

**PEMETAAN TINGKAT RESIKO TSUNAMI DI
KABUPATEN SIKKA, NUSA TENGGARA TIMUR**

**(TSUNAMI RISK LEVEL MAPPING IN SIKKA COUNTY,
EAST NUSA TENGGARA)**

Ernawati Sengaji¹ dan Bisman Nababan¹

¹Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Institut Pertanian Bogor. Email: erna_muchlas@yahoo.com

Abstract

Tsunami risk level mapping in Sikka County, East Nusa Tenggara was conducted using geographical information system with sensitivity and susceptibility approaches. Sensitivity level was analyzed using run up data of Flores tsunami 1992. Susceptibility level was approached using elevation, slope, beach morphology, land use, distance from coast line, and distance from river. Infrastructure and population factors were also used to determine tsunami risk level. In general, coastal region of Sikka County was vulnerable to tsunami. Tsunami very high risk level was found in two coastal regions i.e., Alok and Magepanda districts (32.04 Ha or 0.02% of total area of Sikka County). Tsunami high risk level was found mostly along the northern coast and some along the southern coast (2,733.93 Ha or 1.73% of total area of Sikka County). Regions with very high and high risk level were still relatively small area comparing to the total area of Sikka County. However, these regions are densely populated so that mitigation effort is needed to reduce the negative impact of tsunami. The frequency of Earthquake with magnitude of >5 Richter Scale in Sikka County and its surroundings was also high. Therefore, mitigation effort is urgently needed to be developed and implemented in Sikka County.

Keywords: *Sensitivity and susceptibility level, tsunami risk, GIS, Sikka County*

Abstrak

Pemetaan tingkat resiko tsunami di Kabupaten Sikka Nusa Tenggara Timur dilakukan dengan menggunakan sistem informasi geografis melalui pendekatan analisis tingkat kerawanan dan kerentanan tsunami. Tingkat kerawanan dianalisis berdasarkan data *run up* tsunami Flores tahun 1992 di Kabupaten Sikka. Pendekatan kerentanan dilakukan dengan menggunakan multikriteria seperti unsur elevasi daratan, *slope* (kemiringan), morfometri pantai, penggunaan lahan, jarak dari garis pantai, dan jarak dari sungai. Faktor infrastruktur dan kependudukan juga digunakan untuk menentukan tingkat resiko tsunami di Kabupaten Sikka. Secara umum wilayah pesisir Kabupaten Sikka berpotensi terhadap resiko tsunami. Tingkat resiko sangat tinggi terdapat di dua wilayah pesisir utara yaitu Kecamatan Alok dan Magepanda (32,04 Ha atau 0,02% dari total luas Kabupaten Sikka). Sedangkan wilayah dengan resiko tinggi sebagian besar terdapat pada pantai utara dan sebagian kecil pada pantai selatan (2.733,93 Ha atau 1,73% dari total luas Kabupaten Sikka). Wilayah dengan tingkat resiko sangat tinggi dan tinggi ini masih relatif kecil terhadap total luasan Kabupaten Sikka yaitu 1.75%. Akan tetapi, lokasi ini berada pada daerah pemukiman yang padat sehingga perlu dikembangkan mitigasi tsunami yang komprehensif untuk mengurangi dampak negatif tsunami. Mengingat frekuensi kejadian gempa dengan kekuatan >5 skala Richter sangat tinggi di wilayah Kabupaten Sikka dan sekitarnya, maka upaya mitigasi tsunami khususnya sepanjang wilayah pantai di Kabupaten Sikka sangat perlu dikembangkan dan diimplementasikan.

Kata kunci : *Tingkat kerawanan dan kerentanan, resiko tsunami, SIG, Kabupaten Sikka*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan kondisi geologis yang secara tektonik sangat labil karena merupakan daerah pertemuan Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, Lempeng Pasifik, dan Lempeng Laut Filipina (Diposaptono dan Budiman, 2006). Kondisi ini menyebabkan wilayah Indonesia memiliki tingkat kejadian gempa yang tinggi di dunia dan sangat rawan mengalami tsunami (BMG, 2007; Fauzi dan Wandono, 2005; Diposaptono dan Budiman, 2006; Wah, 2006). Hampir 90% kejadian tsunami di Indonesia disebabkan oleh gempa tektonik dan sekitar 85% dari kejadian tsunami tersebut terjadi di wilayah Indonesia Timur, termasuk daerah Kabupaten Sikka (Diposaptono dan Budiman, 2006).

Kabupaten Sikka yang termasuk dalam wilayah Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) merupakan kawasan dengan tingkat resiko tsunami yang cukup tinggi. Hal ini karena Kabupaten Sikka berada dekat dengan zona subduksi lempeng tektonik Australia dan Eurasia serta dipengaruhi oleh sesar-sesar aktif di sepanjang Pulau Flores (Fauzi, 2006, Wah, 2006).

