tsunami di Samudra Hindia Tahun 2004 (25 Desember 2004)

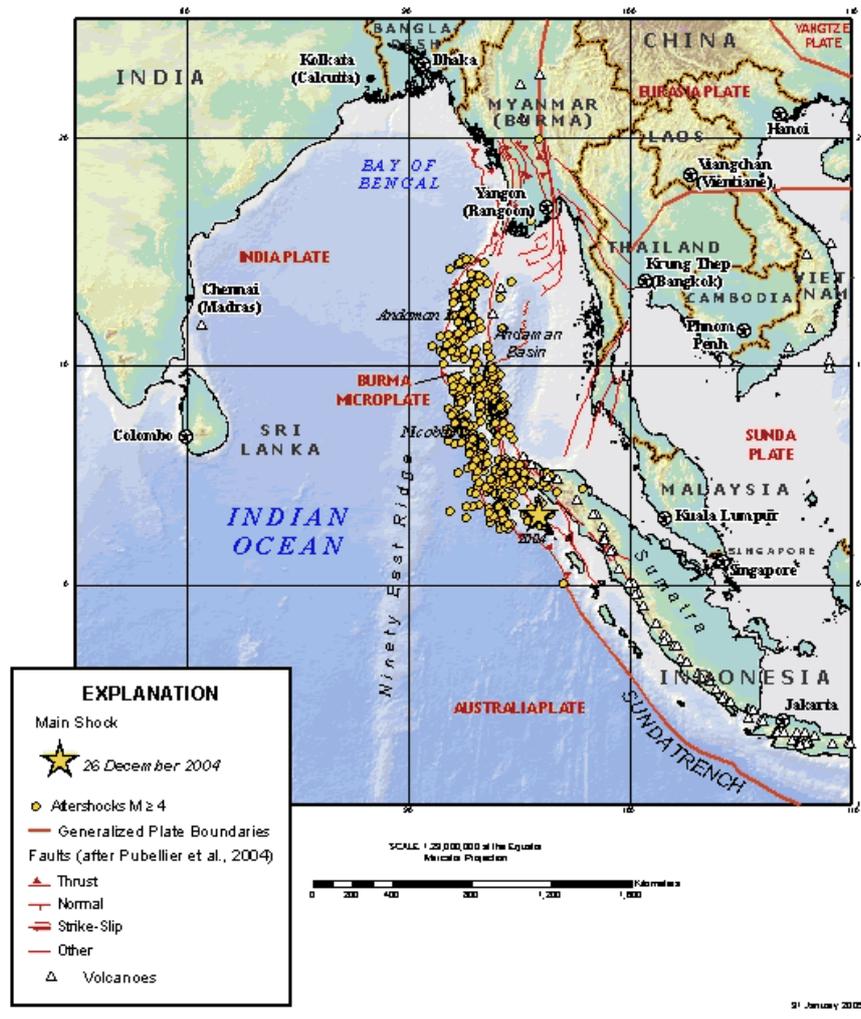
Gempa bumi dahsyat dengan magnitudo $M_w = 9.1$ terjadi di lepas pantai utara Pulau Sumatra pada pukul 07.00 WIB pada 25 Desember 2004. Tsunami utama disebabkan oleh gempa bumi di lepas pantai Sumatra yang menjalar ke Laut Andaman dan Samudra Hindia yang menghantam daerah pesisir di Thailand, Malaysia, Sumatra (Indonesia), India, Sri Lanka, Maldives dan pantai timur negara-negara di benua Afrika. Jumlah kematian akibat tsunami ini mencapai 300.000 jiwa di seluruh dunia. Tsunami ini disebut Tsunami Samudra Hindia 2004.

Menurut USGS (*United States Geological Survey*), deskripsi tentang Gempa Bumi di Lepas Pantai Pulau Sumatra adalah sebagai berikut.

- Tanggal terjadinya: 26 Desember 2004, pukul 00:58:49 (UTC), 07:58:49 WIB
- Epicenter: Lepas Pantai Barat dan Utara Sumatra (3.244°U , 95.825°T)
- Kedalaman Epicenter: 10 km
- Magnitudo gempa bumi: 9.1 (M_w^1)

Lokasi epicenter area guncangan utama dan susulan ($M \geq 4$) disajikan dalam Gambar 4.3.7.

¹ Moment Magnitude (M_w) merupakan magnitudo gempa yang didefinisikan oleh logaritma umum energi pergerakan retakan yang disertai dengan gempa bumi.

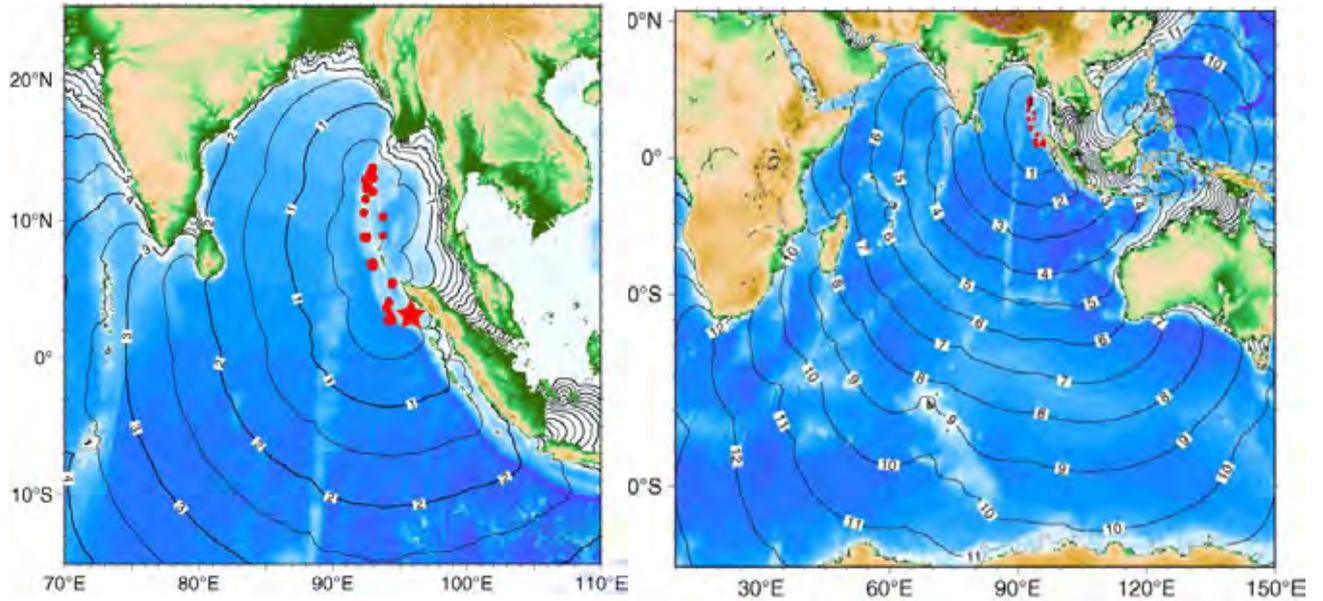


Sumber: USGS Earthquake Hazards Program; U. S. Geological Survey

Gambar 4.3.7 Epicenter Gempa Bumi di Lepas Pantai Sumatra dan Area Guncangan Susulan

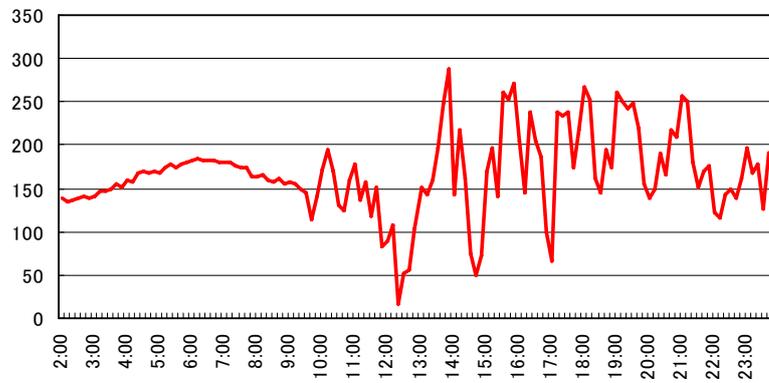
D. Penyebab dan Perambatan Tsunami Tsunami

Tsunami Samudra Hindia tahun 2004 terjadi di perbatasan lempeng Indo-Australia yang bertumbukan di bawah lempeng Eurasia. Gambar 4.3.8 menunjukkan perambatan Tsunami Samudra Hindia melalui simulasi *model* numerik (setelah Satake, 2005). Menurut gambar ini, tsunami diperkirakan mencapai pantai di Kabupaten Padang Pariaman dan Kota Pariaman dalam waktu 2-3 jam setelah gempa. Catatan alat pengukur gelombang di Sibolga yang terletak di bagian utara Kabupaten Padang Pariaman dan Kota Pariaman ditunjukkan pada Gambar 4.3.9. Gambar ini menunjukkan bahwa tsunami setinggi 1,25m mencapai Sibolga dalam 2 jam 36 menit setelah gempa. Gambar tersebut memberi kesan bahwa tsunami yang sama mencapai pantai di Kabupaten Padang Pariaman dan Pariaman. Namun, tidak dilaporkan adanya kerusakan akibat Tsunami Samudra Hindia tahun 2004.



Sumber: After SATAKE Kenji; Pusat Penelitian Patahan Aktif, *National Institute of Advanced Industrial Science dan Technology, Japan* (Sumber: Research Group pada 26 Desember 2004, Bencana Tsunami Gempa bumi di Samudra Hindia; www-drs.dpri.kyoto-u.ac.jp/sumatra/)

Gambar 4.3.8 Diagram Perambatan Tsunami Samudra Hindia Tahun 2004 (dalam jam)



Sumber: University of Hawaii Sea Level Center

Gambar 4.3.9 Catatan Alat Pengukur Tinggi Gelombang dari Sibolga

E. Gempa Bumi dan Tsunami di Bengkulu Tahun 2007 (12-13 September 2007)

Tsunami yang disebabkan oleh gempa bumi dengan magnitudo $M=8.2$ terjadi di lepas pantai Banglahulu pada 12 september, dimana celah seismik muncul setelah gempa bumi Sumatra di Samudra Hindia tahun 2004, dan menerjang daerah pesisir barat Sumatra, yang menelan korban jiwa hampir sebanyak 25 orang dan menyebabkan kerusakan hebat di daerah tersebut. Beberapa gempa susulan juga terjadi termasuk gempa bumi dengan magnitudo $M7.9$ pada 13 September yang juga menyebabkan tsunami. Gelombang tsunami tersebut datang secara berentetan yang disebabkan oleh gangguan impulsif permukaan air akibat pergerakan patahan dari lepas pantai barat daya Sumatra dimana lempeng Indian-Australia bertumbukan di bawah Lempeng Eurasia dan beberapa gempa dengan magnitudo $M=8-8.5$ terjadi menyusul tsunami yang telah terjadi (Aydan dkk., 2007).

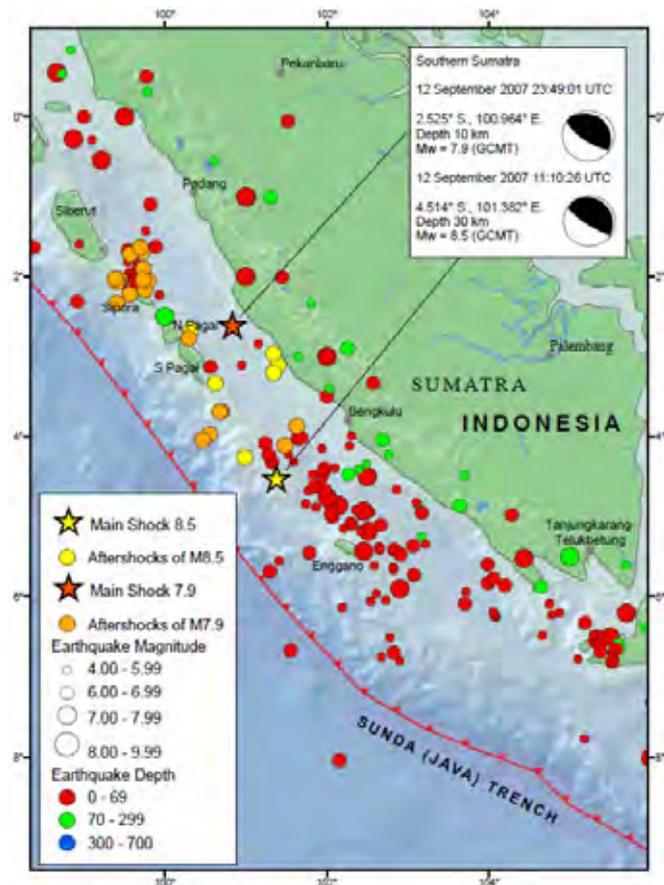
Gambar 4.3.10 menunjukkan gempa utama dan susulan pada September 2007. Dan Gambar 4.3.11 menunjukkan catatan gelombang untuk mengukur perubahan tinggi permukaan laut dimana tsunami terjadi di Kota Padang yang stasiunnya diperbaharui dengan transmisi data waktu sesungguhnya. Tsunami tersebut disebabkan oleh tidak hanya guncangan utama tapi juga guncangan susulan dengan magnitudo $M=7.9$ pada 13 September. Dari gambar tersebut, tsunami mencapai 1 jam setelah gempa dan air laut mulai menyusut.

Ketinggian tsunami yang berhasil disurvei oleh ITST (*International tsunami Survey Team*/Tim Survei Tsunami Internasional) ditunjukkan pada Gambar 4.3.12. Ketinggian tsunami di pelabuhan Padang yang terletak di bagian selatan Kabupaten Padang Pariaman dan Kota Pariaman sekitar 2m dan genangan air terjadi. Meskipun fakta menunjukkan tsunami setinggi 1-2m mencapai Kabupaten Padang Pariaman dan Kota Pariaman, tidak dilaporkan adanya kerusakan akibat tsunami.

Gambaran dan kerusakan tsunami ini disajikan pada Tabel 4.3.2. Korban jiwa tidak disebabkan oleh tsunami melainkan gempa bumi. Menurut hasil *interview* sehubungan dengan gempa dan tsunami, evakuasi diputuskan dengan cepat dan lancar. Pelajaran yang didapat dari bencana Tsunami Samudra Hindia Tahun 2004 dan sistem informasi sangat berguna untuk menentukan tindakan.

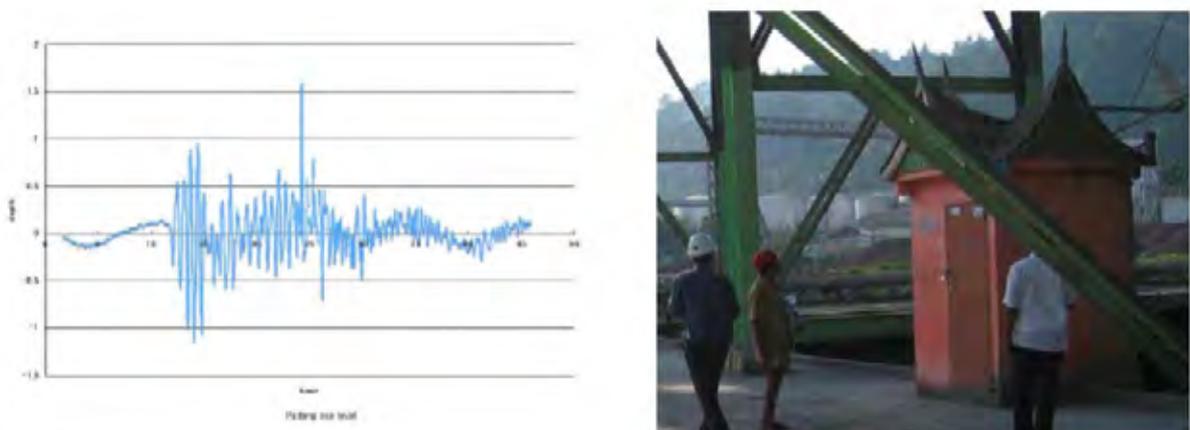
Kerusakan akibat tsunami dapat dinilai kecil kecuali pada area tertentu seperti Serangai yang terletak di depan pusat tsunami. Observasi lapangan pada tsunami terdahulu menunjukkan bahwa mangrove juga mencegah manusia hanyut ke laut, sebagai penyebab utama kematian. Selain itu, mangrove memerangkap kayu-kayuan sehingga mencegah kerusakan dan korban luka. Deretan pepohonan, bukit pasir di pantai dan terumbu karang yang utuh juga berperan sama. Pada kejadian ini, di Serangai terdapat deretan pohon mangrove di sepanjang pantai yang dapat menghentikan kayu-kayuan yang terapung yang diseret oleh tsunami dari pantai. Tetapi,

perumahan dibalik deretan pohon tersebut tidak dapat diselamatkan dan rusak seluruhnya. Hal tersebut mengesankan terbatasnya deretan pohon yang dapat mengurangi kekuatan dampak tsunami (Aydan dkk., 2007).



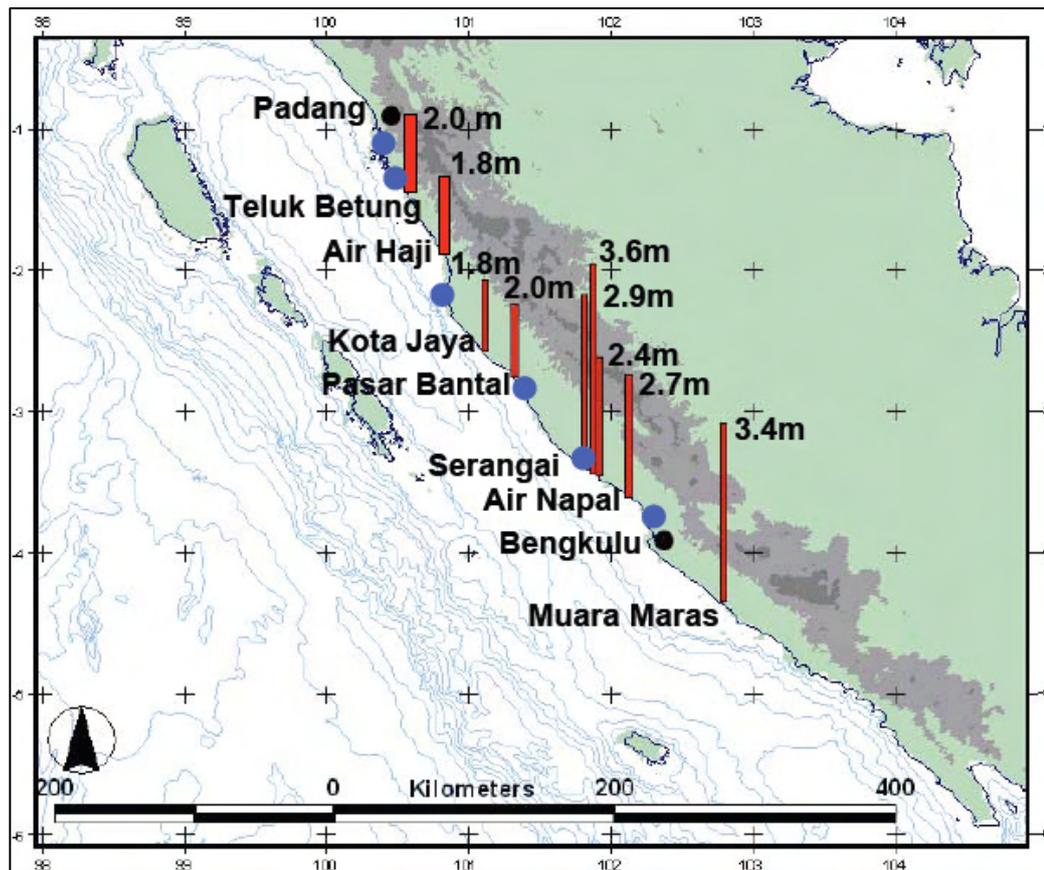
Sumber: USGS (2007)