Bencana tsunami merupakan bencana yang bersifat destruktif dan menimbulkan banyak kerugian. Tsunami Flores 12 Desember 1992 telah menyebabkan kerugian materi hingga milyaran rupiah dan korban jiwa sekitar 2100 orang. Oleh karena itu, penting sekali dilakukan suatu upaya mitigasi bencana tsunami, yaitu proses mengupayakan berbagai tindakan preventif untuk meminimalkan dampak negatif bencana tsunami yang diperkirakan akan terjadi. Salah satu langkah mitigasi tersebut adalah dengan membuat peta tingkat resiko tsunami (Soegiharto, 2006).

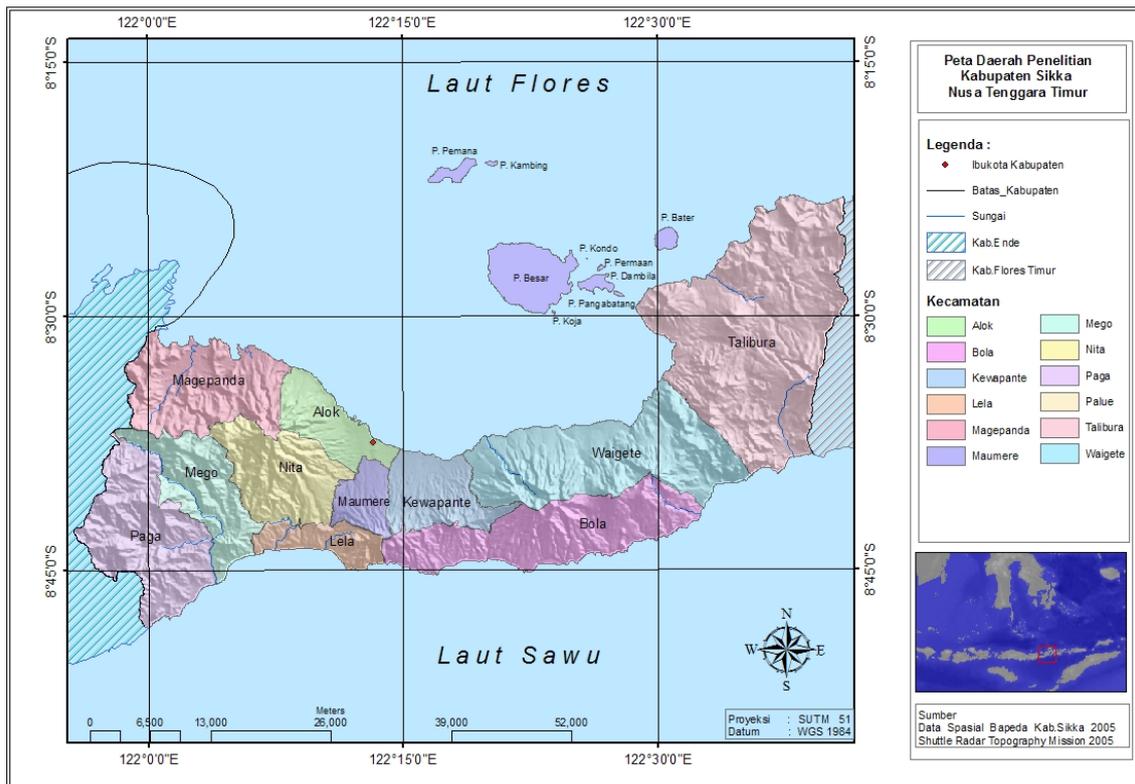
Pemetaan tingkat resiko tsunami harus dilakukan dengan pendekatan multikriteria sesuai dengan daerah kajian. Untuk itu, diperlukan suatu perangkat analisis yang tepat untuk membuat peta tersebut. Sistem informasi geografis (SIG) merupakan perangkat yang memiliki kemampuan untuk memvisualisasikan tingkat resiko tsunami. Salah satu metode aplikasi SIG yang sering digunakan saat ini adalah metode *Cell Based Modelling* (CBM). Analisis spasial pada data raster adalah dasar dari CBM, sehingga luasan area hasil analisis dengan metode ini cukup akurat karena tidak mengalami generalisasi (ESRI, 2002).

Kajian mengenai pemetaan tingkat resiko tsunami di Kabupaten Sikka dengan metode CBM belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai bahan masukan dan pertimbangan dalam pengambilan keputusan (*decision support system*) oleh *stake holders* dalam kerangka mitigasi bencana tsunami di Kabupaten Sikka di masa mendatang.

Tujuan penelitian ini adalah memetakan dan menentukan tingkat resiko tsunami dengan menggunakan sistem informasi geografis di Kabupaten Sikka, Provinsi Nusa Tenggara Timur.

2. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian terletak di Kabupaten Sikka, Propinsi Nusa Tenggara Timur yang terletak antara 08°22'-08°50' Lintang Selatan dan 121°55'40"-122°41'30" Bujur Timur. Pada penelitian ini, fokus daerah penelitian adalah daerah Kabupaten Sikka yang terdiri dari 12 kecamatan dan berada pada gugus Pulau Flores (*hillshade*) (Gambar 1).



Gambar 1. Peta Daerah Lokasi Penelitian, Kabupaten Sikka, Nusa Tenggara Timur yang terdiri dari 12 Kecamatan. Kecamatan Palue tidak terlihat dalam gambar karena berada di bagian Utara Kabupaten Ende (ke arah barat laut peta) dan untuk tujuan praktis kecamatan ini tidak dimasukkan dalam analisis tingkat resiko tsunami.

Penentuan tingkat resiko tsunami dilakukan dengan dua tahapan yaitu penentuan kerawanan dan kerentanan sebagai berikut:

2.1. Penentuan Kerawanan Tsunami

Penentuan tingkat kerawanan tsunami dilakukan dengan tujuan mengetahui daerah-daerah yang berpotensi terhadap bencana tsunami dengan: (1) membuat peta seismisitas dan (2) membuat peta rawan tsunami.

Peta seismisitas adalah peta yang menggambarkan *tectonic setting plate* dan sebaran titik gempa di suatu wilayah. Data yang digunakan adalah data kegempaan dari BMG dan USGS selama 107 tahun terakhir. Berdasarkan kumpulan data tersebut, kemudian dipetakan titik-titik gempa dan *plate*

tectonic setting sehingga dapat diketahui dan dianalisis sebaran pusat gempa bumi dan tsunami yang pernah terjadi di Kabupaten Sikka

Pemetaan daerah rawan tsunami dilakukan dengan memetakan data tinggi *run up* (data titik ketinggian tsunami) berdasarkan data survei lapang tsunami Flores tahun 1992. Data tersebut kemudian dispasialkan dengan metode CBM dan dikelaskan tingkat kerawanan tsunaminya. Skala Lida (1963) yang merupakan hubungan tingkat kerusakan dengan tinggi *run up* tsunami adalah acuan yang digunakan untuk mengelaskan tingkat kerawanan tsunami (Tabel 1).

Tabel 1. Hubungan tingkat kerusakan dengan tinggi *run up* tsunami

No.	Tinggi <i>run up</i> (m)	Daya rusak	Skala
1	>16	Sangat besar	5
2	6-16	Besar	4
3	2-6	Menengah	3
4	0.75-2	Kecil	2
5	<0.75	Sangat kecil	1

2.2. Penentuan tingkat kerentanan terhadap tsunami

Analisis kerentanan yang dikaji pada penelitian ini adalah kerentanan lingkungan, infrastruktur, dan kerentanan sosial kependudukan mengikuti kriteria yang dikembangkan oleh Diposaptono dan Budiman (2006), Pusat Informasi Riset Bencana Alam (2008), dengan menyesuaikan kondisi lapangan dan input dari berbagai kalangan. Akan tetapi, parameter yang dikelaskan dalam matriks resiko tsunami (Tabel 2), hanya parameter kerentanan lingkungan karena hal ini dapat dispasialkan. Sedangkan parameter kerentanan infrastruktur dan sosial kependudukan, tidak dikelaskan dalam matriks tetapi akan *overlay* dengan peta resiko tsunami untuk mendapatkan peta resiko kependudukan terhadap tsunami dan peta resiko infrastruktur terhadap tsunami.

Parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat kerentanan lingkungan terhadap tsunami adalah elevasi daratan, *slope* (kemiringan), morfometri pantai, penggunaan lahan, jarak dari garis pantai dan jarak dari sungai.

2.3. Penentuan tingkat resiko tsunami

Resiko tsunami ditentukan dengan *overlay* data kerawanan dan kerentanan. Keseluruhan parameter penentu tingkat resiko tsunami akan dispasialkan dengan menggunakan metode CBM sehingga akan berformat raster dengan ukuran piksel 30x30 meter. Data-data tersebut kemudian dikelaskan berdasarkan matriks resiko tsunami (Tabel 2). Selanjutnya dilakukan proses *overlay* untuk mendapatkan tingkat resiko tsunami di wilayah Kabupaten Sikka.

Nilai tiap kelas didasarkan pada perhitungan rumus berikut (Pasek, 2007)

$$N = \sum B_i \times S_i$$

dimana :

N = Total bobot nilai

B_i = Bobot pada tiap kriteria

S_i = Skor pada tiap kriteria

i = Parameter

Selang tiap-tiap kelas diperoleh dari jumlah perkalian nilai maksimum dari tiap bobot dan skor dikurangi jumlah perkalian nilai minimumnya yang kemudian dibagi dengan jumlah parameter yang digunakan. Secara matematis selang kelas tingkat resiko dirumuskan sebagai berikut (Pasek, 2007) :

$$L = [\sum (B_i S_i)_{\max} - \sum (B_i S_i)_{\min}] / n$$

dimana :

L = Lebar selang kelas

n = Jumlah kelas

Berdasarkan perhitungan di atas akan diperoleh nilai lebar selang kelas tingkat resiko tsunami sebesar 0,800 dengan nilai N_{minimum} sebesar satu (1) dan nilai N_{maksimum} sebesar lima (5). Secara singkat selang kelas masing-masing kelas resiko dapat ditetapkan sebagai berikut.