Gambar 4.3.10 Gempa Utama dan Susulan pada September 2007



Sumber: Aydan dkk., Gempa bumi Bengkulu, Indonesia, 12 September 2007

Gambar 4.3.11 Catatan Gelombang pada 12 September



Sumber: Aydan dkk..., Bengkulu Earthquake, Indonesia, September 12, 2007

Gambar 4.3.12 Ketinggian Tsunami pada Peristiwa Tsunami Bengkulu Tahun 2007

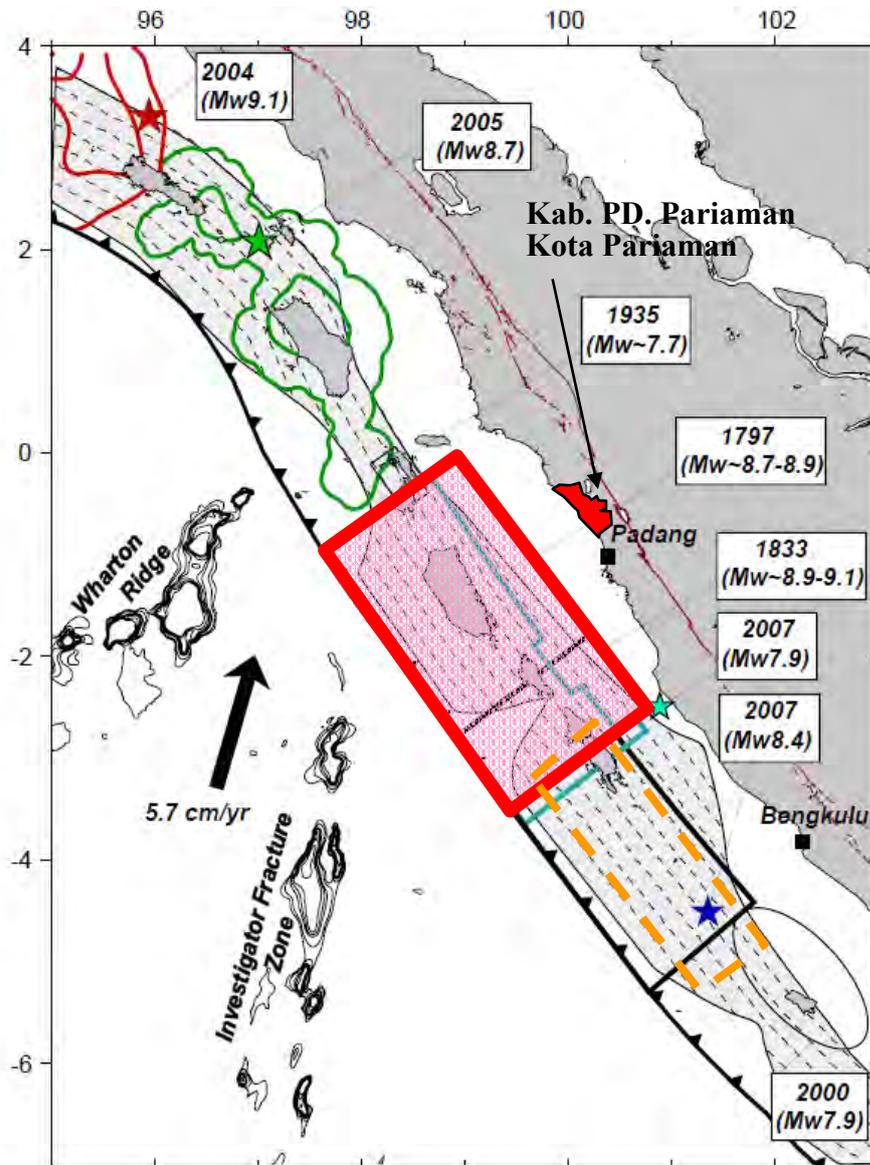
Tabel 4.3.2 Kerusakan di Sumatra Selatan pada 2007

Poin	Gempa Bumi dan Tsunami di Sumatra Selatan Tahun 2007
Magnitudo gempa bumi dan skala Intensitas Max.Mercari yang dimodifikasi	M8.4, MMI=7-8
Ketinggian Tsunami	2-4m
Korban jiwa	21 Tidak ada korban akibat tsunami
Hilang	0
Luka parah	18
Rumah rusak parah	>13,000

(2) Tsunami *Target* di Kabupaten Padang Pariaman

Beberapa tahun terakhir, tsunami hebat menyebabkan kerusakan parah di daerah pantai Sumatra yaitu pada tahun 2004, 2005, dan 2007. Gelombang tsunami tersebut mencapai pantai Kabupaten Padang Pariaman tapi tidak merusak apapun dan tsunami hebat belum pernah terjadi di Kabupaten Padang Pariaman setelah tsunami pada tahun 1797 dan 1833. Sehingga, daerah lepas pantai Kabupaten Padang Pariaman telah menarik perhatian sebagai daerah yang memiliki kemungkinan tertinggi tidak akan terjadi gempa bumi hebat dan tsunami di waktu mendatang. Sehingga gempa bumi dan tsunami tahun 1797 dan 1833 ditetapkan sebagai bencana tsunami *target* di Kabupaten Padang Pariaman pada rencana ini.

Gambar 4.3.13 menunjukkan bentuk *model* patahan yang menyebabkan tsunami, dan Tabel 4.3.3 menunjukkan parameter patahan. Pada *model* patahan ini, gempa bumi dimana satu patahan terbentuk dari patahan tahun 1797 dan patahan tahun 1833 kecuali daerah yang rusak pada 12 September 2007 akan dimusnahkan sama sekali. Untuk detail *model* patahan ini, lihat Bab 2 tentang Topografi dan Geologi di daerah Percontohan.



Gambar 4.3.13 Model Patahan dari Gempa Bumi Target

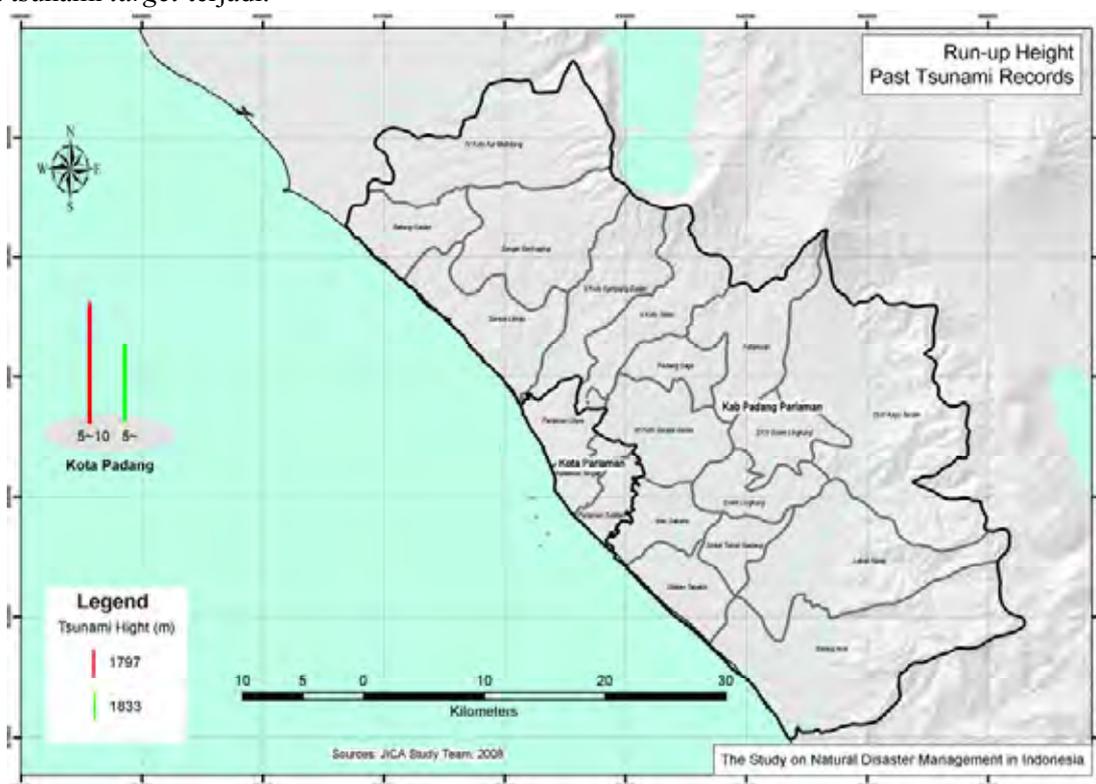
Tabel 4.3.3 Parameter Patahan Gempa Bumi Target

Lintang (derajat)	Bujur (derajat)	Kedalaman (km)	Panjang (km)	Lebar (km)
-3.6	99.5	0	360	190

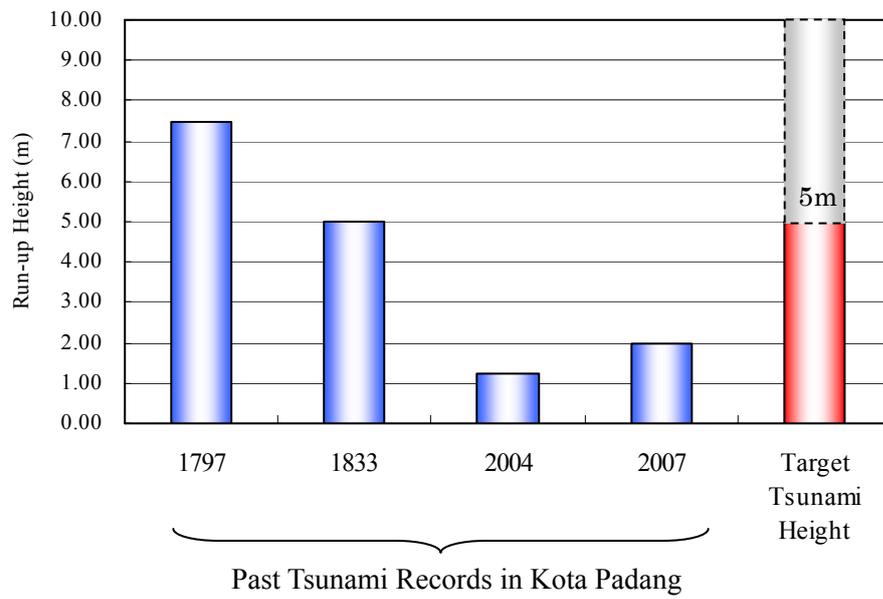
A. Persebaran Ketinggian Tsunami

Persebaran ketinggian tsunami *target* di sepanjang pantai Kabupaten Padang Pariaman ditunjukkan oleh Gambar 4.3.14. Kabupaten Padang Pariaman tidak memiliki catatan kejadian tsunami. Kerusakan akibat banjir hanyalah kapal-kapal yang terseret tsunami pada tahun 1833, dimana hal tersebut tidaklah cukup untuk mengestimasi ketinggian tsunami dan kedalaman genangan. Oleh karena itu, lihat catatan Kota Padang karena dekat dengan bagian barat Kabupaten Padang Pariaman guna dapat memastikan perkiraan tinggi tsunami pada tsunami yang menjadi *target*. Menurut catatan tsunami tahun 1797 dan 1833 di Kota Padang, ketinggian tsunami tahun 1797 adalah 5-10m dan ketinggian tsunami tahun 1833 adalah 5 m atau kurang. Berdasarkan catatan dan kajian lain sebelumnya tentang simulasi numerik tsunami *target*, ketinggian tsunami *target* ditetapkan 5m dpl. Sehingga, bila tempat penampungan dibangun, disarankan untuk membangunnnya di ketinggian lebih dari 10m, mengingat ketinggian maksimum tsunami dan asumsi yang belum pasti.

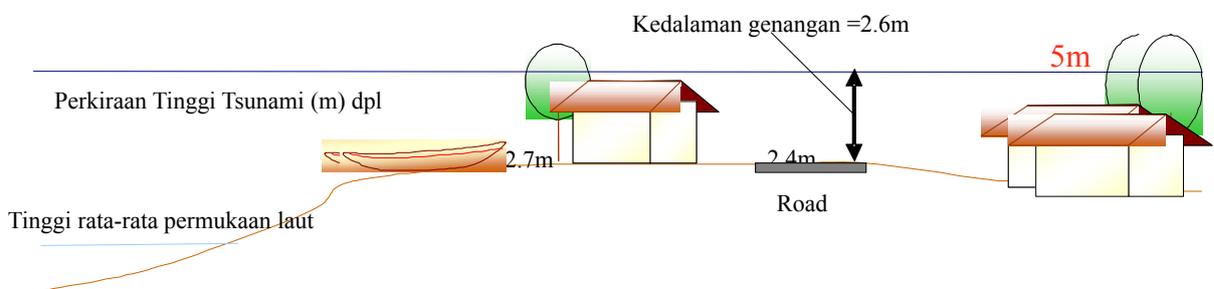
Perbandingan antara ketinggian tsunami yang pernah terjadi dengan yang menjadi *target* ditunjukkan pada Gambar 4.3.14. Tampang lintang pantai Pasir Baru Kecamatan Sungai Limau dengan ketinggian tsunami *target* ditunjukkan pada Gambar 4.3.16. Gambar 4.3.16 ini menunjukkan bahwa tsunami dapat benar-benar meluapi puncak bukit pasir di sepanjang pantai bila tsunami *target* terjadi.



Gambar 4.3.14 Persebaran Tinggi Tsunami Pada Tahun 1797 dan 1833



Gambar 4.3.15 Perbandingan Antara Ketinggian Tsunami yang Telah Terjadi dan Ketinggian Tsunami *Target*



Gambar 4.3.16 Tampang Lintang Pantai Pasir Baru Kecamatan Sungai Limau

B. Daerah Tergenang

Tidak ada catatan tentang daerah tergenang akibat tsunami *target* di Kabupaten Padang Pariaman, namun di Kota Padang ada. Menurut catatan tersebut, tsunami 1797 menerobos masuk sekitar 2 km dari pantai ke daratan dalam dan pada tahun 1833 sekitar 1 km. Perbandingan antara ketinggian dataran rendah di Kota Padang dan di Kabupaten Padang Pariaman dianggap sama. Sehingga diperkirakan tidak ada perbedaan situasi banjir dan jarak genangan diantara kedua daerah tersebut.

C. Kerusakan Akibat Tsunami

Catatan kerusakan tsunami *target* ditunjukkan pada Tabel 4.3.4. Korban manusia dan kerusakan manusia akibat tsunami termasuk kecil mengingat situasi banjir. Diperkirakan pusat Kota Padang, menurut catatan lama, satu kilometer ke daratan dalam. Selain itu, tidak ada catatan yang jelas mengenai jumlah rumah dan kapal yang rusak parah.

Saat ini, banyak terdapat rumah di sekitar pantai dan penggunaan lahan daerah pantai telah berubah dari keadaan pada tahun 1797 dan 1833. Oleh karena itu, perlu untuk memperkirakan kerusakan mengingat adanya perubahan fungsi lahan, dsb.

Tabel 4.3.4 Catatan Kerusakan Akibat Tsunami Tahun 1797 dan 1833

Poin	Tsunami 1797	Tsunami 1833
Magnitudo Gempa Bumi dan Skala Intensitas Mercari yang Dimodifikasi	Mw8.7-8.9	Mw8.9-9.1
Ketinggian Tsunami	5-10 m	< 5 m
Korban jiwa* ¹	2 (Padang)	1(Padang) 2(Indrapura)
Korban Hilang	Tidak ada catatan	Tidak ada catatan
Terluka parah	Ditto	Ditto
Rumah rusak parah	Beberapa rumah	Beberapa rumah

Sumber: Natawidjaja dkk. (2006), *Source parameters of the great Sumatran megathrust earthquakes of 1797 dan 1833 inferred from coral microatolls*, *Journal of Geophysical research*, vol.111, B06403, doi:10.1029/2005JB004025

2) Faktor-Faktor Kerusakan Akibat Tsunami

Kerusakan akibat tsunami tersebut di atas di Kabupaten Padang Pariaman dapat diklasifikasi sebagai berikut.

- Korban manusia seperti kematian
- Kerusakan rumah seperti kerusakan akibat arus air laut
- Kerusakan di bidang industri perikanan seperti kurangnya kapal-kapal ikan
- Perubahan bentuk pantai

Dapat disimpulkan bahwa faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan sebagai kekuatan eksternal adalah air laut yang menerobos masuk akibat tsunami. Catatan kerusakan akibat tsunami ini menunjukkan bahwa tingkat kerusakan memiliki relativitas berdasarkan kedalaman dan kecepatan banjir.

Tidak ada catatan mengenai tsunami yang pernah terjadi seperti pada tahun 1797 dan 1833 di Kabupaten Padang Pariaman, namun di Kota Padang ada. Menurut catatan tersebut, tsunami dapat menerobos masuk daratan dalam di dataran rendah dekat muara sungai, dsb. Bentuk garis pantai di Kabupaten Padang Pariaman hampir lurus dan tidak ada karakteristik bentuk dataran dimana tsunami bisa terkonsentrasi. Ketinggian puncak bukit pasir di sepanjang pantai rendah, terutama daerah dataran rendah luas yang tersebar di daratan dalam di pantai selatan. Sehingga, dataran rendah dan jarak dari garis pantai dapat dikatakan sebagai faktor kerusakan geologis akibat tsunami.

Sehubungan dengan mitigasi bencana, penanganan struktural pada saat ini dan di waktu lalu ketika tsunami terjadi adalah sama karena bangunan seperti tembok laut belum dibangun di Kabupaten Padang Pariaman. Namun, situasi penanganan non-struktural dapat dikatakan lebih baik karena dinas/lembaga terkait seperti BMG telah melakukan pemeliharaan jaringan sistem peringatan dini, menentukan tempat pengungsian dan pelatihan tsunami. Dan juga pengetahuan dan kesadaran masyarakat akan tsunami telah mengalami kemajuan dibandingkan dengan pada tahun 1797 dan 1833. Selain itu, penanaman hutan di daerah pantai sebagai tindakan mitigasi bencana telah dilaksanakan sebelum daerah-daerah lainnya.

4.3.2 Peta Rawan Bencana Tsunami di Kabupaten Padang Pariaman

1) Gambaran Perumusan Peta Rawan Bencana Tsunami

Lihat 4.2.2 Peta Rawan Bencana Tsunami di Kabupaten Jember, 1) Gambaran Perumusan Peta Rawan Bencana Tsunami.

2) Evaluasi Kemampuan Metode Prediksi Genangan di Kabupaten Padang Pariaman

Tabel 4.3.5 menunjukkan kemampuan metode prediksi genangan di Kabupaten Padang Pariaman. Meskipun ada beberapa data untuk melaksanakan setiap metode, hal tersebut cukup untuk mendapatkan hasil yang benar untuk tiap metode.

Pada dasarnya, dalam kajian ini peta rawan bencana tsunami harus dikembangkan melalui perkiraan berdasarkan ketinggian tanah karena secara komparatif termasuk metode sederhana untuk menentukan daerah rawan bencana dan level hanya dari hubungan antara kemungkinan tinggi tsunami yang ditunjukkan oleh simulasi numerik dan ketinggian tanah.

Tabel 4.3.5 Kemampuan Setiap Metode Prediksi Genangan di Kabupaten Padang Pariaman

Metode	Data untuk melaksanakan setiap metode	Kemampuan untuk digunakan	Keterangan
a. Metode simulasi numerik	Tidak cukup	Tidak dapat digunakan (untuk lautan)	Ada beberapa hasil data sebelumnya untuk daerah lautan.
b. Metode Level filling	Tidak cukup	Sebagian dapat digunakan	Tidak ada data akurat tentang ketinggian tanggul/bukit pasir di sepanjang pantai
c. Metode berdasarkan catatan daerah yang pernah tergenang	Tidak cukup	Tidak dapat digunakan	Tsunami tahun 1797, 1833
d. Perkiraan berdasarkan ketinggian tanah	Cukup	Dapat digunakan	

3) Indeks-Indeks Peta Rawan Bencana Tsunami

(1) Daerah tergenang dan kedalaman yang diestimasi menggunakan metode level filling (H_1)

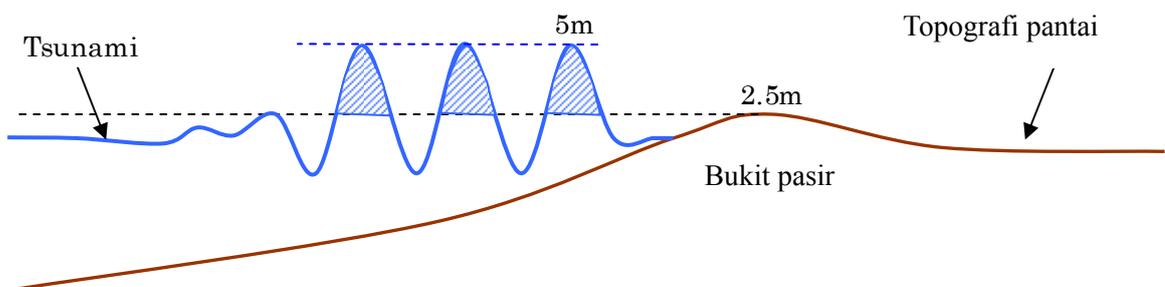
Lihat bagian 4.2.2 tentang Peta Rawan Bencana Tsunami di Kabupaten Jember, 3) indeks-indeks peta rawan bencana tsunami, (1) daerah tergenang dan kedalaman yang diestimasi menggunakan metode level filling (H_1)

A. Penghitungan volume air yang masuk dari pantai

Volume air yang masuk dari pantai pada kejadian tsunami tahun 1797 dan 1833 telah dihitung. Data dasar tsunami ditetapkan menurut catatan dan kajian simulasi numerik tsunami sebelumnya. Mereka ditunjukkan pada Tabel 4.3.6 dan Gambar 4.3.17. Selain itu, perubahan sementara tsunami dibuat *model* seperti pada gambar Gambar 4.2.13 untuk dapat menghitung volume air yang meluap ke pantai. Pada *model* ini, pola gelombang diperkirakan linear dan durasi waktu dibagi lima. Jumlah luapan air yang dihitung ditunjukkan pada Tabel 4.3.7.