Tabel 2. Matriks Resiko Tsunami

No.	Parameter	Bobot (%)	Resiko Sangat Tinggi	Skor	Resiko Tinggi	Skor	Resiko Sedang	Skor	Resiko Rendah	Skor	Resiko Sangat Rendah	Skor
Kerawanan												
1	Run up tsunami (m)	20	>16	5	>6-16	4	>2-6	3	>0.75-2	2	<0.75	1
Kerentanan												
2	Elevasi (m)	15	<10	5	>10-25	4	>25-50	3	>50-100	2	>100	1
3	Slope (%)	15	<10	5	10-20	4	>20-30	3	>30-40	2	>40	1
4	Morfometri pantai	15	teluk V	5	teluk U	4	tanjung	3	lurus	2	Non teluk/ tanjung	1
5	Landuse	10	pemukiman, sawah, mangrove, hutan rawa	5	kebun	4	ladang/ tegalan	3	semak belukar, rumput/ tanang kosong	2	hutan, batuan cadas, gamping	1
6	Jarak dari garis pantai (m)	15	0-200	5	>200-500	4	>500-1000	3	>1000-1500	2	>1500	1
7	Jarak dari sungai (m)	10	0-100	5	>100-200	4	>200-300	3	>300-500	2	>500	1
Jumlah bobot x Skor		100		5	4	4		3		2		1

Kelas R5 = $4,201 \leq N \leq 5,000$

Kelas R4 = $3,401 < N \leq 4,200$

Kelas R3 = $2,601 \leq N \leq 3,400$

Kelas R2 = $1,801 \leq N \leq 2,600$

Kelas R1 = $1,000 \leq N \leq 1,800$

dimana R5=resiko sangat tinggi, R4=resiko tinggi, R3=resiko sedang, R2=resiko rendah, dan R1=resiko sangat rendah.

Gambaran desain fisik penentuan tingkat resiko tsunami selengkapnya disajikan pada Gambar 2.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

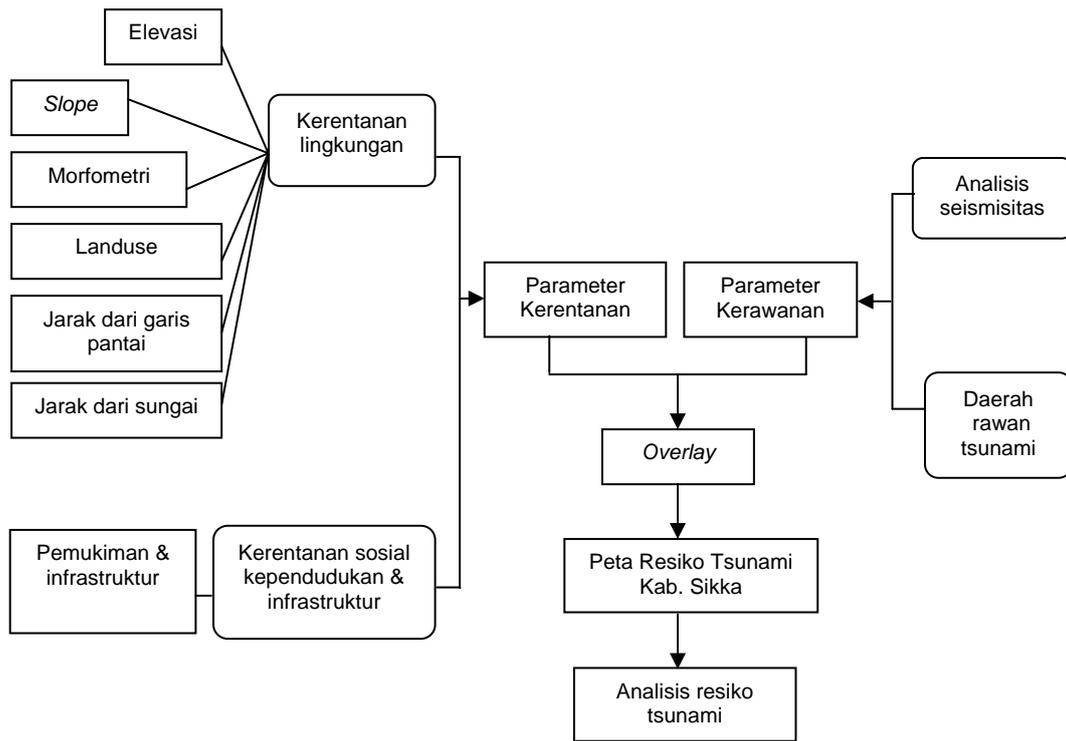
3.1. Analisis Kerawanan Tsunami di Kabupaten Sikka

3.1.1. Seismisitas di Kabupaten Sikka

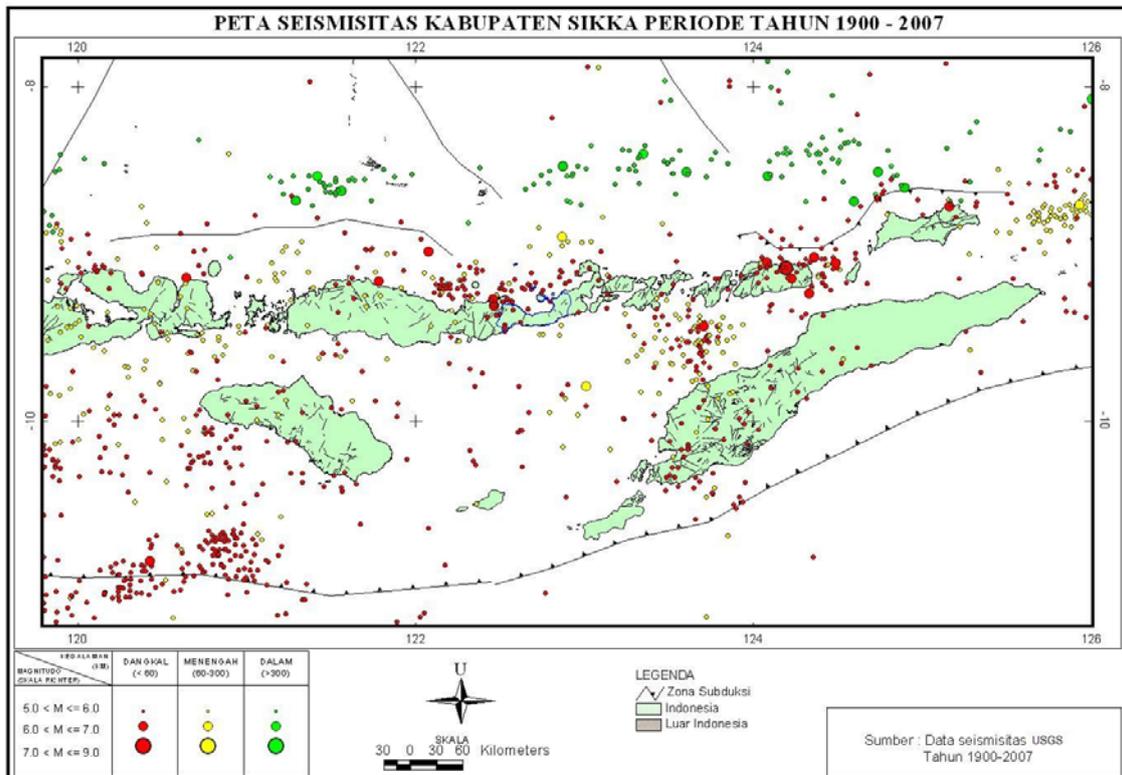
Berdasarkan data seismisitas dari USGS tahun 1900-2007 untuk wilayah Kabupaten Sikka dan sekitarnya

diperoleh gambaran bahwa tingkat frekuensi gempa dengan kekuatan 5-9 skala Richter sangat tinggi dan sumbernya menyebar hampir merata baik di darat maupun di laut (Gambar 3). Pada Gambar 3 juga dapat dilihat bahwa Kabupaten Sikka yang berada di tengah Pulau Flores, diapit oleh *Florest Thrust* di utara, *Wetar Thrust* di bagian Timur, *Banda Arc* di bagian tenggara, dan *Sunda Arc* di bagian barat daya yang merupakan daerah patahan lempeng. Daerah-daerah tersebut merupakan zona seismik aktif yang merupakan sumber gempa dan tsunami.

Berdasarkan analisis seismisitas wilayah Nusa Tenggara Timur ini, dapat disimpulkan bahwa Kabupaten Sikka merupakan daerah yang berpotensi sangat tinggi dilanda tsunami sehingga upaya penanggulangan (mitigasi) sangat diperlukan. Salah satu langkah mitigasi untuk mengurangi dampak negatif



Gambar 2. Desain penentuan tingkat resiko tsunami



Gambar 3. Peta Seismisitas Kabupaten Sikka

tsunami di Kabupaten Sikka adalah penentuan dan pemetaan tingkat resiko tsunami di daerah ini.

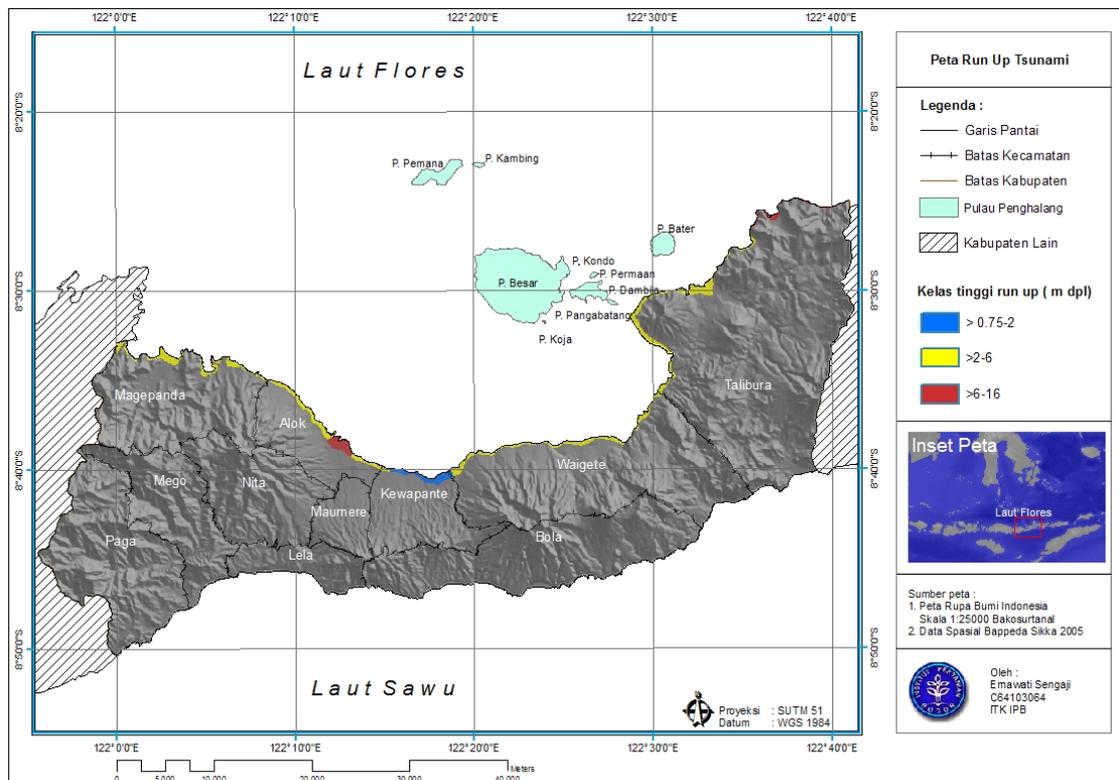
3.1.2. Tingkat kerawanan tsunami di Kabupaten Sikka