Tabel 4.3.6 Data Tsunami untuk Menghitung Luapan Air yang Masuk ke Daratan Dalam

Poin	Nilai	Sumber
Ketinggian Tsunami	5.0 (m) dpl	Catatan Tsunami 1797 dan 1833 di Kota Padang
Lama waktu	1,260 (dtk)	Beberapa hasil sebelumnya tentang rekonstruksi tsunami 1797 dan 1833 Tsunami melalui simulasi numerik
Panjang garis pantai yang diluapi tsunami	14.8 (km)	Data topografis
Tinggi bukit pasir	2.5 (m) dpl	Data topografis dan survei lapangan
Jumlah gelombang yang melampaui puncak bukit pasir	3 gelombang	



Gambar 4.3.17 Model Tampang Lintang

Tabel 4.3.7 Volume Air Masuk Akibat Tsunami

	(A)	(B)	(A)-(B)	(D)	(E)	(D)*(E)
No.	Tinggi Tsunami	Tinggi Bukit Pasir	-	Q1 (m ² /dtk)	ΔT (dtk)	Q2 (m ²)
1	1.0	2.5	-1.5	0.00	126	0.00
2	3.0	2.5	0.5	0.55	126	69.03
3	5.0	2.5	2.5	6.13	126	771.75
4	3.0	2.5	0.5	0.55	126	69.03
5	1.0	2.5	-1.5	0.00	126	0.00
Penjumlahan				(per 1 gel. dan 1m)		909.80
				(per 3 gel. and 1m)		2729.41

B. Daerah Tergenang dan Kedalamannya

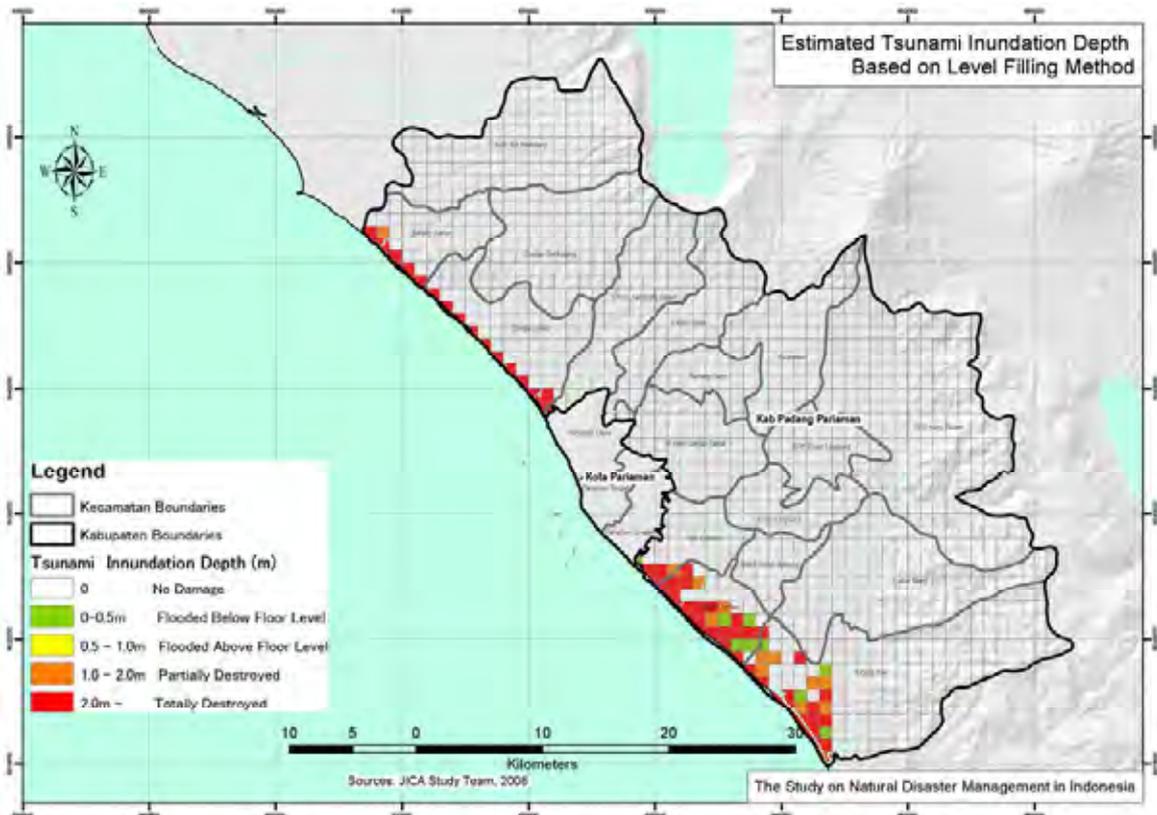
Peta perkiraan genangan berdasarkan volume air yang meluap ke pantai yang ditunjukkan Tabel 4.3.7 disajikan pada Gambar 4.3.18. Tingkatan dan nilainya adalah sebagai berikut.

- | | | | |
|------|-----------------|--------------------------|-----------------|
| i) | 2.0m < | (Rusak seluruhnya) | • • • • Nilai 4 |
| ii) | 1.0m < H ≤ 2.0m | (Rusak sebagian) | • • • • Nilai 3 |
| iii) | 0.5m < H ≤ 1.0m | (Banjir melebihi lantai) | • • • • Nilai 2 |
| iv) | 0.0m < H ≤ 0.5m | (Banjir di bawah lantai) | • • • • Nilai 1 |
| v) | H = 0.0m | (Tidak ada kerusakan) | • • • • Nilai 0 |

Metode Level filling membutuhkan struktur bentuk tanah yang dapat mencegah gelombang membanjiri daerah pantai. Namun, tidak ada bangunan atau bentuk tanah seperti bukit pasir di seluruh daerah pantai di Kabupaten Padang Pariaman. Oleh karena itu, perkiraan daerah tergenang mungkin diperkirakan lebih rendah di muara sungai yang penghalang pasirnya lebih rendah dari tinggi (=2.5m) yang telah disebutkan *model* di atas.

(2) Daerah Tergenang Berdasarkan Catatan Genangan yang Pernah Terjadi (H₂)

Tidak ada catatan tentang bencana tsunami yang pernah terjadi di Kabupaten Padang Pariaman.



Sumber: Tim kajian

Gambar 4.3.18 Daerah Tergenang dan Kedalamannya yang Diestimasi Melalui Metode Level Filling (H_1)

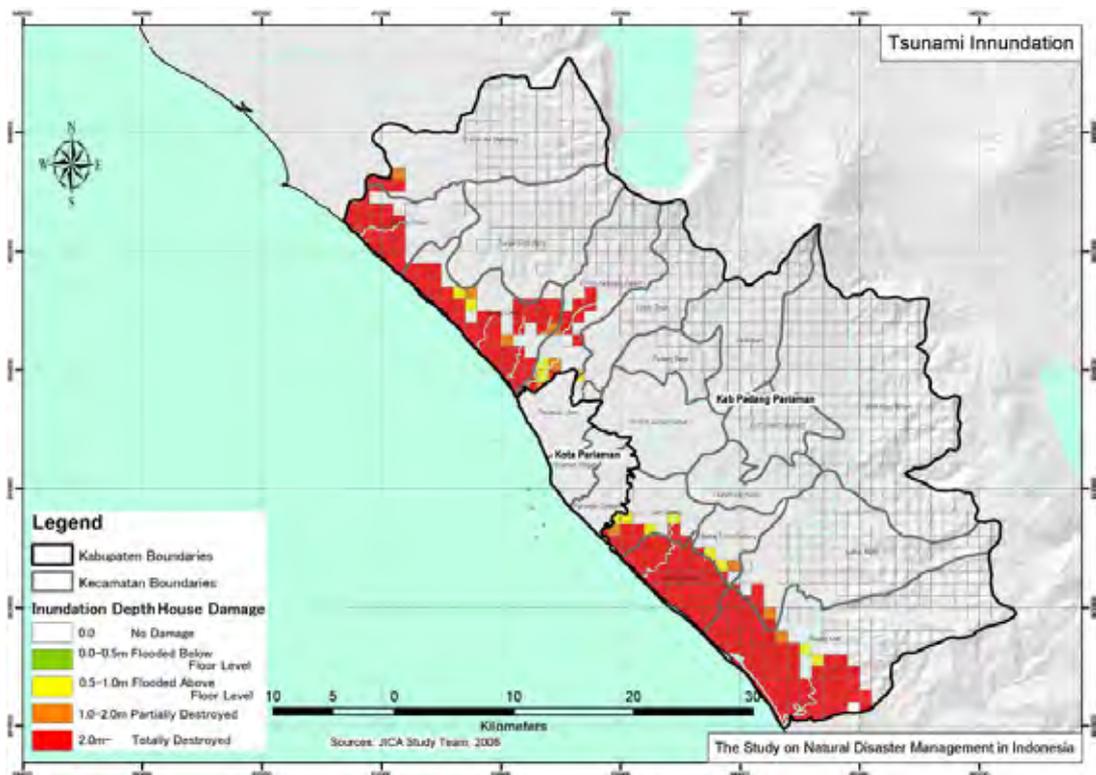
(3) Daerah Tergenang dan Kedalamannya yang Diestimasi Berdasarkan Ketinggian Tanah (H_3)

Perkiraan berdasarkan ketinggian tanah secara komparatif merupakan metode sederhana untuk menentukan daerah rawan bencana dan levelnya hanya dari hubungan antara kemungkinan tinggi tsunami yang ditunjukkan oleh simulasi numerik dan ketinggian tanah². Ketinggian maksimum tsunami pada tahun 1797 dan 1833 adalah 5m atau kurang. Sehingga, 5m dpl ditetapkan sebagai standar tinggi tsunami yang mungkin terjadi. Tingkatan dan nilainya adalah sebagai berikut.

- i) $2.0m <$ (Rusak seluruhnya) Nilai 4
- ii) $1.0m < H \leq 2.0m$ (Rusak sebagian) Nilai 3
- iii) $0.5m < H \leq 1.0m$ (Banjir melebihi lantai) Nilai 2
- iv) $0.0m < H \leq 0.5m$ (Banjir di bawah lantai) Nilai 1
- v) $H = 0.0m$ (Tidak ada kerusakan) Nilai 0

² Data ketinggian dataran diperoleh dari pengukur SPOT DEM. Penentuan ketinggian dilakukan dengan menggunakan elevasi sebenarnya yang diperoleh dari proses pengukuran yang dilakukan oleh Tim Studi. SPOT DEM adalah digital elevation model yang merupakan hasil korelasi otomatis dari stereopair yang diperoleh instrumen HRS pada SPOT 5, satelit kelima dari beragam seri SPOT, yang ditempatkan di orbit dengan diluncurkan oleh Ariane.

Dibandingkan dengan catatan kejadian tsunami di Padang tahun 1833 yang menggambarkan bahwa tsunami masuk daratan sampai setidaknya 1 km dari pantai maka perkiraan daerah rawan bencana tsunami lebih luas dari sebelumnya. Jadi, perkiraan daerah yang dibanjiri tsunami berdasarkan ketinggian tanah dinilai berlebih yang merupakan sisi berbahaya dari estimasi ini.



Sumber: Tim kajian

Gambar 4.3.19 Daerah Tergenang dan Kedalamannya yang Diestimasi Berdasarkan Ketinggian Tanah (H_3)

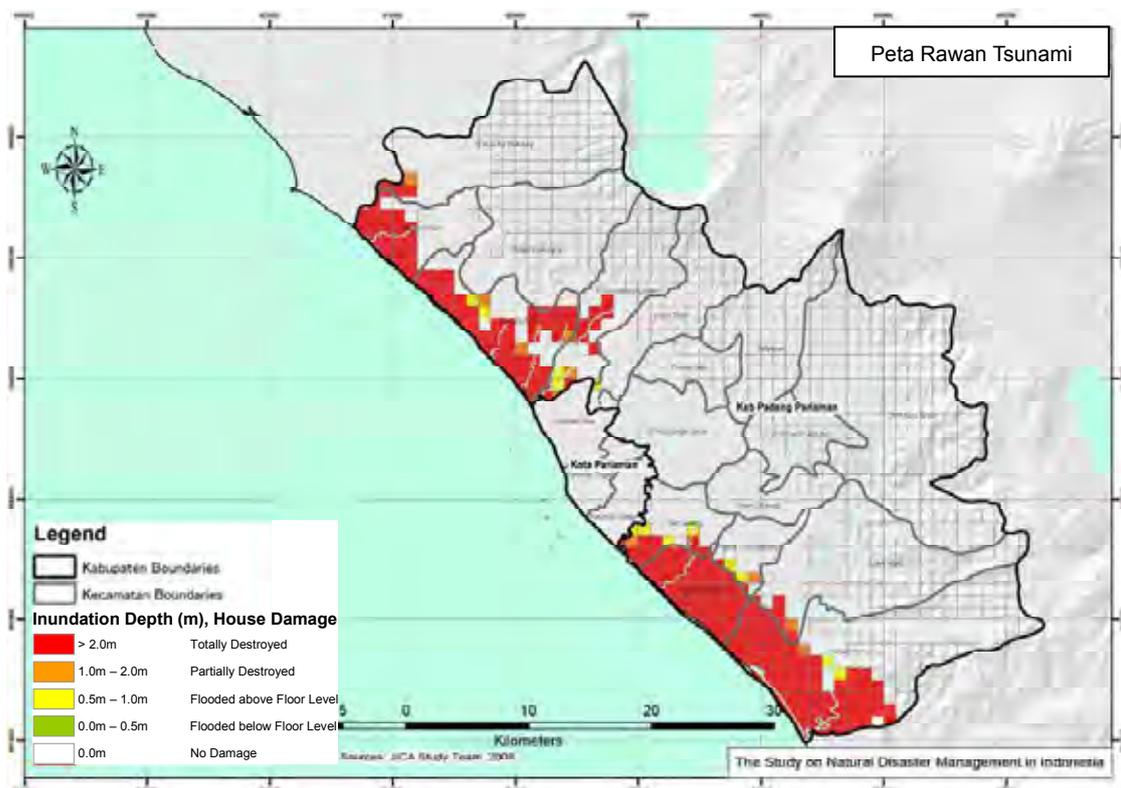
4) Peta Daerah Rawan Bencana Tsunami di Kabupaten Padang Pariaman

Bila ketiga indeks tersebut diatas dikomparasi, maka hasil dari sisi membahayakan secara urut adalah daerah tergenang berdasarkan ketinggian tanah (H_3), daerah tergenang yang diperkirakan melalui metode level filling (H_1), dan daerah tergenang menurut catatan kejadian lalu. Sebenarnya penting untuk mengadopsi metode prediksi dengan keakuratan tertinggi. Dalam kajian ini, daerah tergenang berdasarkan ketinggian tanah (H_3), yang memberi hasil pada sisi paling membahayakan dan mudah untuk merumuskan, harus diadopsi karena semua metode prediksi memiliki masalah akurasi yang tergantung pada data yang tersedia dan keakuratannya. Jika peta daerah tergenang dengan akurasi yang lebih tinggi bisa dirumuskan dan setelahnya berbagai data dapat disimpan untuk dapat menggantikan peta daerah tergenang yang ada.

Peta rawan bencana tsunami yang dibuat berdasarkan perkiraan kedalaman genangan (H_3) ditunjukkan pada Gambar 4.3.20. Pada gambar tersebut, nilai kerawanan tsunami dibagi menjadi 5 tingkatan seperti berikut ini.

- | | | | |
|------|----------------------|--------------------------|--|
| i) | $2.0m <$ | (Rusak menyeluruh) | • • • • Nilai 4 (Kerawanan tertinggi) |
| ii) | $1.0m < H \leq 2.0m$ | (Rusak sebagian) | • • • • Nilai 3 (Kerawanan tinggi) |
| iii) | $0.5m < H \leq 1.0m$ | (Banjir melebihi lantai) | • • • • Nilai 2 (Kerawanan sedang) |
| iv) | $0.0m < H \leq 0.5m$ | (Banjir dibawah lantai) | • • • • Nilai 1 (Kerawanan rendah) |
| v) | $H = 0.0m$ | (Tidak ada kerusakan) | • • • • Nilai 0 (Tidak rawan) |

Gambar 4.3.20 menunjukkan kerawanan bencana tsunami terkonsentrasi di daerah dataran rendah dekat pantai di sebelah barat laut Kabupaten Padang Pariaman yang relatif sempit dengan lebar 1-3km karena dataran tinggi dekat dengan pantai sebagai karakteristik geomorfiknya. Sebaliknya, bagian selatan dekat pantai adalah daerah dataran rendah yang membentang 5-7km dari pantai ke daratan dalam. Sehingga daerah rawan bencana tsunami meluas ke daratan dalam.



Gambar 4.3.20 Peta Rawan Bencana Tsunami

4.3.3 Peta Resiko Bencana Tsunami di Kabupaten Padang Pariaman

1) Dasar Pembuatan Peta Resiko Bencana Tsunami

Kerusakan akibat bencana tsunami bervariasi besarnya. Kerusakan utama ditunjukkan sebagai berikut.

Korban manusia seperti kematian/kerusakan rumah akibat aliran air/ kerusakan bangunan publik seperti kerusakan jalan, rel kereta dan jembatan/ kerusakan fasilitas vital seperti kurangnya suplai listrik dan air/ kerusakan fasilitas perikanan seperti hanyutnya kapal-kapal ikan/ kerusakan fasilitas industri dan pemasaran seperti rusaknya pabrik-pabrik dekat pantai/kerusakan pertanian akibat aliran air laut dan sedimen ke lahan sawah/ kerusakan hutan/ kebakaran/ perubahan bentuk pantai/kerusakan fasilitas energi, dsb.

Disini, resiko akibat kerawanan bencana tsunami harus diestimasi dengan memfokuskan pada kerusakan rumah dan korban manusia sebagai kerusakan utama. Oleh karena itu, resiko diekspresikan sebagai berikut. Tingkat kerusakan berdasarkan kedalaman genangan tidak digunakan karena nilai kedalaman termasuk didalamnya. Namun, tingkat kerusakan berdasarkan jarak dari pantai digunakan dengan anggapan rumah di daratan dalam tidak rusak karena kecepatan banjir berkurang. Rumah rusak seluruhnya dan rusak sebagian dapat ditemukan dalam jarak 1 km dari garis pantai. Selain itu, area dimana rumah rusak dapat ditemukan dalam jarak 3km dari garis pantai.