Pada saat Tsunami Flores 1992, ketinggian gelombang maksimum saat mencapai pantai tercatat setinggi 10 m dengan inundasi lebih dari 600 m. Tinggi tsunami di setiap lokasi pantai tidak sama sesuai dengan kondisi fisik wilayah itu sendiri. Inundasi akibat limpasan tsunami hanya terdapat di bagian Utara Kabupaten Sikka karena pusat gempa berada di utara Kabupaten Sikka (Gambar 4).

Kelas kerawanan tinggi memiliki tinggi *run up* >6-16 m meliputi daerah Kecamatan Alok dan sebagian kecil

wilayah Kecamatan Talibura. Selanjutnya, kelas kerawanan sedang memiliki tinggi *run up* >2-6 m, meliputi wilayah Kecamatan Waigete, Magepanda dan sebagian Kecamatan Talibura, Kewapante, dan Alok. Kerawanan rendah memiliki ketinggian >0.75-2 m, meliputi sebagian besar wilayah Kecamatan Kewapante.

Analisis tingkat kerawanan tsunami di Kabupaten Sikka berdasarkan kejadian tsunami Flores 1992 menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah Kabupaten Sikka mempunyai tingkat kerawanan yang sangat rendah terhadap tsunami mengingat sebagian besar wilayah Kabupaten Sikka memiliki wilayah perbukitan. Hanya sebagian kecil wilayah ini sepanjang pantai memiliki tingkat kerawanan yang nyata (Gambar 4).



Gambar 4. Peta Kerawanan Tsunami Berdasarkan Data *Run Up* Tsunami Flores Tahun 1992. Warna gelap menandakan wilayah dengan tinggi *run up* <0.75 m.

3.2. Analisis Tingkat Kerentanan Tsunami di Kabupaten Sikka

Analisis tingkat kerentanan tsunami di Kabupaten Sikka dibuat berdasarkan enam unsur utama yaitu elevasi daratan, kemiringan daratan (slope), morfometri pantai, penggunaan lahan, jarak dari garis pantai, dan jarak dari sungai. Masing-masing unsur ini dipetakan dan kemudian di-overlay untuk menentukan tingkat resiko tsunami.

Topografi Kabupaten Sikka terdiri atas daratan yang sempit di pesisir utara dan makin ke selatan wilayahnya berbukit-bukit. Di wilayah ini banyak dijumpai pantai curam dan terjal. Daerah utara Kabupaten Sikka merupakan daerah yang cukup landai dibandingkan dengan daerah selatan sehingga perkampungan lebih banyak ditemui di bagian utara dibandingkan bagian selatan Kabupaten Sikka.

Berdasarkan data elevasi dan kemiringan, daerah kerentanan sangat tinggi dan tinggi terletak di sebagian besar wilayah Kecamatan Alok, Maumere, Kewapante, Waigete, dan Talibura. Daerah kerentanan sedang meliputi daratan tengah sebagian Kecamatan Lela, Bola, Talibura, Waigete, Kewapante dan Alok. Daerah kerentanan sangat rendah dan rendah, tersebar merata pada bagian tengah wilayah Kabupaten Sikka. Secara umum daerah dengan kerentanan rendah dan sangat rendah mendominasi wilayah Kabupaten Sikka yang dicirikan dengan wilayah perbukitan dan pegunungan (Poling, 2005).