Sementara itu, angka kematian akibat tsunami juga hitung, tingkat kematian dengan ketinggian tsunami dikalikan dengan populasi yang tinggal disekitar pantai. Disini, korban manusia juga dihitung dengan metode yang sama seperti menghitung kerusakan rumah menurut sudut pandang penghitungan hanya pada tingkat korban manusia

$$[\text{Resiko Tsunami}] = [\text{Kerawanan Tsunami}] \times [\text{Tingkat Kerusakan}] \times [\text{Kepadatan Penduduk} + \text{Kawasan Terbangun}]$$

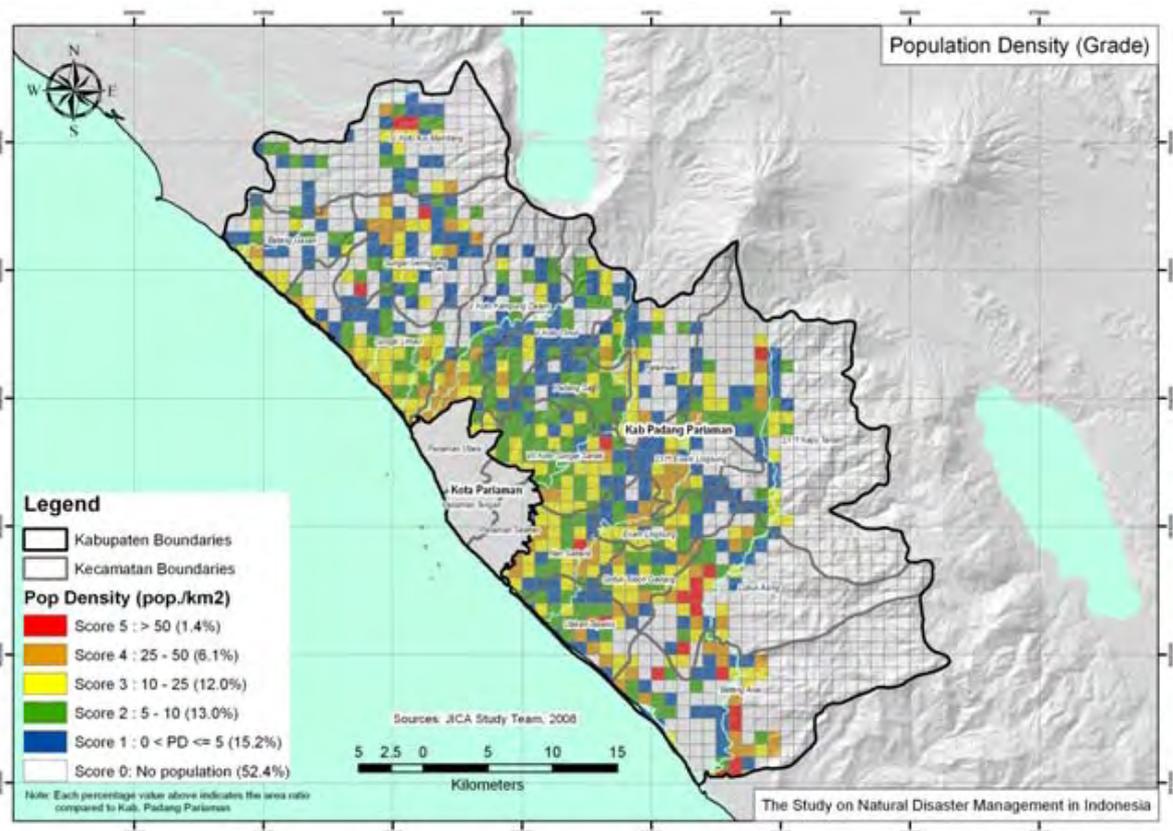
2) Indeks Keterancaman

Menurut “Living with Risk” /”Hidup dengan Resiko Bencana” (UN/ISDR, 2004), keterancaman adalah “kondisi yang ditentukan oleh faktor atau proses fisik, ekonomi dan lingkungan yang meningkatkan kerentanan masyarakat terhadap dampak kerawanan. Dan indeks keterancaman yang digunakan untuk membuat peta resiko bencana tsunami adalah kepadatan penduduk (V_1), kawasan terbangun (V_2), jarak dari garis pantai (V_3), yang dihitung dari sumber data yang tersedia

(1) Kepadatan Penduduk (V_1)

Kepadatan penduduk dihitung berdasarkan populasi di daerah pemukiman. Kepadatan penduduk dibagi menjadi 5 tingkatan dan nilainya sebagai berikut.

- i) $50 \text{ (pop./km}^2\text{)} <$ Nilai 5
- ii) $30 \sim 50 \text{ (pop./km}^2\text{)}$ Nilai 4
- iii) $20 \sim 30 \text{ (pop./km}^2\text{)}$ Nilai 3
- iv) $5 \sim 20 \text{ (pop./km}^2\text{)}$ Nilai 2
- v) $0 \sim 5 \text{ (pop./km}^2\text{)}$ Nilai 1

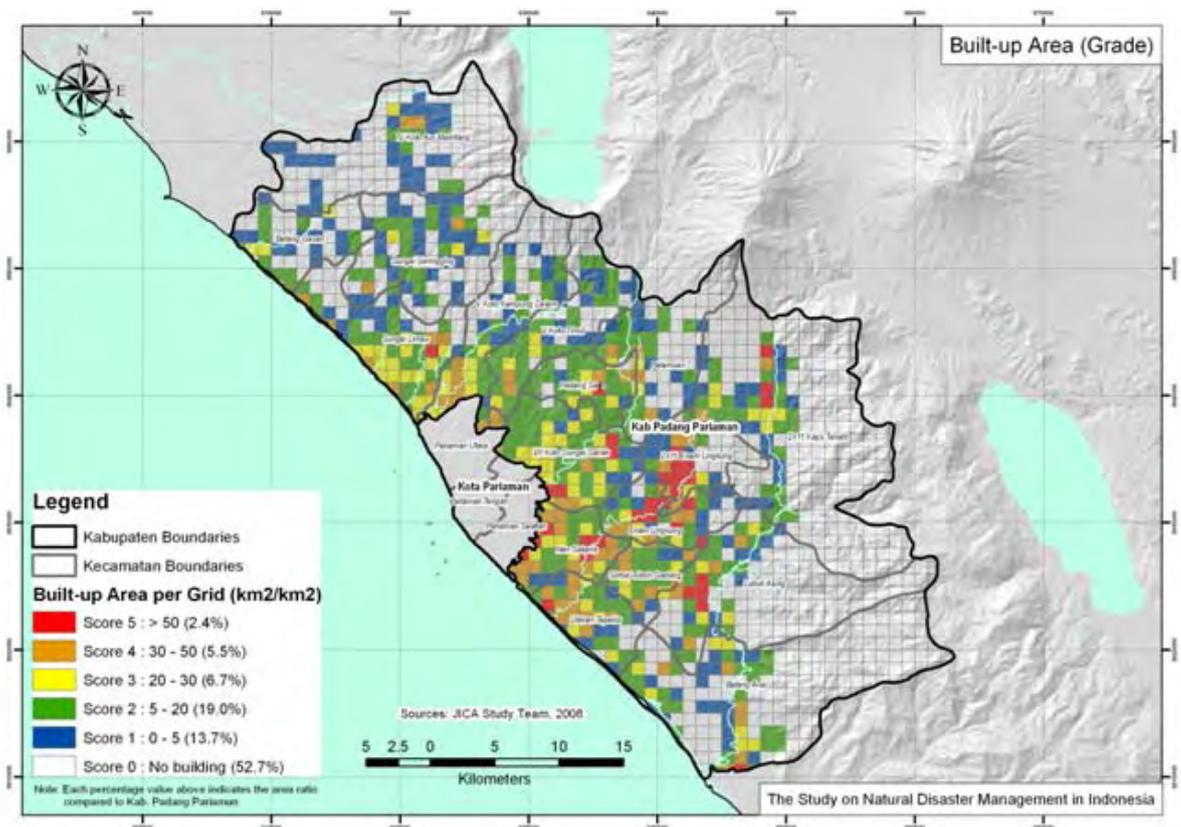


Gambar 4.3.21 Kepadatan Penduduk (V_1)

(2) Kawasan Terbangun (V_2)

Kawasan terbangun dapat dianggap sebagai daerah yang terancam bencana yang dibuat berdasarkan peta penggunaan lahan Kabupaten Padang Pariaman. Tingkatannya diklasifikasikan menurut kawasan terbangun per unit (1km^2).

- i) $0 \sim 5$ (km^2/km^2) Nilai 1
- ii) $5 \sim 20$ (km^2/km^2) Nilai 2
- iii) $20 \sim 30$ (km^2/km^2) Nilai 3
- iv) $30 \sim 50$ (km^2/km^2) Nilai 4
- v) 50 (km^2/km^2) \leq Nilai 5

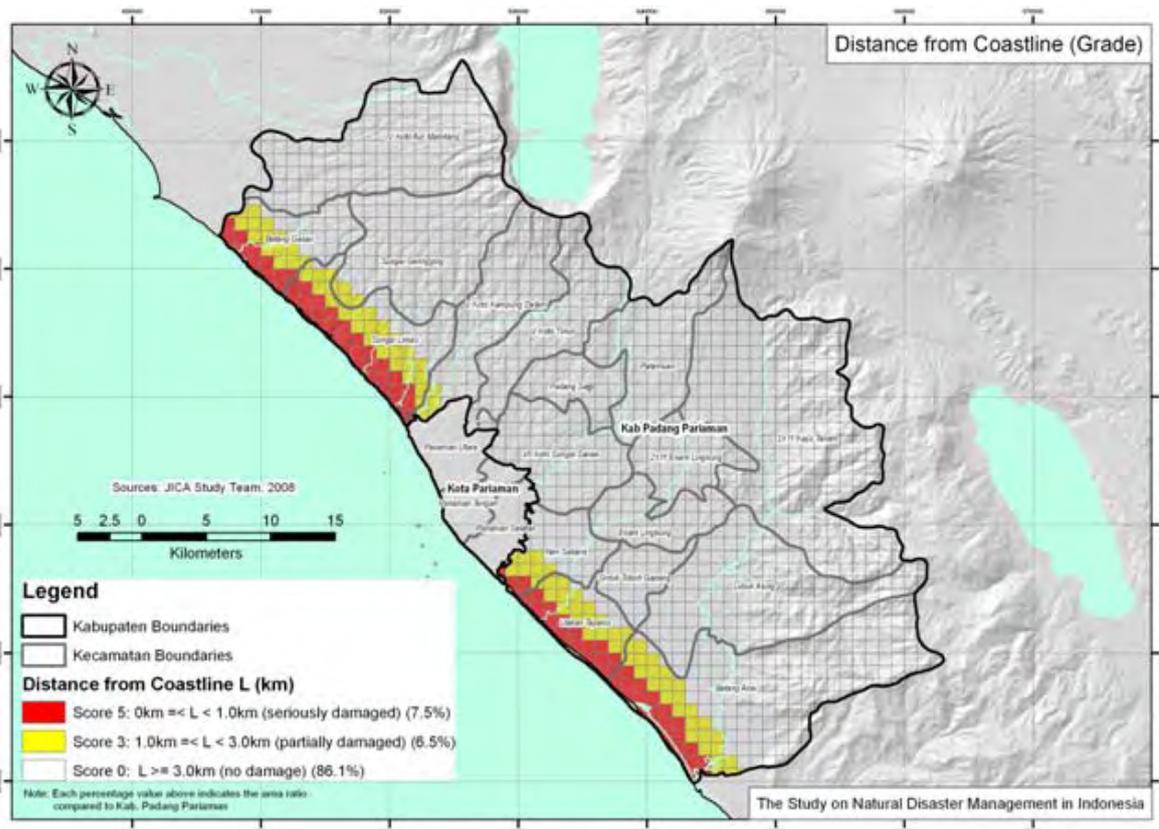


Gambar 4.3.22 Kawasan Terbangun (V_2)

(3) Jarak dari garis pantai (V_3)

“Jarak dari garis pantai” dipilih sebagai salah satu indeks keterancaman bencana tsunami. Tingkatan dan nilainya adalah sebagai berikut.

- i) $0\text{km} \leq L < 1.0\text{km}$ (Rusak parah) . . . Nilai 5
- ii) $1.0\text{km} \leq L < 3.0\text{km}$ (Rusak sebagian) . . . Nilai 3
- iii) $3.0\text{km} \leq L$ (Tidak ada kerusakan) . . . Nilai 0



Gambar 4.3.23 Jarak dari Garis Pantai (V_3)

3) Peta Resiko Bencana Tsunami di Kabupaten Padang Pariaman

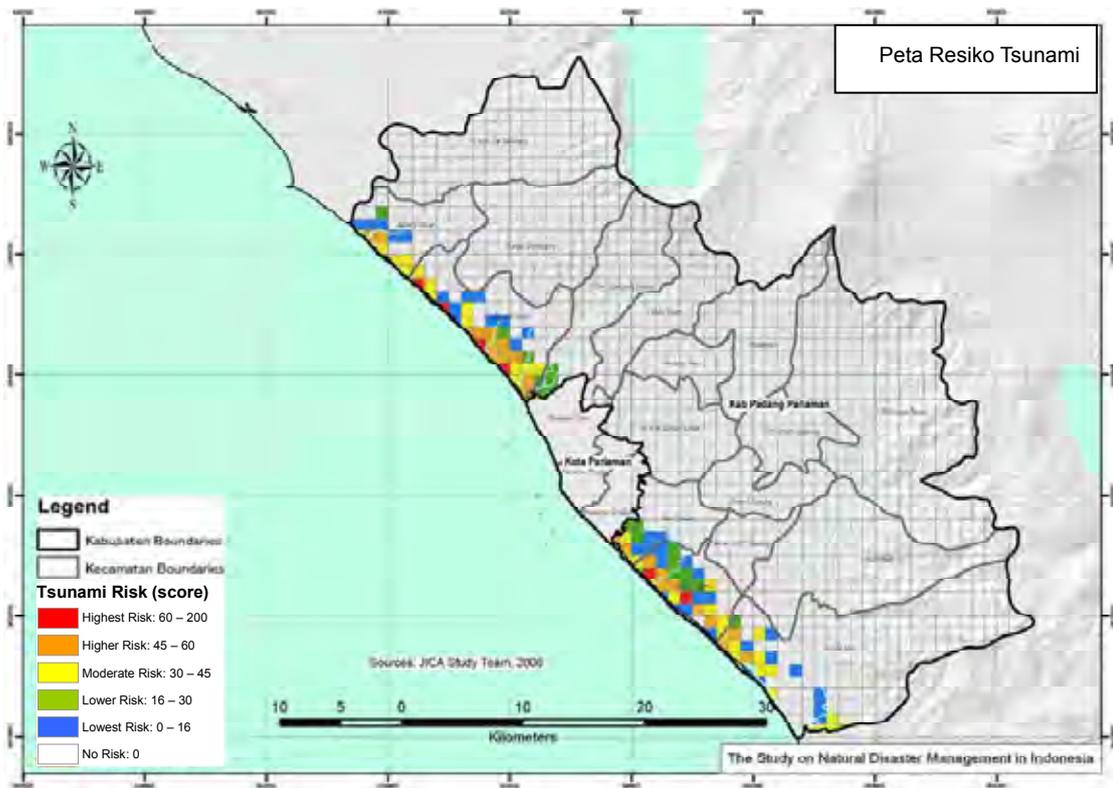
Gambar 4.3.24 menunjukkan peta resiko bencana tsunami yang dihitung dengan rumus tersebut di atas, seperti yang ditunjukkan Gambar 4.3.24, nilai kerawanan tsunami dibagi menjadi 5 tingkatan yang menunjukkan klasifikasi kerawanan. “Merah” berarti kerawanan tertinggi dan “oranye” berarti kerawanan tinggi. Kerawanan sedang ditunjukkan oleh “kuning”, “hijau” berarti kerawanan rendah dan “biru” menunjukkan kerawanan terendah.

Gambar 4.3.24 menunjukkan resiko bencana tsunami tersebar di seluruh daerah pantai di Kabupaten Padang Pariaman, kecuali di Pasir Baru, Pilubang dan Pasar Sungai Limau di Kecamatan Limau, yang jumlah penduduk dan daerah pemukimannya padat, resiko bencananya sangat tinggi. Kecamatan Batang Gasan di sebelah utara Kabupaten Padang Pariaman merupakan daerah yang resiko tingginya terbatas pada sebagian daerah pantai. Di bagian selatan, Ulakan di Kecamatan Ulakan Tapakis memiliki resiko tinggi terhadap banjir akibat tsunami. Sementara itu, di dataran rendah bagian selatan di Kecamatan Batang Anai beresiko kecuali di daerah pemukiman di Kataping. Meskipun tampaknya korban manusia dan kerusakan rumah rendah di bagian selatan, resiko sebenarnya adalah tinggi karena Bandara Internasional Minangkabau terletak disana. Daerah-daerah yang disebutkan di atas berlokasi di dekat pantai dan disana juga terdapat pelabuhan ikan atau sandaran kapal yang juga memiliki resiko kerusakan sangat tinggi. Selain itu, perlu juga memberi perhatian daerah daratan dalam yang jauh dari pantai yang berada di dataran rendah dimana tsunami bisa membanjiri dengan mudah.

Resiko bencana tsunami dihitung dengan menggunakan Rumus 4.3.1.

$$(H_3) \times (V_3) \times (V_1+V_2) \quad \cdot \cdot \cdot \text{Rumus 4.3.1.}$$

dimana, H_3 : daerah tergenang dan kedalamannya yang dihitung berdasarkan ketinggian tanah, V_1 : kepadatan penduduk, V_2 : kawasan terbangun dan V_3 : jarak dari garis pantai.



Gambar 4.3.24 Peta Resiko Bencana Tsunami

4.3.4 Penanganan yang Memungkinkan untuk Menghadapi Tsunami di Kabupaten Padang Pariaman

1) Kejadian Bencana Tsunami Terkini dan Karakteristiknya

Ada beberapa tsunami yang mencapai pantai Kabupaten Padang Pariaman beberapa tahun terakhir seperti Tsunami Bengkulu tahun 2007, yaitu yang terkini. Namun hanya tsunami tahun 1797 dan 1833 yang menyebabkan korban jiwa dan kerusakan properti serius di daerah pantai Kabupaten Padang Pariaman.

Poin-poin berikut merupakan karakteristik topografi yang memfokuskan pada kerusakan tempat akibat tsunami Bengkulu tahun 1994 dan sering terjadinya gelombang tinggi. Hampir semua daerah dataran rendah di pantai dan kerusakan terpusat pada titik lemah geografis seperti muara sungai dimana ketinggian bukit pasir agak rendah. Selain itu, kerusakan parah terjadi akibat gelombang tinggi di daerah tersebut dimana daerah pantai antara garis pantai dan daerah pemukiman sempit akibat erosi, dsb.

Daerah-daerah yang beresiko terhadap bencana tsunami adalah sebagai berikut.

- Pantai dan dataran rendah (*contoh:* hampir semua daerah pantai Kataping, Tiram, Ulakan, Pasir Baru, Pilubang, Pasar Sungai Limau)
- Daerah yang rusak akibat gelombang tinggi (*contoh:* Ulakan, Kuranji Hilla, Malai V Suku)
- Pantai sempit yang tererosi (*contoh:* Ulakan, Pasir Baru, Pilubang)
- Muara dan bagian dimana ketinggian bukit pasir lebih rendah dibandingkan dengan yang berada di pantai lain (*contoh:* Ulakan, Tiram, Pasir Baru)

2) **Penanganan-Penanganan untuk Menghadapi Bencana Tsunami**

Cara dasar menghindari diri dari tsunami adalah pergi dari daerah-daerah yang telah disebut di atas yang memiliki resiko bencana tertinggi. Relokasi ke tempat yang lebih tinggi merupakan cara paling efektif yang telah lama direkomendasikan. Namun, warga setempat seperti nelayan sulit untuk menerima ide tersebut karena memang tsunami tidak sering terjadi. Oleh karena itu, sangat penting untuk mempertimbangkan penanganan menyeluruh termasuk penguatan struktur rumah terhadap gelombang dan evakuasi, dsb guna dapat mengurangi kerawanan bencana tsunami. Penanganan-penanganan yang memungkinkan untuk menghadapi tsunami dan kemampuannya untuk bisa digunakan di Kabupaten Padang Pariaman dijelaskan sebagai berikut.

(1) Penanganan Struktural

A. Tanggul pantai, pemecah ombak, pintu air tsunami dan tanggul sungai

Sehubungan dengan penanganan struktural, berikut adalah tindakan yang harus dilakukan.

Tanggul pantai, pemecah ombak, tanggul sungai dibangun di muara sungai dan tanggul sungai tersebut berfungsi untuk membatasi genangan ke pantai dan kenaikan air sungai. Namun rencana ini sulit untuk diwujudkan di Kabupaten Padang Pariaman karena membutuhkan investasi besar dan waktu lama. Jika penanganan struktural dilaksanakan, diusulkan desain jalan di bukit pasir sepanjang pantai dinaikkan sehingga berfungsi sebagai tanggul pantai atau penanganan struktural dilaksanakan hanya di bagian daerah yang berpenduduk padat dekat pantai sebagai tindakan mitigasi jangka panjang.

B. Hutan Pantai

Semua daerah pantai di Kabupaten Padang Pariaman merupakan pantai berpasir dengan bukit pasir kecil. Sehingga, penanaman pohon di hutan pantai disarankan sebagai penanganan menghadapi tsunami dan pasir yang berterbangan yang nantinya juga akan membentuk bukit pasir dan meningkatkan fungsi perlindungan bukit pasir untuk jangka panjang. Penanaman pohon di daerah pantai telah dilakukan di Kabupaten Padang Pariaman (Lihat Gambar 4.3.25) dan upaya tersebut diharapkan dapat memelihara hutan pantai. Tabel 4.3.8 menunjukkan hasil upaya penghijauan yang telah dilakukan dan rencana mendatang.



Badan Gasang



Tiram



Kataping



Tiram

Sumber: Tim kajian

Gambar 4.3.25 Pohon-pohon yang Ditanam di Pantai

Tabel 4.3.8 Penghijauan

Tahn	Lokasi			Penghijauan	Tipe	Keterangan
	Desa/Nagari	Kecamatan	Kota/Kabupaten			
2006-2007	Pasirbaru	Sungari Limau	Kab. PD. Pariaman	-	Cemara	-
2006-2007	Ulakan Tapakis	Ulakan Tapakis	Kabu. PD. Pariaman	-	Cemara	-
2006-2007	Kataping	Batang Anai	Kab. PD. Pariaman	-	Cemara	-

Sumber: DKP Kabupaten Padang Pariaman

C. Bangunan Tahan Gelombang

Di desa nelayan, sulit untuk mendapatkan persetujuan relokasi ke tempat yang lebih tinggi. Sehingga, perlu sekali adanya penanganan lain seperti meningkatkan ketahanan terhadap gelombang bagi pembangunan rumah baru. Kondisi rumah nelayan saat ini dan rumah yang sudah dimodifikasi ditunjukkan pada Gambar 4.3.26. Rumah berlantai tinggi yang telah diperkuat untuk menghadapi gelombang telah dibangun di Kota Pariaman.



Ulakan

Ampalu Kota Pariaman

Sumber: Tim kajian

Gambar 4.3.26 Kondisi Desa Ulakan saat ini (kiri) dan Rumah Berlantai Tinggi yang Diperkuat untuk Menghadapi Gelombang di Ampalu (kanan)

(2) Perencanaan Kota untuk Pencegahan Bencana Tsunami

A. Relokasi

Seperti yang telah dijelaskan di atas, penanganan dasar terhadap tsunami adalah pergi ke tempat yang tidak bisa dijangkau oleh tsunami. Metode yang paling efektif adalah memindahkan warga ke tempat yang aman dari tsunami. Bila relokasi sulit dilakukan maka lantai dasar rumah sebaiknya dinaikkan. Secara umum, tidaklah mudah mendapatkan kesepakatan dari warga karena alasan ekonomi dan kenyamanan untuk pindah ke tempat yang lebih tinggi. Malahan, mereka mungkin akan kembali ke tempat asalnya setelah waktu berlalu karena alasan tersebut di atas. Sehingga perlu adanya pembangunan fasilitas publik seperti balai kota, kantor polisi, kantor pemadam kebakaran dan fasilitas untuk masyarakat lemah fisik seperti rumah sakit dan sekolah di tempat yang tinggi yang aman dari jangkauan tsunami. Relokasi disarankan dilakukan di bagian utara Kabupaten Padang Pariaman karena terdapat dataran yang tinggi dan dampak relokasi relatif kecil.

B. Peraturan Penggunaan Lahan

Tindakan pengaturan yang efektif berperan dalam penyelenggaraan rekonstruksi bangunan tua menjadi bangunan tahan air selain adanya pembatasan aktifitas dan pembangunan di daerah rawan bencana tsunami melalui peraturan tentang penggunaan lahan.

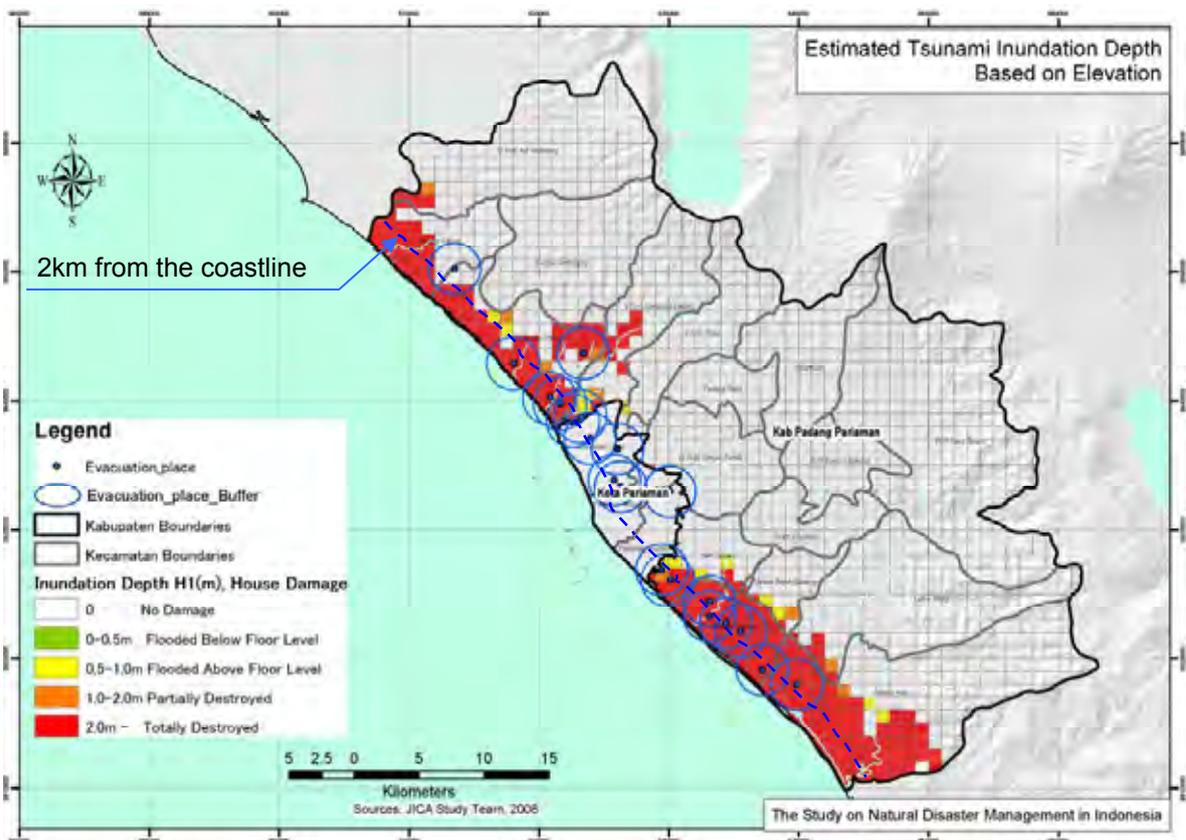
(3) Peta Rawan Bencana Tsunami

Peta rawan bencana merupakan alat sangat berguna untuk menyajikan informasi evakuasi dan pendidikan tentang bencana tsunami kepada warga. Selain itu, peta tersebut bisa digunakan untuk

mempelajari tempat pengungsian dan pembangunan fasilitas pencegahan bencana. Peta rawan bencana tsunami sering dibuat berdasarkan catatan kejadian banjir tsunami dan hasil simulasi numerik tsunami sebagai pelengkap. Dalam kajian ini, peta dibuat berdasarkan catatan banjir akibat tsunami tahun 1797 dan 1833. Meskipun menurut catatan tsunami tahun 1797 dan 1833 merupakan yang terbesar di Kabupaten Padang Pariaman, namun jumlah catatan yang tersedia tidak cukup untuk mengatakan bahwa tsunami yang lebih besar tidak akan terjadi. Sehingga ada kemungkinan daerah tergenang akan lebih besar dari daerah yang ditunjukkan pada peta dan sangat penting untuk membuat peta daerah rawan yang tepat yang menghindarkan warga dari memiliki gambaran pasti tentang daerah resiko bencana tsunami.

(4) Pemeliharaan tempat dan rute pengungsian

Evakuasi ketika tsunami datang perlu untuk dilakukan dan sangat penting untuk tidak menghindar dari tsunami secara horizontal melainkan harus naik tempat yang lebih tinggi dari tsunami. Yang perlu dihargai dari adanya rumusan peta rawan bencana tsunami yaitu adanya informasi tentang kemungkinan banjir yang masuk ke daratan dalam ketika tsunami yang meluapi bukit pasir di pantai karena area di belakang bukit merupakan dataran rendah terutama bagian selatan Kabupaten Padang Pariaman. Oleh karena itu, penting untuk menentukan tempat pengungsian dengan ketinggian dan luas yang cukup serta menentukan rute pengungsian di dataran rendah dekat pantai yang menuju ke tempat yang lebih tinggi. Selain itu, warga lebih memilih menentukan tempat dan rute pengungsian mereka sendiri dibandingkan yang telah ditentukan oleh pemerintah. Gambar 4.3.27 menunjukkan persebaran tempat pengungsian yang ditentukan oleh Kabupaten Padang Pariaman dan lingkaran menunjukkan jarak perjalanan kaki selama 30 menit yang cukup untuk melakukan pengungsian dari gempa bumi. Hal tersebut dikarenakan tsunami diperkirakan mencapai pantai Kabupaten Padang Pariaman setelah terjadinya gempa bumi. Gambar 4.3.27 memperlihatkan pantai utara relatif lebih dekat dengan bukit dan warga mampu mendakinya dalam waktu 30 menit dari pantai. Meskipun tempat pengungsian di daerah selatan masih 2 km dari pantai, ketinggiannya masih rendah karena dataran rendah yang luas tersebar di daratan dalam bagian selatan pantai. Oleh karena itu, tempat perlindungan harus dibangun di dekat pantai selatan yang memiliki ketinggian.



Sumber: Tim kajian

Gambar 4.3.27 Persebaran Tempat Pengungsian

(5) Pelatihan Tsunami

Menurut hasil kajian simulasi numerik sebelumnya, waktu datangnya tsunami ke pantai Kabupaten Padang Pariaman diperkirakan sekitar 30 menit. Karena waktu yang tersedia tidak cukup untuk melakukan persiapan maka perlu diadakannya pelatihan tsunami yang berguna untuk mengungsikan warga yang tinggal di dekat pantai ke tempat yang lebih tinggi dengan cepat tanpa adanya kebingungan. Di Kabupaten Padang Pariaman, pelatihan tsunami telah dilaksanakan namun penting untuk meningkatkan rencana evakuasi selain menggunakan rencana pencegahan bencana daerah dan peta rawan bencana tsunami serta peta resiko bencana tsunami yang dirumuskan dalam kajian ini di waktu mendatang.

(6) Pendidikan

Dalam beberapa tahun belakangan, tsunami dahsyat terjadi secara beruntun tahun 2004, 2005, dan 2007 yang menyebabkan kerusakan parah di daerah pesisir Sumatra. Gelombang tersebut mencapai pantai Kabupaten Padang Pariaman namun tidak menyebabkan kerusakan dan tsunami dahsyat belum pernah terjadi di lepas pantai Kabupaten Padang Pariaman setelah tsunami tahun 1797 dan 1833. Sehingga daerah lepas pantai Kabupaten Padang Pariaman telah menarik perhatian sebagai daerah yang memiliki kemungkinan tertinggi terjadinya gempa bumi hebat dan tsunami di waktu mendatang. Oleh karena itu, perlu adanya usaha memelihara kesempatan pendidikan tentang bencana tsunami dan mewariskan pelajaran penting tentang bencana tsunami yang telah terjadi ke generasi selanjutnya.

3) Penanganan-penanganan yang memungkinkan untuk setiap kecamatan

Bukan hanya karakteristik geografis yang berbeda secara meluas namun juga penyesuaian dan prioritas penanganan-penanganan yang telah dijelaskan di atas yang berbeda antara bagian utara dan selatan Kabupaten Padang Pariaman. Oleh karena itu, penanganan struktural dan non-struktural ditentukan berdasarkan karakteristik tiap daerah.

Berikut adalah poin-poin karakteristik daerah

- Bencana yang pernah terjadi di daerah pantai (gelombang tinggi)
- Tempat pengungsian atau tempat yang tinggi sejauh 2km dari pantai
- Hutan pantai di depan pemukiman
- Kemungkinan relokasi
- Kepadatan penduduk di daerah pesisir

Berikut ini tindakan mitigasi yang disarankan.

- Penanganan Jangka Pendek
 - Penanganan yang harus dilaksanakan saat ini
- Penanganan Jangka Panjang
 - Penanganan yang harus dilaksanakan jika perlu setelah dampak penanganan jangka pendek dievaluasi diwaktu mendatang.

Hal tersebut dilakukan karena penanganan struktural seperti tanggul pantai, dsb dapat memberikan dampak yang besar.

Penanganan-penanganan yang direkomendasikan untuk tiap kecamatan ditunjukkan pada Tabel 4.3.9.

Tabel 4.3.9 Penanganan yang Memungkinkan untuk Setiap Kecamatan

Kecamatan (Kecamatan di depan lautan)	Kondisi Saat Ini			Penanganan-Penanganan yang Memungkinkan	
	Bencana Daerah Pantai (lelu gelombang tinggi)	Tempat evakuasi atau tempat tinggi 2km pemukiman dari pantai	Hutan Pantai di depan pemukiman	Kemungkinan relokasi	Kepedatan penduduk di daerah pantai
1 Batang Anai	Tidak	Tidak	Ya tapi jarang (Bagian Utara)	Ya tapi jarang (Bagian Selatan)	Penanganan jangka pendek <ul style="list-style-type: none"> • bangunan tahan gelombang • pemeliharaan tempat dan rute evakuasi • pemasangan papan tanda evakuasi Penanganan jangka panjang <ul style="list-style-type: none"> • hutan pantai
4 Ulakan Tapakis	Ya Serius	Tidak	Ya tapi jarang	Ya tapi jarang dan sangat jauh	Penanganan jangka pendek <ul style="list-style-type: none"> • bangunan tahan gelombang • pemeliharaan tempat dan rute evakuasi • Penentuan dan pembangunan gedung yang cukup untuk perlindungan dari tsunami • pemasangan papan tanda evakuasi Penanganan jangka panjang <ul style="list-style-type: none"> • tanggul pantai • tanggul sungai (sebagian)
5 Nan Sabanis	Tidak	Tidak	Ya tapi jarang	Ya tapi jarang dan sangat jauh	Penanganan jangka pendek <ul style="list-style-type: none"> • bangunan tahan gelombang • pemeliharaan tempat dan rute evakuasi • Penentuan dan pembangunan gedung yang cukup untuk perlindungan dari tsunami • pemasangan papan tanda evakuasi Penanganan jangka panjang <ul style="list-style-type: none"> • tanggul pantai • tanggul sungai (sebagian)
14 Sungai Limau	Ya Serius	Ya (bagian utara) Tidak (Pasar Baru, Pliubang)	Ya tapi jarang	Tinggi (kecuali bagian selatan)	Penanganan jangka pendek <ul style="list-style-type: none"> • bangunan tahan gelombang • pemeliharaan tempat dan rute evakuasi • Penentuan dan pembangunan gedung yang cukup untuk perlindungan dari tsunami • pemasangan papan tanda evakuasi Penanganan jangka panjang <ul style="list-style-type: none"> • tanggul pantai • tanggul sungai (sebagian)
15 Batang Gasen	Ya serius	ya	ya tapi jarang	tinggi	Penanganan jangka pendek <ul style="list-style-type: none"> • bangunan tahan gelombang • pemeliharaan tempat dan rute evakuasi • pemasangan papan tanda evakuasi Penanganan jangka panjang <ul style="list-style-type: none"> • tanggul pantai • tanggul sungai (sebagian)

4.3.5 Aktifitas Pengembangan Kemampuan

Upaya perumusan peta daerah rawan bencana berguna untuk mengembangkan kemampuan para *Counterpart (C/P)* dan pegawai dinas/lembaga yang berkaitan dengan pencegahan bencana. Oleh karena itu, pada dasarnya peta rawan bencana dirumuskan bersama dengan C/P dan teknologi yang dibutuhkan ditransfer kepada para C/P tersebut. Aktifitas pengembangan kemampuan adalah sebagai berikut

- Survei lapangan bersama (Joint field survei)
- Workshop

Aktivitas pengembangan kemampuan di Kabupaten Padang Pariaman ditunjukkan dalam situasi pelaksanaan perpaduan antara survei lokal dan workshop yang diperinci dalam Tabel 4.3.10

Tabel 4.3.10 Survei Lapangan Bersama dan Workshop

Tanggal	Pukul	Lokasi	Partisipan (CP)	Partisipan (Tim kajian)	Agenda
19 Juni, 2008	13:00–15:00	Kantor kajian JICA Di Kota Pariaman	C/P Tim Penanganan Bencana	Kato, Hayashi, Fujisawa, Nagasawa, Watanabe	[Workshop] –Pengenalan Penanggulangan Tsunami di Jepang
3, July 2008	7:00–17:00	Kantor kajian JICA Di Kota Pariaman Survei lapangan	C/P Tim Penanganan Bencana	Kato, Hayashi, Fujisawa, Nagasawa, Watanabe	[Field Trip/Kunjungan lapang] –Briefing –Diskusi karakteristik fisik Setiap bencana di lapangan
10 Juli 2008	10:00–17:00	Pasir baru Pilubang Ulakan Tapakis river Sungai Anai	Kota Pariaman PU Mr. Nopriyadi Sukri	Kato, Nagasawa	–Survei bersama C/P –Survei Ketinggian
16 Juli, 2008	10:00–17:00	Pasir baru Pilubang Tiram	Kab. PD. Pariaman Mr. Ir. Abd. Halim, M.Si	Nagasawa	–Survei bersama C/P –Kondisi Sebenarnya dan rencana Mendatang ttg penanganan menghadapi Tsunami
25 Juli 2008	10:00–12:00	Kantor kajian JICA Di Kota Pariaman	C/P Tim Penanganan Bencana	Nagasawa	[Workshop] Perumusan Peta Rawan Bencana Tsunami

4.4 Karakteristik Bencana Tsunami dan Penanganannya di Kota Pariaman

4.4.1 Karakteristik Bencana Tsunami di Kota Pariaman

1) Bencana Tsunami yang Pernah Terjadi

(1) Bencana Tsunami yang Pernah Terjadi di Pulau Sumatra

Lihat Bagian 4.3.1.

(2) Tsunami *target* di Kota Pariaman

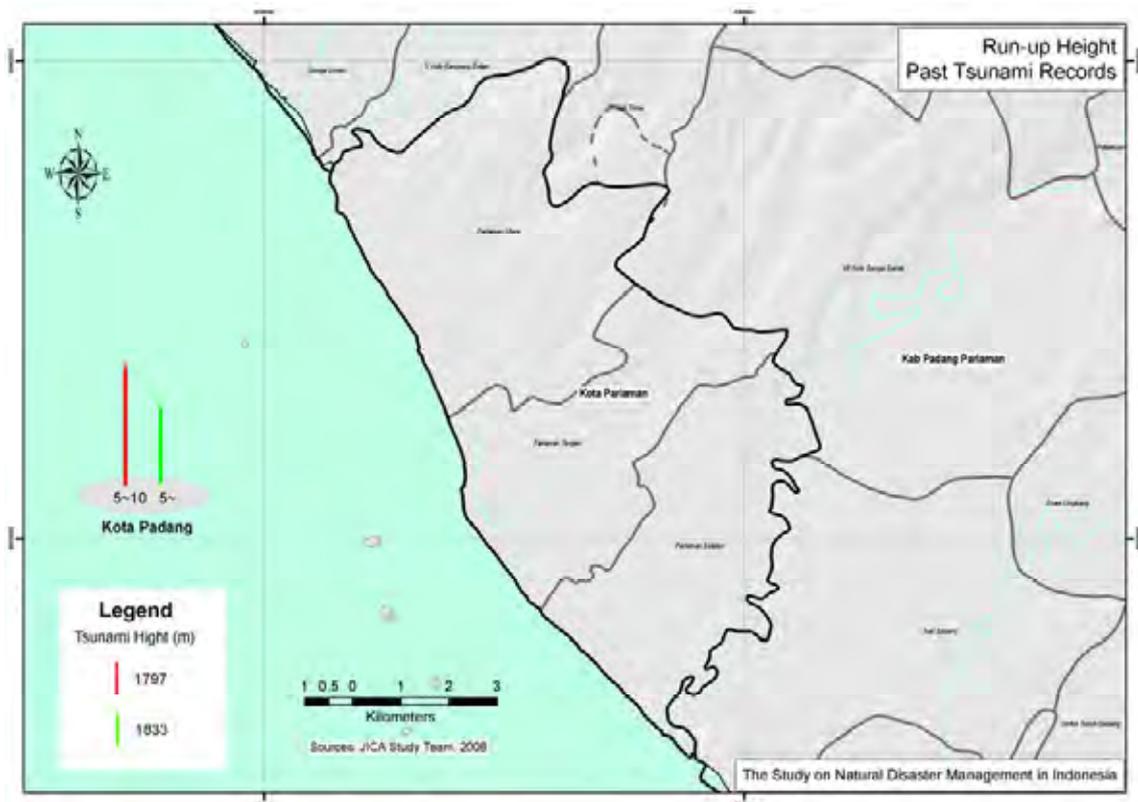
Gempa bumi dan tsunami tahun 1797 dan 1833 ditetapkan sebagai bencana tsunami *target* di Kota Pariaman dalam rencana ini.