Bentuk morfometri pantai Kabupaten Sikka terbagi dalam tiga bagian besar yaitu teluk, tanjung, dan lurus. Sementara penggunaan lahan yang diperoleh dari data spasial Bappeda Kabupaten Sikka tahun 2005 secara umum berupa batuan cadas, batuan gamping, hutan, hutan rawa, kebun,

mangrove, pemukiman, rumput/tanah kosong, sawah irigasi, semak belukar, dan tegalan/ladang. Berdasarkan morfometri dan penggunaan lahan, daerah yang termasuk ke dalam kerentanan sangat tinggi dan tinggi banyak terdapat di wilayah pesisir utara Kecamatan Alok dan Kewapante karena pada daerah tersebut banyak ditemui daerah pemukiman.

Wilayah pesisir dan sungai merupakan kawasan penyangga (*buffer zone*) untuk kejadian tsunami. Tingkat kerawanan wilayah pesisir dan sungai dibuat berdasarkan jarak dari pantai maupun jarak dari sisi sungai itu sendiri. Daerah yang paling rentan terhadap tsunami berada pada radius 200 m dari garis pantai dan semakin jauh dari garis pantai tingkat kerentanannya semakin rendah.

Berdasarkan pengamatan di lapangan, pemukiman yang rentan sekali terhadap tsunami adalah pemukiman di daerah Wuring (Kecamatan Alok) yang terletak dalam kawasan Teluk Maumere. Masyarakat pada daerah tersebut membangun rumahnya ke arah laut dan bahkan ada yang di laut. Areal pemukiman tersebut semakin lama, semakin bertambah banyak, sehingga semakin menjorok ke laut.

Selain Wuring, areal pemukiman di daerah Desa Nangahale (Kecamatan Talibura) juga daerah-daerah pemukiman di pulau-pulau kecil Kabupaten Sikka, umumnya dekat dengan pantai. Dasar pondasi untuk pemukiman di daerah pesisir tersebut pun banyak yang terbuat dari *rubble* sehingga sangat rentan bila terhempas gelombang tsunami.

3.3. Tingkat Resiko Tsunami di Kabupaten Sikka

Analisis resiko tsunami merupakan analisis yang penting dalam kerangka mitigasi bencana alam karena

mitigasi baru akan diambil setelah diketahui tingkat resikonya. Untuk mendapatkan tingkat resiko tsunami, keseluruhan parameter kerawanan dan kerentanan *dioverlay* berdasarkan pembobotan (*weighted overlay*) sesuai pada kriteria yang disebutkan pada Tabel 2.

Hasil analisis resiko tsunami menunjukkan bahwa daerah resiko sangat tinggi terdapat di dua wilayah pesisir utara yaitu Kecamatan Alok dan Magepanda dengan luas wilayah 32,04 Ha (0,02% dari total luas Kabupaten Sikka). Daerah dengan resiko tinggi terdapat pada sebagian besar wilayah pesisir utara dan sebagian kecil terdapat di pesisir selatan dengan luas wilayah 1.733,93 Ha (1,73% dari total luas Kabupaten Sikka). Daerah resiko sedang, rendah, dan sangat rendah terdapat di sebagian besar wilayah Kabupaten Sikka (87,82 % dari total luas Kabupaten Sikka) (Tabel 4, Tabel 5, Gambar 5).

Tabel 4. Kelas Resiko Tsunami berdasarkan analisis *weighted overlay*

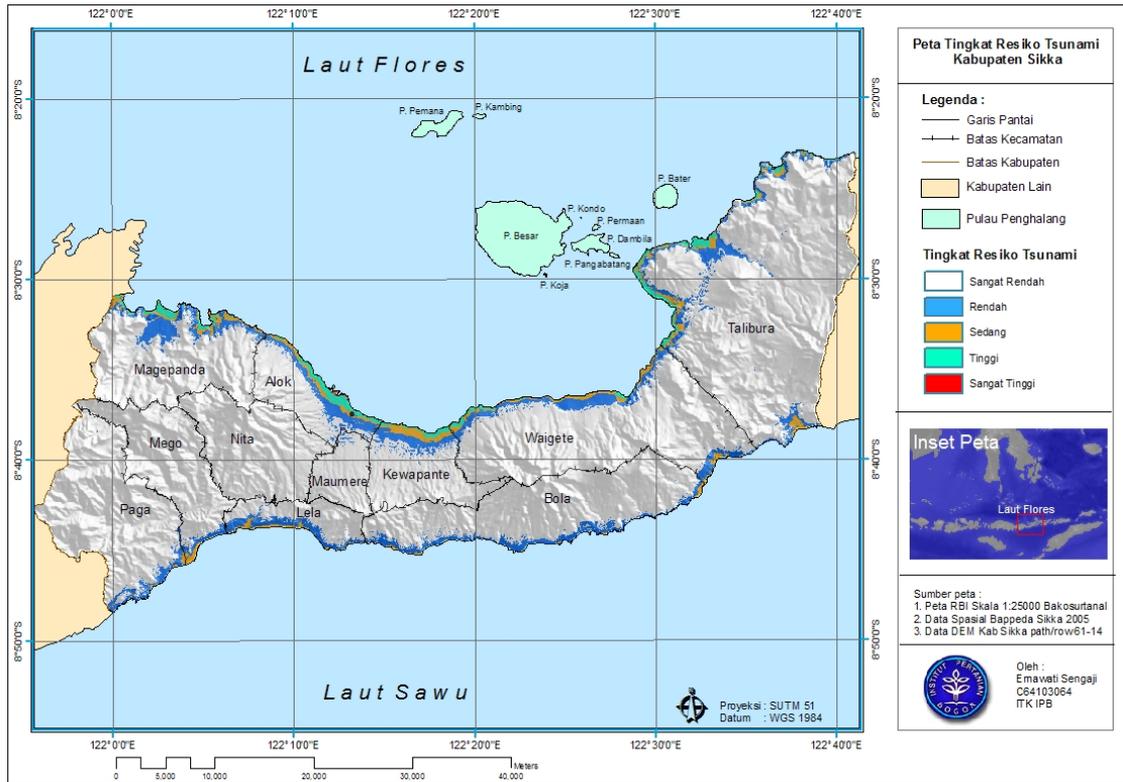
No.	Kelas Resiko	Luas (Ha)	Persentasi (%)
1	Sangat tinggi	32,04	0,02
2	Tinggi	2.733,93	1,73
3	Sedang	3.615,30	2,29
4	Rendah	12.825,00	8,13
5	Sangat rendah	138.447,60	87,82
Total		157.653,90	100,00