Untuk penjelasan terperinci, lihat Bagian 4.3.1.

A. Persebaran Ketinggian Tsunami

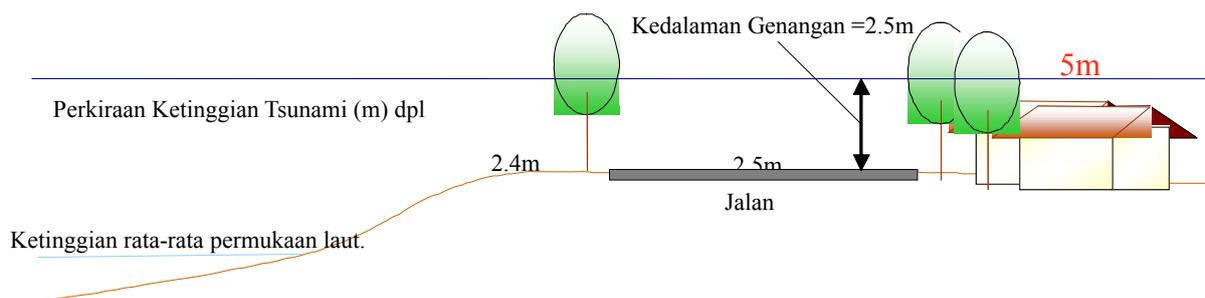
Persebaran ketinggian tsunami *target* di sepanjang pantai Kabupaten Padang Pariaman ditunjukkan oleh Gambar 4.4.1. Kabupaten Padang Pariaman tidak memiliki catatan kejadian tsunami. Kerusakan akibat banjir hanyalah kapal-kapal yang terseret tsunami pada tahun 1833, dimana hal tersebut tidaklah cukup untuk mengestimasi ketinggian tsunami dan kedalaman genangan. Oleh karena itu, lihat catatan Kota Padang karena dekat dengan selatan Kota Pariaman guna dapat memastikan perkiraan tinggi tsunami *target*. Menurut catatan tsunami tahun 1797 dan 1833 di Kota Padang, ketinggian tsunami tahun 1797 adalah 5-10m dan ketinggian tsunami tahun 1833 adalah 5 m atau kurang. Berdasarkan catatan dan kajian lain sebelumnya tentang simulasi numerik tsunami *target*, ketinggian tsunami *target* ditetapkan 5m dpl. Selain itu, bila tempat penampungan dibangun, disarankan untuk membangunnya di ketinggian lebih dari 10m, mengingat ketinggian maksimum tsunami dan asumsi yang belum pasti.

Model tampang lintang pantai di Pondok Kecamatan Pariaman Utara dengan ketinggian tsunami *target* ditampilkan pada Gambar 4.4.2. Gambar 4.4.2 menunjukkan bahwa tsunami dapat melampaui puncak bukit pasir ketika tsunami *target* menerjang.



Sumber: Tim kajian

Gambar 4.4.1 Persebaran Ketinggian Tsunami pada Peristiwa Tsunami 1797 dan 1833



Sumber: Tim kajian

Gambar 4.4.2 Tampang Lintang Pantai di Pondok, Kecamatan Pariaman Utara

B. Daerah Tergenang

Tidak ada catatan tentang daerah tergenang akibat tsunami *target* di Kota Pariaman, namun di Kota Padang ada. Menurut catatan tersebut, tsunami 1797 menerobos masuk sekitar 2 km dari pantai ke daratan dalam dan pada tahun 1833 sekitar 1 km. Perbandingan antara ketinggian dataran rendah di Kota Padang dan di Kota Pariaman dianggap sama. Sehingga diperkirakan tidak ada perbedaan situasi banjir dan jarak genangan diantara kedua daerah tersebut

C. Kerusakan Akibat Tsunami

Catatan kerusakan tsunami *target* ditunjukkan pada Tabel 4.3.4. Korban manusia dan kerusakan manusia akibat tsunami termasuk kecil mengingat situasi banjir saat itu. Diperkirakan pusat Kota Padang, menurut catatan lama, satu kilometer ke daratan dalam. Selain itu, tidak ada catatan yang jelas mengenai jumlah rumah dan kapal yang rusak parah.

Saat ini, banyak terdapat rumah di sekitar pantai dan penggunaan lahan daerah pantai telah berubah dari keadaan pada tahun 1797 dan 1833. Oleh karena itu, perlu untuk memperkirakan kerusakan mengingat adanya perubahan fungsi lahan, dsb.

2) Faktor-Faktor Kerusakan Akibat Tsunami

Lihat Bagian 4.3.1.

4.4.2 Peta Rawan Bencana Tsunami di Kota Pariaman

1) Gambaran Perumusan Peta Rawan Bencana Tsunami

Lihat Bagian 4.2.2.

2) Evaluasi Kemampuan Metode Prediksi Genangan di Kota Pariaman

Tabel 4.4.1 menunjukkan kemampuan metode prediksi genangan di Kabupaten Padang Pariaman. Meskipun ada beberapa data untuk melaksanakan setiap metode, hal tersebut cukup untuk mendapatkan hasil yang benar untuk tiap metode.

Pada dasarnya, dalam kajian ini peta rawan bencana tsunami harus dikembangkan melalui perkiraan berdasarkan ketinggian tanah karena secara komparatif termasuk metode sederhana untuk menentukan daerah rawan bencana dan level hanya dari hubungan antara kemungkinan tinggi tsunami yang ditunjukkan oleh simulasi numerik dan ketinggian tanah.

Tabel 4.4.1 Kemampuan Setiap Metode Prediksi Genangan di Kota Pariaman

Metode	Data untuk melaksanakan setiap metode	Kemampuan untuk digunakan	Keterangan
a. Metode simulasi numerik	Tidak cukup	Tidak dapat digunakan (untuk lautan)	Ada beberapa hasil data sebelumnya untuk daerah lautan.
b. Metode Level filling	Tidak cukup	Sebagian dapat digunakan	Tidak ada data akurat tentang ketinggian tanggul/bukit pasir di sepanjang pantai
c. Metode berdasarkan catatan daerah yang pernah tergenang	Tidak cukup	Tidak dapat digunakan	Tsunami tahun 1797, 1833
d. Perkiraan berdasarkan ketinggian tanah	Cukup	Dapat digunakan	

3) Indeks-Indeks Peta Rawan Bencana Tsunami

(1) Daerah tergenang dan kedalamannya yang diestimasi melalui metode level filling (H_1)

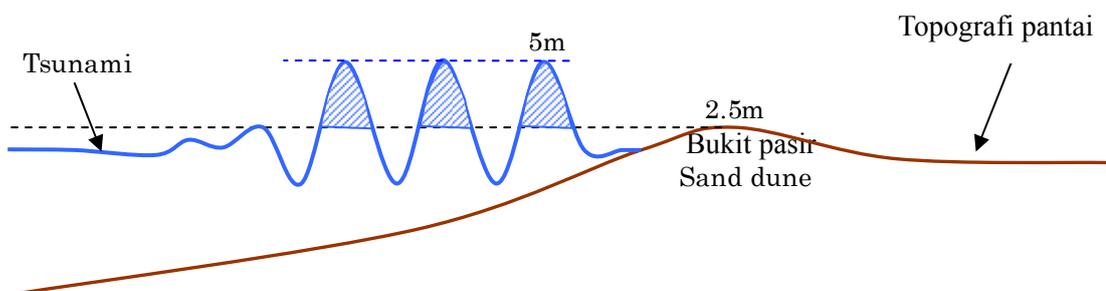
Lihat Bagian 4.2.2.

A. Penghitungan volume air yang masuk dari pantai

Volume air yang masuk dari pantai pada kejadian tsunami tahun 1797 dan 1833 telah dihitung. Data dasar tsunami ditetapkan menurut catatan dan kajian simulasi numerik tsunami sebelumnya. Mereka ditunjukkan pada Tabel 4.4.2 dan Gambar 4.4.3. Selain itu, perubahan sementara tsunami dibuat *model* seperti pada Gambar 4.2.13 untuk dapat menghitung volume air yang meluap ke pantai. Pada *model* ini, pola gelombang diperkirakan linear dan durasi waktu dibagi lima. Jumlah luapan air yang dihitung ditunjukkan pada Gambar 4.4.3.

Tabel 4.4.2 Data Tsunami untuk Penghitungan Volume Air yang Masuk ke Daratan Dalam

Poin	Nilai	Sumber
Ketinggian Tsunami	5.0 (m) dpl	Catatan Tsunami 1797 dan 1833 di Kota Padang
Lama waktu	1,260 (dtk)	Beberapa hasil sebelumnya tentang rekonstruksi tsunami 1797 dan 1833 Tsunami melalui simulasi numerik
Panjang garis pantai yang diluapi tsunami	14.8 (km)	Data topografis
Tinggi bukit pasir	2.5 (m) dpl	Data topografis dan survei lapangan
Jumlah gelombang yang melampaui puncak bukit pasir	3 gelombang	



Gambar 4.4.3 Model Tampang Lintang

Tabel 4.4.3 Volume Air yang masuk Akibat Tsunami

	(A)	(B)	(A)-(B)	(D)	(E)	(D)*(E)
No.	Tinggi Tsunami	Tinggi Bukit Pasir	-	Q1 (m ² /dtk)	$\frac{1}{2}T$ (dtk)	Q2 (m ²)
1	1.0	2.5	-1.5	0.00	126	0.00
2	3.0	2.5	0.5	0.55	126	69.03
3	5.0	2.5	2.5	6.13	126	771.75
4	3.0	2.5	0.5	0.55	126	69.03
5	1.0	2.5	-1.5	0.00	126	0.00
Penjumlahan				(per 1 gel. dan 1m)		909.80
				(per 3 gel. and 1m)		2729.41

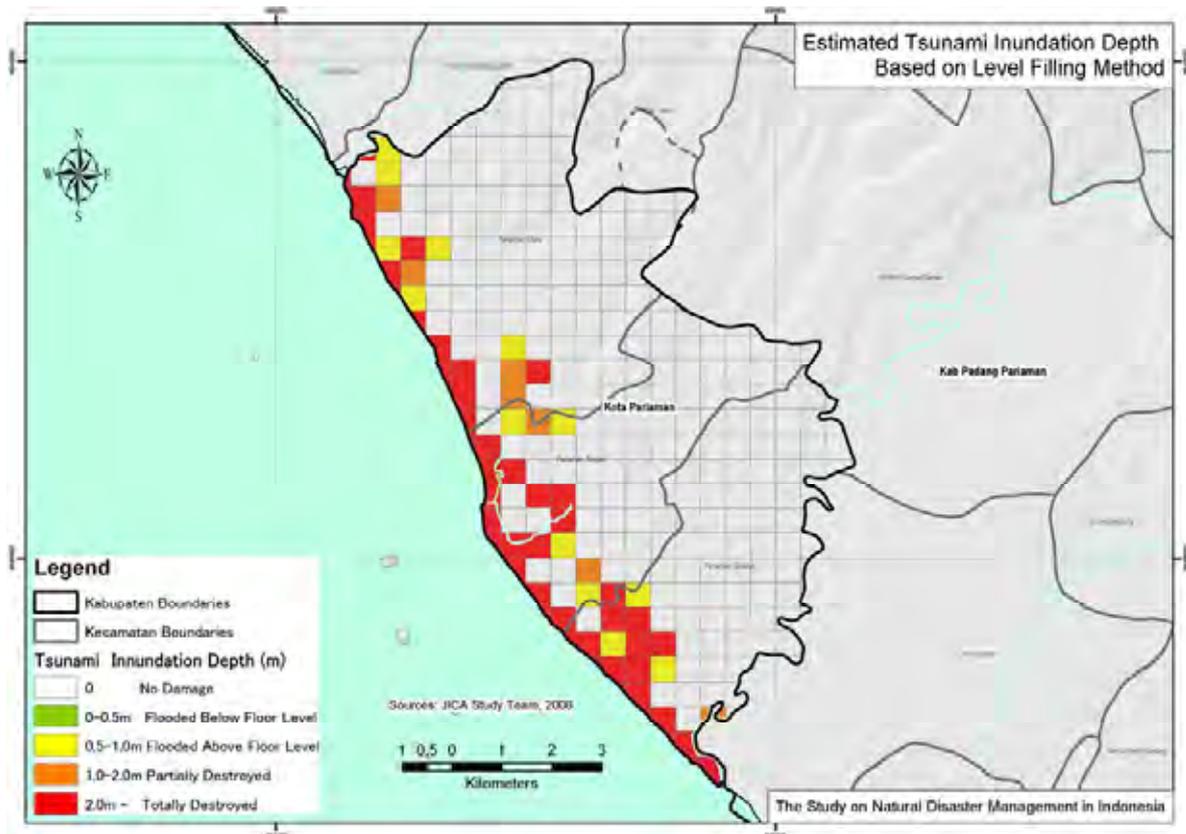
B. Daerah tergenang dan kedalamannya

Peta perkiraan genangan berdasarkan volume air yang meluap ke pantai yang ditunjukkan

Tabel 4.4.3 disajikan pada Gambar 4.4.4. Tingkatan dan nilainya adalah sebagai berikut.

i)	$2.0m <$	(Rusak seluruhnya)	• • • • Nilai 4
ii)	$1.0m < H \leq 2.0m$	(Rusak sebagian)	• • • • Nilai 3
iii)	$0.5m < H \leq 1.0m$	(Banjir melebihi lantai)	• • • • Nilai 2
iv)	$0.0m < H \leq 0.5m$	(Banjir di bawah lantai)	• • • • Nilai 1
v)	$H = 0.0m$	(Tidak ada kerusakan)	• • • • Nilai 0

Metode Level filling membutuhkan struktur bentuk tanah yang dapat mencegah gelombang membanjiri daerah pantai. Namun, tidak ada bangunan atau bentuk tanah seperti bukit pasir di seluruh daerah pantai di Kabupaten Padang Pariaman. Oleh karena itu, perkiraan daerah tergenang mungkin diperkirakan lebih rendah di muara sungai yang menghalang pasirnya lebih rendah dari tinggi ($=2.5m$) yang telah disebutkan *model* di atas.



Sumber: Tim kajian

Gambar 4.4.4 Daerah Tergenang dan Kedalamannya yang Diestimasi Melalui Metode Level Filling(H_1)

(2) Daerah tergenang berdasarkan catatan kejadian lalu (H_2)

Tidak tersedia catatan tentang daerah tergenang yang pernah terjadi akibat bencana tsunami di Kota Pariaman.

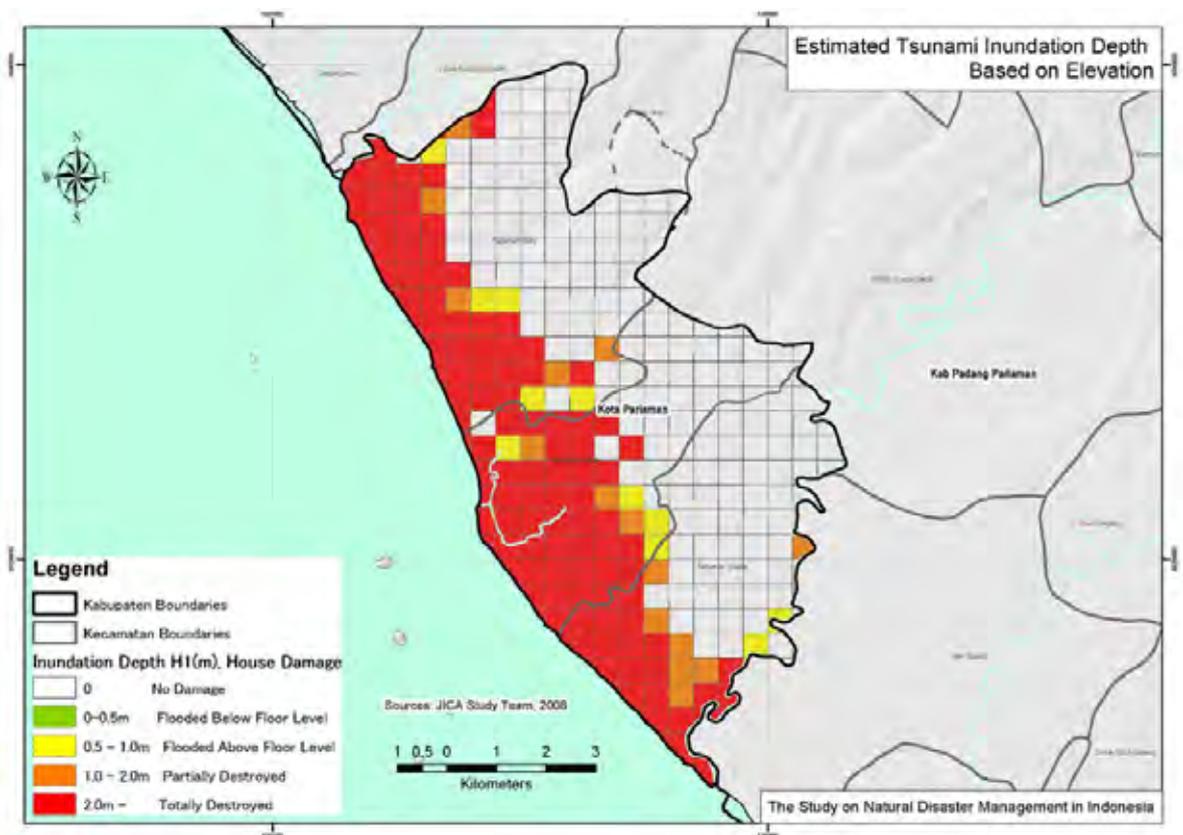
(3) Daerah tergenang dan kedalamannya diestimasi berdasarkan ketinggian tanah (H_3)

Perkiraan berdasarkan ketinggian tanah secara komparatif merupakan metode sederhana untuk menentukan daerah rawan bencana dan levelnya hanya dari hubungan antara kemungkinan tinggi tsunami yang ditunjukkan oleh simulasi numerik dan ketinggian tanah³. Ketinggian maksimum tsunami pada tahun 1797 dan 1833 adalah 5m atau kurang. Sehingga, 5m dpl ditetapkan sebagai standar tinggi tsunami yang mungkin terjadi. Tingkatan dan nilainya adalah sebagai berikut.

³ Data ketinggian dataran diperoleh dari pengukur SPOT DEM. Penentuan ketinggian dilakukan dengan menggunakan elevasi sebenarnya yang diperoleh dari proses pengukuran yang dilakukan oleh Tim Studi. SPOT DEM adalah digital elevation model yang merupakan hasil korelasi otomatis dari stereopair yang diperoleh instrumen HRS pada SPOT 5, satelit kelima dari beragam seri SPOT, yang ditempatkan di orbit dengan diluncurkan oleh Ariane.

- i) $2.0m <$ (Rusak seluruhnya) Nilai 4
- ii) $1.0m < H \leq 2.0m$ (Rusak sebagian) Nilai 3
- iii) $0.5m < H \leq 1.0m$ (Banjir melebihi lantai) Nilai 2
- iv) $0.0m < H \leq 0.5m$ (Banjir di bawah lantai) Nilai 1
- v) $H = 0.0m$ (Tidak ada kerusakan) Nilai 0

Dibandingkan dengan catatan kejadian tsunami di Padang tahun 1833 yang menggambarkan bahwa tsunami masuk daratan sampai setidaknya 1 km dari pantai maka perkiraan daerah rawan bencana tsunami lebih luas dari sebelumnya. Jadi, perkiraan daerah yang dibanjiri tsunami berdasarkan ketinggian tanah dinilai berlebih yang merupakan sisi berbahaya dari estimasi ini.



Sumber: Tim kajian

Gambar 4.4.5 Daerah Tergenang dan Kedalamannya yang Diestimasi Berdasarkan Ketinggian Tanah (H_3)

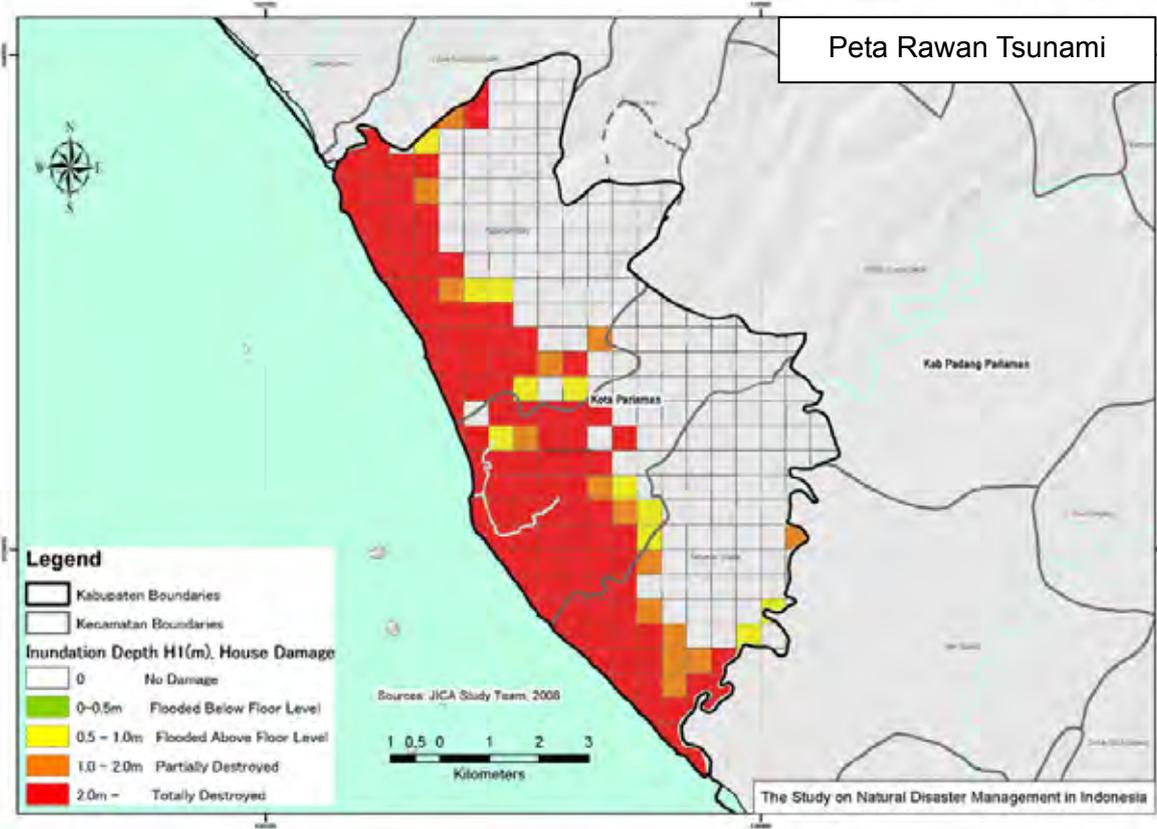
4) Peta Rawan Bencana Tsunami di Kota Pariaman

Bila ketiga indeks tersebut diatas dikomparasi, maka hasil dari sisi membahayakan secara urut adalah daerah tergenang berdasarkan ketinggian tanah (H_3), daerah tergenang yang diperkirakan melalui metode level filling (H_1), dan daerah tergenang menurut catatan kejadian lalu. Sebenarnya penting untuk mengadopsi metode prediksi dengan keakuratan tertinggi. Dalam kajian ini, daerah tergenang berdasarkan ketinggian tanah (H_3), yang memberi hasil pada sisi paling membahayakan dan mudah untuk merumuskan, harus diadopsi karena semua metode prediksi memiliki masalah akurasi yang tergantung pada data yang tersedia dan keakuratannya. Jika peta daerah tergenang dengan akurasi yang lebih tinggi bisa dirumuskan dan setelahnya berbagai data dapat disimpan untuk dapat menggantikan peta daerah tergenang yang ada.

Peta rawan bencana tsunami yang dibuat berdasarkan perkiraan kedalaman genangan (H_3) ditunjukkan pada Gambar 4.4.6. Pada gambar tersebut, nilai kerawanan tsunami dibagi menjadi 5 tingkatan seperti berikut ini.

- | | | | |
|------|----------------------|--------------------------|--|
| i) | $2.0m <$ | (Rusak menyeluruh) | • • • • Nilai 4 (Kerawanan tertinggi) |
| ii) | $1.0m < H \leq 2.0m$ | (Rusak sebagian) | • • • • Nilai 3 (Kerawanan tinggi) |
| iii) | $0.5m < H \leq 1.0m$ | (Banjir melebihi lantai) | • • • • Nilai 2 (Kerawanan sedang) |
| iv) | $0.0m < H \leq 0.5m$ | (Banjir dibawah lantai) | • • • • Nilai 1 (Kerawanan rendah) |
| v) | $H = 0.0m$ | (Tidak ada kerusakan) | • • • • Nilai 0 (Tidak rawan) |

Gambar 4.4.6 menunjukkan kerawanan bencana tsunami terkonsentrasi di daerah dataran rendah dekat pantai. Perkiraan daerah yang dibanjiri tsunami meluas dari pantai sampai daratan dalam karena dataran rendah membentang sekitar 2-3km dari garis pantai ke daratan dalam di Kota Pariaman.



Sumber: Tim kajian

Gambar 4.4.6 Peta Rawan Bencana Tsunami

4.4.3 Peta Resiko Bencana Tsunami di Kota Pariaman

4) Dasar Pembuatan Peta Resiko Bencana Tsunami

Untuk Bagian 4.4.3 4), Lihat Bagian 4.3.3 tentang Dasar Pembuatan Peta Resiko Bencana Tsunami, 1) Dasar Pembuatan Peta Resiko Bencana Tsunami.

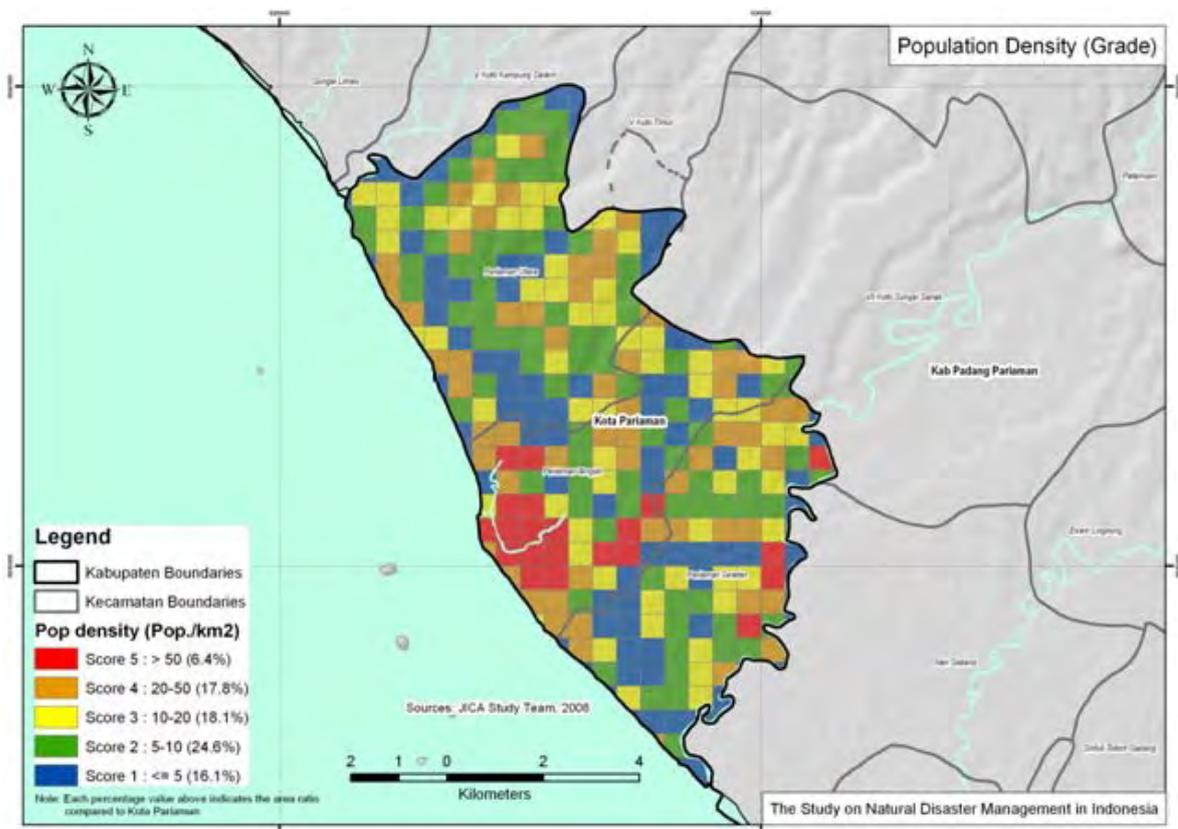
5) Indeks-Indeks Keterancaman

Untuk Bagian 4.4.3 5), Lihat Bagian 4.3.3 tentang Peta Resiko Bencana di Kabupaten Padang Pariaman, 2) Indeks-Indeks Keterancaman.

(1) Kepadatan Penduduk (V_1)

Kepadatan penduduk dihitung berdasarkan jumlah penduduk yang tinggal di daerah pemukiman. Kepadatan penduduk dibagi 5 tingkatan dan nilainya ditentukan sebagai berikut.

- i) $50 \text{ (pop./km}^2\text{)} <$ Nilai 5
- ii) $25 \sim 50 \text{ (pop./ km}^2\text{)}$ Nilai 4
- iii) $10 \sim 25 \text{ (pop./ km}^2\text{)}$ Nilai 3
- iv) $5 \sim 10 \text{ (pop./ km}^2\text{)}$ Nilai 2
- v) $\leq 5 \text{ (pop./ km}^2\text{)}$ Nilai 1

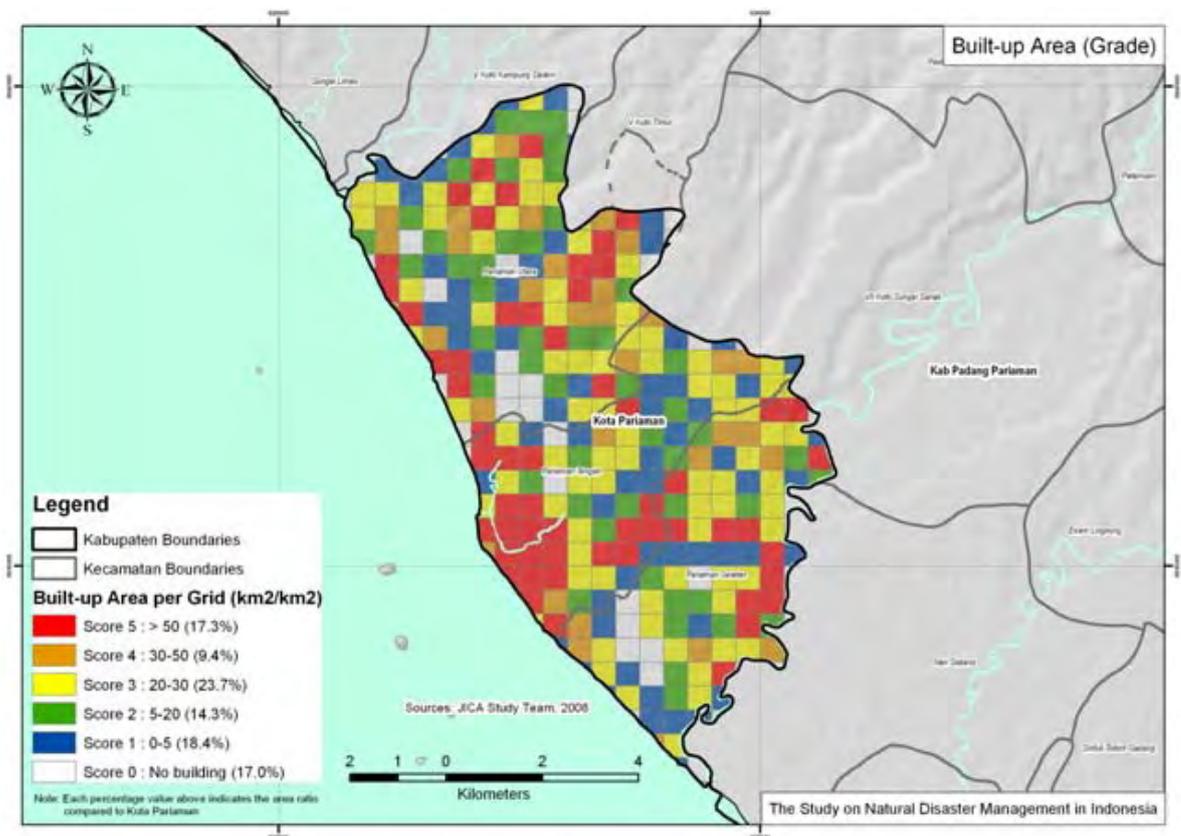


Gambar 4.4.7 Kepadatan Penduduk (V_1)

(2) Kawasan Terbangun (V₂)

Kawasan terbangun dapat dianggap sebagai daerah yang terancam bencana, yang dibuat berdasarkan peta penggunaan lahan Kabupaten Padang Pariaman. Tingkatannya diklasifikasikan menurut kawasan terbangun per unit (1km²).

- i) 50 (km²/km²) < Nilai 5
- ii) 30~50 (km²/km²) Nilai 4
- iii) 20~30 (km²/km²) Nilai 3
- iv) 5~20 (km²/km²) Nilai 2
- v) 0~5 (km²/km²) Nilai 1

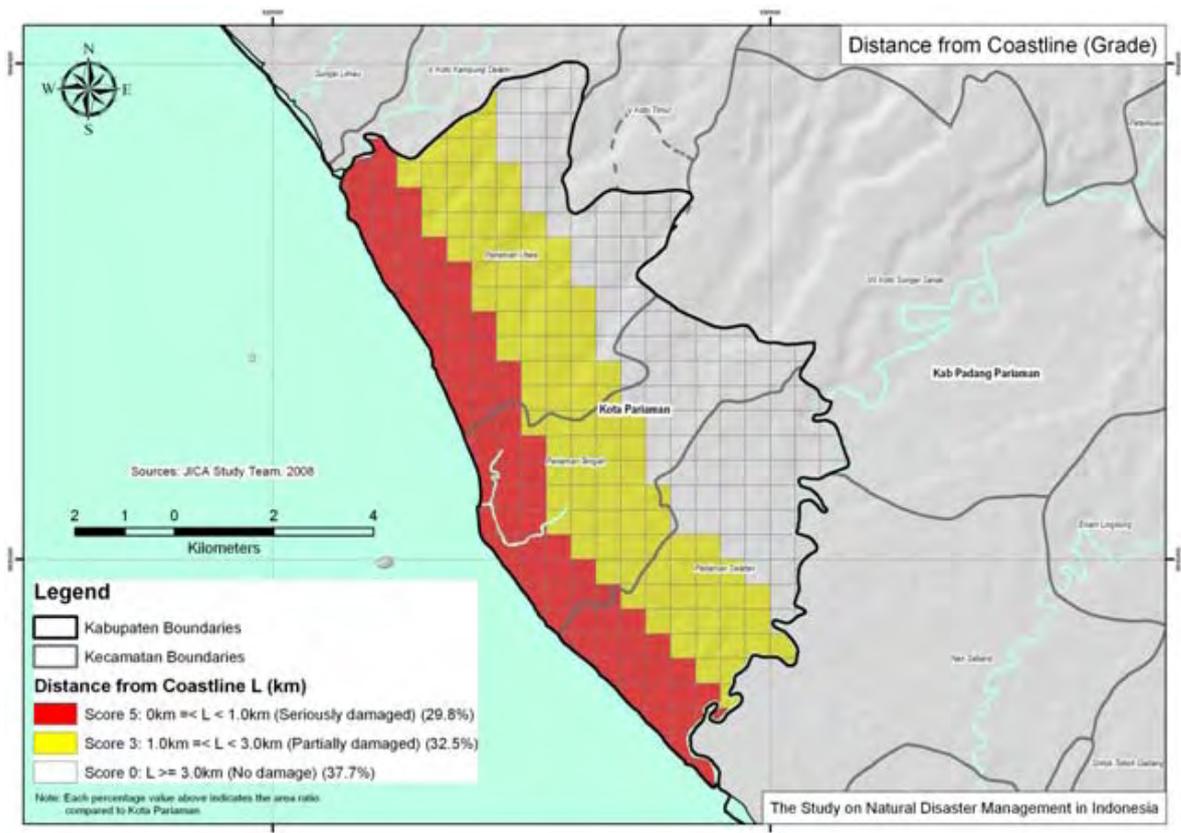


Gambar 4.4.8 Kawasan Terbangun (V₂)

(3) Jarak dari Garis Pantai (V_3)

“Jarak dari garis pantai” dipilih sebagai salah satu indeks keterancaman bencana tsunami. Tingkatan dan nilainya adalah sebagai berikut.

- i) $0\text{km} \leq L < 1.0\text{km}$ (Rusak parah) • • • Nilai 5
- ii) $1.0\text{km} < L < 3.0\text{km}$ (Rusak sebagian) • • • Nilai 3
- iii) $3.0\text{km} \leq L$ (Tidak ada kerusakan) • • • Nilai 0



Gambar 4.4.9 Jarak dari Garis Pantai (V_3)

6) Peta Resiko Bencana Tsunami di Kota Pariaman

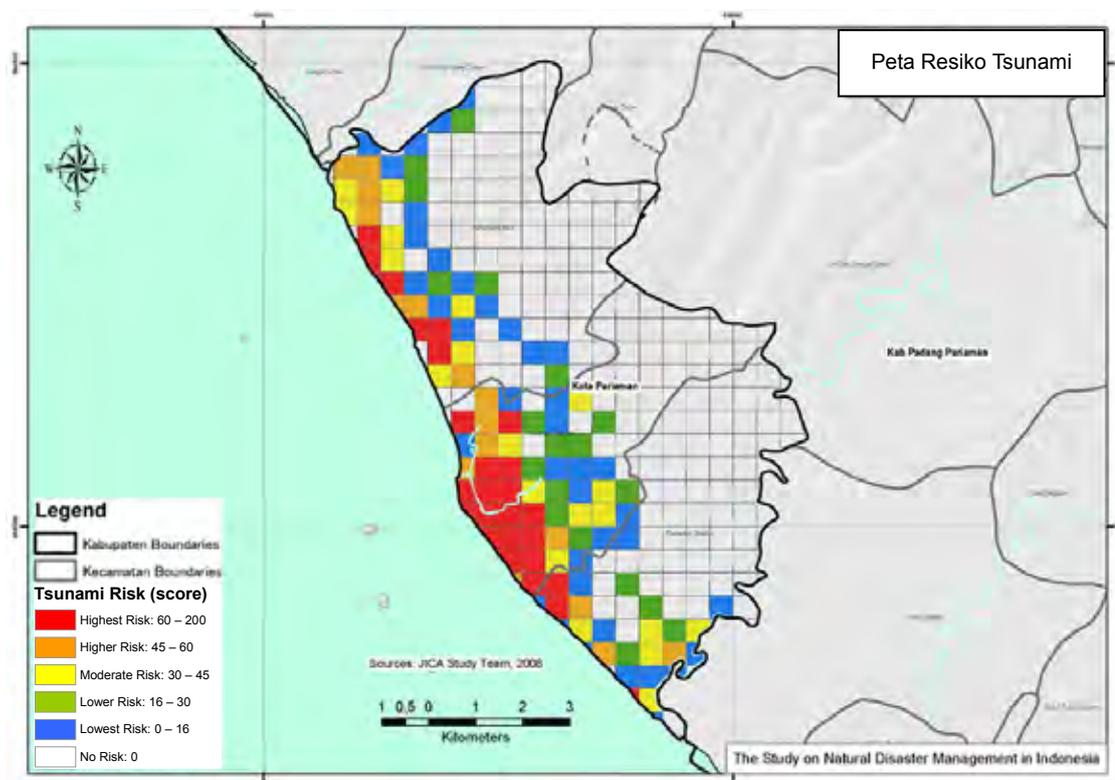
Gambar 4.4.10 menunjukkan peta resiko bencana tsunami yang dihitung dengan rumus tersebut di atas, seperti yang ditunjukkan Gambar 4.4.10, nilai kerawanan tsunami dibagi menjadi 5 tingkatan yang menunjukkan klasifikasi kerawanan. “Merah” berarti kerawanan tertinggi dan “oranye” berarti kerawanan tinggi. Kerawanan sedang ditunjukkan oleh “kuning”, “hijau” berarti kerawanan rendah dan “biru” menunjukkan kerawanan terendah.

Gambar 4.4.10 menunjukkan bahwa resiko bencana tsunami tersebar di seluruh daerah pantai seluas 1-2km, khususnya di pusat Kota Pariaman dimana populasi dan pemukiman terkonsentrasi sangat tinggi. Selain itu, pusat Kota Pariaman memiliki banyak fasilitas penting seperti balai kota, fasilitas transportasi seperti rel kereta api, jalan dan jembatan, fasilitas pelabuhan, fasilitas pelabuhan ikan dalam radius 1km dari garis pantai. Sehingga resiko kerusakan infrastruktur di pusat Kota Pariaman tersebut sangat serius.

Resiko bencana tsunami dihitung dengan menggunakan Rumus 4.4.1.

$$(H_3) \times (V_3) \times (V_1+V_2) \quad \cdot \cdot \cdot \text{ Rumus 4.4.1.}$$

dimana, H_3 : daerah tergenang dan kedalamannya yang dihitung berdasarkan ketinggian tanah, V_1 : kepadatan penduduk, V_2 : kawasan terbangun dan V_3 : jarak dari garis pantai.



Gambar 4.4.10 Peta Resiko Bencana Tsunami

4.4.4 Penanganan yang Memungkinkan untuk Menghadapi Bencana Tsunami di Kota Pariaman

1) Kejadian Bencana Tsunami Terkini dan Karakteristiknya

Ada beberapa tsunami yang mencapai pantai Kota Pariaman beberapa tahun terakhir seperti Tsunami Bengkulu tahun 2007, yaitu yang terkini. Namun hanya tsunami tahun 1797 dan 1833 yang menyebabkan korban jiwa dan kerusakan properti serius di daerah pantai Kota Pariaman.

Poin-poin berikut merupakan karakteristik topografi yang memfokuskan pada kerusakan tempat akibat tsunami Bengkulu tahun 1994 dan sering terjadinya gelombang tinggi. Hampir semua daerah dataran rendah di pantai dan kerusakan terpusat di titik lemah geografis seperti muara sungai dimana ketinggian bukit pasir agak rendah. Selain itu, kerusakan parah terjadi akibat gelombang tinggi di daerah tersebut dimana daerah pantai antara garis pantai dan daerah pemukiman sempit akibat erosi, dsb.

Daerah-daerah yang beresiko terhadap bencana tsunami adalah sebagai berikut.

- Pantai dan dataran rendah (*contoh*: hampir semua daerah pantai)
- Daerah yang rusak akibat gelombang tinggi (*contoh*: Pauh Barat, pusat Kota Pariaman)
- Pantai sempit yang tererosi (*contoh*: Pasir, Pauh Barat, Marunggi, Pasir Sunur, Taluak)
- Muara dan bagian dimana ketinggian bukit pasir lebih rendah dibandingkan dengan yang berada di pantai lain (*contoh*: pusat Kota Pariaman)

2) Penanganan-Penanganan Menghadapi Bencana Tsunami

Cara dasar menghindari diri dari tsunami adalah pergi dari daerah-daerah yang telah disebut di atas yang memiliki resiko bencana tertinggi. Relokasi ke tempat yang lebih tinggi merupakan cara paling efektif yang telah lama direkomendasikan. Namun, warga setempat seperti nelayan sulit untuk menerima ide tersebut karena memang tsunami tidak sering terjadi. Oleh karena itu, sangat penting untuk mempertimbangkan penanganan menyeluruh termasuk penguatan struktur rumah terhadap gelombang dan evakuasi, dsb guna dapat mengurangi kerawanan bencana tsunami. Penanganan-penanganan yang memungkinkan untuk menghadapi tsunami dan kemampuannya untuk bisa digunakan di Kabupaten Padang Pariaman dijelaskan sebagai berikut.

(1) Penanganan-Penanganan Struktural

A. Tanggul pantai, pemecah ombak, pintu air tsunami dan tanggul sungai

Sehubungan dengan penanganan struktural, berikut adalah tindakan yang harus dilakukan.

Tanggul pantai, pemecah ombak, tanggul sungai dibangun di muara sungai dan tanggul sungai tersebut berfungsi untuk membatasi genangan ke pantai dan kenaikan air sungai. Namun rencana ini sulit untuk diwujudkan di Kabupaten Padang Pariaman karena membutuhkan investasi besar dan waktu lama. Jika penanganan struktural dilaksanakan, diusulkan desain jalan di bukit pasir sepanjang pantai dinaikkan sehingga berfungsi sebagai tanggul pantai atau penanganan struktural dilaksanakan hanya di bagian daerah yang berpenduduk padat dekat pantai sebagai tindakan mitigasi jangka panjang.

B. Hutan Pantai

Semua daerah pantai di Kota Pariaman merupakan pantai berpasir dengan bukit pasir kecil. Sehingga, penanaman pohon di hutan pantai disarankan sebagai penanganan menghadapi tsunami dan pasir yang berterbangan yang nantinya juga akan membentuk bukit pasir dan meningkatkan fungsi perlindungan dari bukit pasir untuk jangka panjang. Penanaman pohon di daerah pantai telah dilakukan di Kota Pariaman (Lihat Gambar 4.4.11) dan upaya tersebut diharapkan dapat memelihara hutan pantai. Tabel 4.4.4 menunjukkan hasil upaya penghijauan yang telah dilakukan dan rencana mendatang.



Naras



Pantai Kata



Pantai Kata



Pantai Kata

Sumber: Tim kajian

Gambar 4.4.11 Pohon-Pohon yang Ditanam di Pantai

Tabel 4.4.4 Penghijauan

Tahn	Lokasi			Penghijauan	Tipe	Keterangan
	Desa/Nagari	Kecamatan	Kota/Kabupaten			
2006	Talu K	Pariaman Tengah	Kota Pariaman	1,000	Mangrove	Rasio residu=30%, tahun 2008
2006	Mangsung	Pariaman Utara	Kota Pariaman	1,000	Mangrove	Rasin residu=60%, tahun 2008
2008	-	-	Kota Pariaman	4,500	Mangrove	Tahap perencanaan

Sumber: DKP Kota Pariaman

C. Bangunan Tahan Gelombang

Di desa nelayan, sulit untuk mendapatkan persetujuan relokasi ke tempat yang lebih tinggi. Sehingga, perlu sekali adanya penanganan lain seperti meningkatkan ketahanan terhadap gelombang bagi rumah yang telah dibangun. Kondisi rumah nelayan saat ini dan rumah yang

sudah dimodifikasi ditunjukkan pada Gambar 4.4.12. Rumah berlantai tinggi yang telah diperkuat untuk menghadapi gelombang telah dibangun di Kota Pariaman.



Sumber: Tim kajian

Gambar 4.4.12 Rumah Berlantai Tinggi yang Telah Diperkuat Untuk Menghadapi Gelombang di Ampalu

(2) Perencanaan Kota untuk Pencegahan Bencana Tsunami

A. Relokasi

Seperti yang telah dijelaskan di atas, penanganan dasar terhadap tsunami adalah pergi ke tempat yang tidak bisa dijangkau oleh tsunami. Metode yang paling efektif adalah memindahkan warga ke tempat yang aman dari tsunami. Bila relokasi sulit dilakukan maka lantai dasar rumah sebaiknya dinaikkan. Secara umum, tidaklah mudah mendapatkan kesepakatan dari warga karena alasan ekonomi dan kenyamanan untuk pindah ke tempat yang lebih tinggi. Malahan, mereka mungkin akan kembali ke tempat asalnya setelah waktu berlalu karena alasan tersebut di atas. Sehingga perlu adanya pembangunan fasilitas publik seperti balai kota, kantor polisi, kantor pemadam kebakaran dan fasilitas untuk masyarakat lemah fisik seperti rumah sakit dan sekolah di tempat yang tinggi yang aman dari jangkauan tsunami.

B. Peraturan Penggunaan Lahan

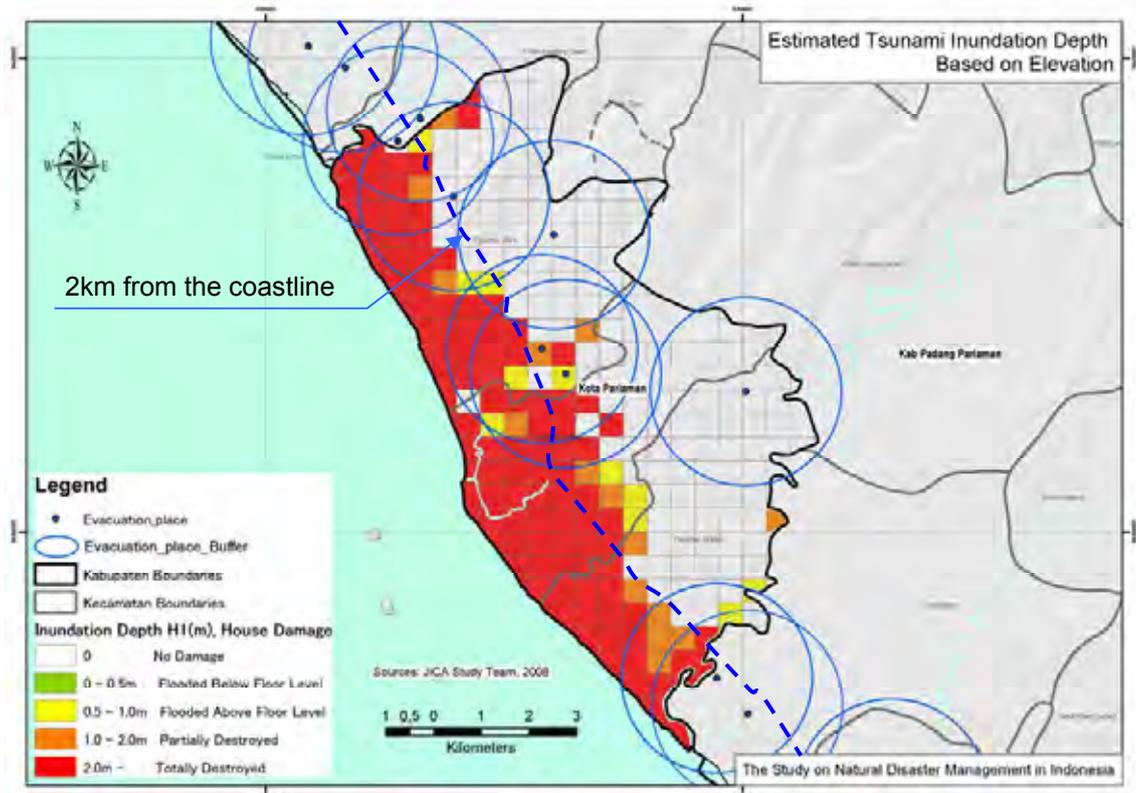
Tindakan pengaturan yang efektif berperan dalam penyelenggaraan rekonstruksi bangunan tua menjadi bangunan tahan gelombang selain adanya pembatasan aktifitas dan pembangunan di daerah rawan bencana tsunami melalui peraturan tentang penggunaan lahan.

(3) Peta Rawan Bencana Tsunami

Peta rawan bencana merupakan alat sangat berguna untuk menyajikan informasi evakuasi dan pendidikan tentang bencana tsunami kepada warga. Selain itu, peta tersebut bisa digunakan untuk mempelajari tempat pengungsian dan pembangunan fasilitas pencegahan bencana. Peta rawan bencana tsunami sering dibuat berdasarkan catatan kejadian banjir tsunami dan hasil simulasi numerik tsunami sebagai pelengkap. Dalam kajian ini, peta dibuat berdasarkan catatan banjir akibat tsunami tahun 1797 dan 1833. Meskipun menurut catatan tsunami tahun 1797 dan 1833 merupakan yang terbesar di Kota Pariaman, namun jumlah catatan yang tersedia tidak cukup untuk mengatakan bahwa tsunami yang lebih besar tidak akan terjadi. Sehingga ada kemungkinan daerah tergenang akan lebih besar dari daerah yang ditunjukkan pada peta dan sangat penting untuk membuat peta daerah rawan yang tepat yang menghindarkan warga dari memiliki gambaran pasti tentang daerah resiko bencana tsunami.

(4) Pemeliharaan tempat dan rute pengungsian

Evakuasi ketika tsunami datang perlu untuk dilakukan dan sangat penting untuk tidak menghindar dari tsunami secara horizontal melainkan harus naik tempat yang lebih tinggi dari tsunami. Yang perlu dihargai dari adanya rumusan peta rawan bencana tsunami yaitu adanya informasi tentang kemungkinan banjir yang masuk ke daratan dalam ketika tsunami yang meluapi bukit pasir di pantai karena area di belakang bukit merupakan dataran rendah terutama bagian selatan Kota Pariaman. Oleh karena itu, penting untuk menentukan tempat pengungsian dengan ketinggian dan luas yang cukup serta menentukan rute pengungsian di dataran rendah dekat pantai yang menuju ke tempat yang lebih tinggi. Selain itu, warga lebih memilih menentukan tempat dan rute pengungsian mereka sendiri daripada yang telah ditentukan oleh pemerintah. Gambar 4.4.13 menunjukkan persebaran tempat pengungsian yang ditentukan oleh Pemerintah Kabupaten Padang Pariaman dan lingkaran menunjukkan jarak perjalanan kaki selama 30 menit yang cukup untuk melakukan pengungsian dari gempa bumi. Hal tersebut dikarenakan tsunami diperkirakan mencapai pantai Kota Pariaman setelah adanya gempa bumi.



Gambar 4.4.13 Persebaran Tempat Pengungsian

(5) Pelatihan Tsunami

Menurut hasil kajian simulasi numerik sebelumnya, waktu datangnya tsunami ke pantai Kabupaten Padang Pariaman diperkirakan sekitar 30 menit. Karena waktu yang tersedia tidak cukup untuk melakukan persiapan maka perlu diadakannya pelatihan tsunami yang berguna untuk mengungsikan warga yang tinggal di dekat pantai ke tempat yang lebih tinggi dengan cepat tanpa adanya kebingungan. Di Kota Pariaman, pelatihan tsunami telah dilaksanakan namun penting untuk meningkatkan rencana evakuasi selain menggunakan rencana pencegahan bencana daerah dan peta rawan bencana tsunami serta peta resiko bencana tsunami yang dirumuskan dalam kajian ini di waktu mendatang.

(6) Pendidikan

Dalam beberapa tahun belakangan, tsunami dahsyat terjadi secara beruntun tahun 2004, 2005, dan 2007 yang menyebabkan kerusakan parah di daerah pesisir Sumatra. Gelombang tersebut mencapai pantai Kota Pariaman namun tidak menyebabkan kerusakan dan tsunami dahsyat belum pernah terjadi di lepas pantai Kota Pariaman setelah tsunami tahun 1797 dan 1833. Sehingga daerah lepas pantai Kota Pariaman telah menarik perhatian sebagai daerah yang memiliki kemungkinan tertinggi terjadinya gempa bumi hebat dan tsunami di waktu mendatang. Oleh karena itu, perlu adanya usaha memelihara kesempatan pendidikan tentang bencana tsunami

dan mewariskan pelajaran penting tentang bencana tsunami yang telah terjadi ke generasi selanjutnya.

3) Penanganan-penanganan yang memungkinkan untuk setiap kecamatan

Bukan hanya karakteristik geografis yang berbeda secara meluas namun juga penyesuaian dan prioritas penanganan-penanganan yang telah dijelaskan di atas yang berbeda antara bagian utara dan selatan Kota Pariaman. Oleh karena itu, penanganan struktural dan non-struktural ditentukan berdasarkan karakteristik tiap daerah.

Berikut adalah poin-poin karakteristik daerah

- Bencana yang pernah terjadi di daerah pantai (gelombang tinggi)
- Tempat pengungsian atau tempat yang tinggi sejauh 2km dari pantai
- Hutan pantai di depan pemukiman
- Kemungkinan relokasi
- Kepadatan penduduk di daerah pesisir

Berikut ini tindakan mitigasi yang disarankan.

- Penanganan Jangka Pendek
 - Penanganan yang harus dilaksanakan saat ini
- Penanganan Jangka Panjang
 - Penanganan yang harus dilaksanakan jika perlu setelah dampak penanganan jangka pendek dievaluasi diwaktu mendatang.

Hal tersebut dilakukan karena penanganan struktural seperti tanggul pantai, dsb dapat memberikan dampak yang besar.

Penanganan-penanganan yang direkomendasikan untuk tiap kecamatan ditunjukkan pada

Tabel 4.4.5 Penanganan-Penanganan yang Memungkinkan untuk Setiap Kecamatan

Kecamatan (Kecamatan di depan lautan)	Kondisi Saat Ini					Penanganan-Penanganan yang Memungkinkan	
	Bencana Daerah Pantai (gelombang tinggi)	Tempat evakuasi atau tempat tinggi 2km dari pantai	Hutan Pantai di depan pemukiman	Kemungkinan relokasi	Kepadatan penduduk di daerah pantai	Penanganan Struktural	Penanganan Non-Struktural
1 Paríaman Utara	Ya tapi jarang	Ya	Ya tapi jarang	tempat relokasi rendah,tidak mencukupi dan sangat jauh	lebih tinggi	<ul style="list-style-type: none"> • bangunan tahan gelombang (beberapa rumah telah dibangun) • pemeliharaan tempat dan rute evakuasi • pemasangan papan tanda evakuasi Penanganan jangka panjang <ul style="list-style-type: none"> • tanggul pantai 	<ol style="list-style-type: none"> 1. hutan pantai 2. peraturan penggunaan lahan 3. peta rawan bencana tsunami 4. pelatihan tsunami 5. pendidikan 6. sistem peringatan dini
2 Paríaman Pusat	Ya tapi jarang	Tidak	Ya tapi jarang	tempat relokasi rendah,tidak mencukupi dan sangat jauh	tinggi	<ul style="list-style-type: none"> • bangunan tahan gelombang (beberapa rumah telah dibangun) • pemeliharaan tempat dan rute evakuasi • Penentuan dan pembangunan gedung yang cukup untuk perlindungan dari tsunami • pemasangan papan tanda evakuasi Penanganan jangka panjang <ul style="list-style-type: none"> • tanggul pantai dan pembatas pantai • pintu air tsunami 	<ol style="list-style-type: none"> 1. hutan pantai 2. peraturan penggunaan lahan 3. peta rawan bencana tsunami 4. pelatihan tsunami 5. pendidikan 6. sistem peringatan dini (sudah dipasang sebagian)
3 Paríaman Selatan	Ya tapi jarang	Tidak	Ya tapi jarang	tempat relokasi rendah,tidak mencukupi dan sangat jauh	lebih tinggi	<ul style="list-style-type: none"> • bangunan tahan gelombang (beberapa rumah telah dibangun) • pemeliharaan tempat dan rute evakuasi • Penentuan dan pembangunan gedung yang cukup untuk perlindungan dari tsunami • pemasangan papan tanda evakuasi Penanganan jangka panjang <ul style="list-style-type: none"> • tanggul pantai 	<ol style="list-style-type: none"> 1. hutan pantai 2. peraturan penggunaan lahan 3. peta rawan bencana tsunami 4. pelatihan tsunami 5. pendidikan 6. sistem peringatan dini (sudah dipasang sebagian)

4.4.5 Aktifitas Pengembangan Kemampuan

Lihat Bagian 4.3.5.