Untuk melihat tingkat resiko tsunami terhadap berbagai sarana dan prasarana sosial ekonomi masyarakat, dilakukan *overlay* antara peta resiko dengan data infrastruktur yang ada di Kabupaten Sikka (Gambar 6). Berdasarkan Gambar 6 diperoleh bahwa pada wilayah resiko sangat tinggi dan tinggi terdapat infrastruktur penting sehingga upaya dan strategi mitigasi perlu dilakukan pada daerah bersangkutan untuk mengurangi resiko negatif dari kejadian tsunami.

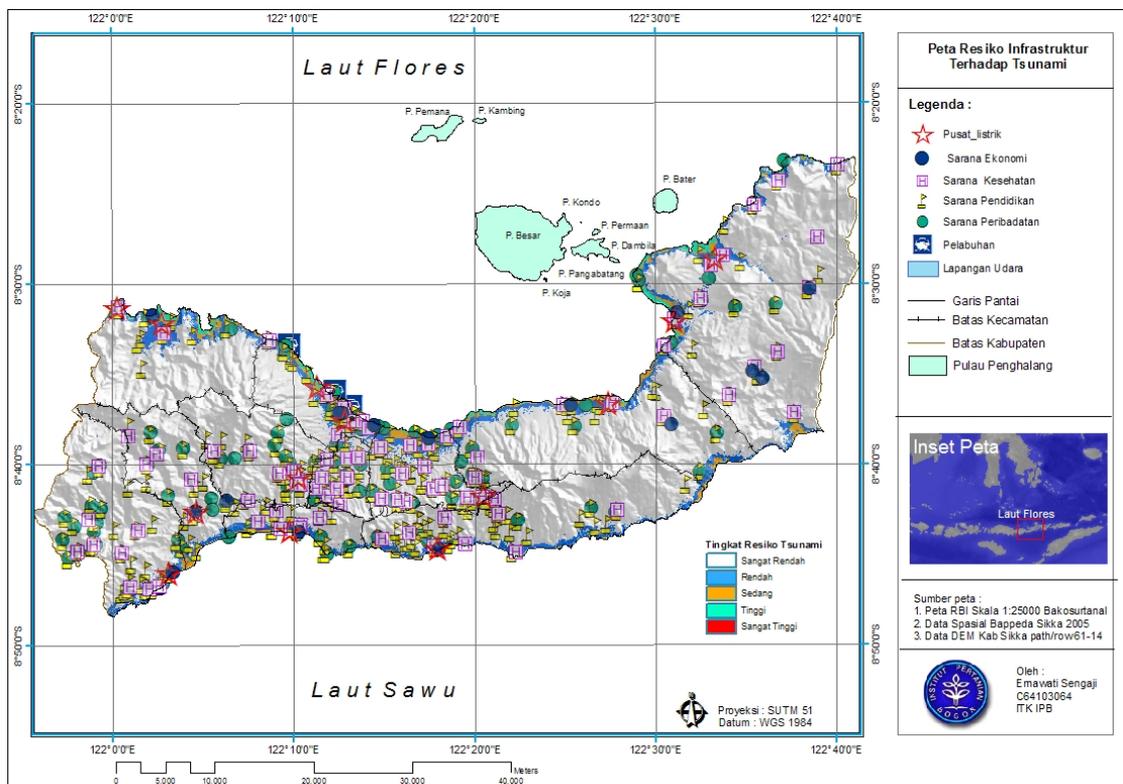
Tabel 5. Tingkat Resiko Tsunami berdasarkan analisis *weighted overlay* per kecamatan

Kecamatan	Persentase tingkat resiko (%)					Total (%)
	Sangat tinggi	Tinggi	Sedang	Rendah	Sangat rendah	
Alok	0.44	9.24	6.06	17.92	66.33	100.00
Bola	0.00	0.00	0.72	8.71	90.57	100.00
Kewapante	0.00	3.86	5.06	13.39	77.69	100.00
Lela	0.00	0.23	5.45	24.32	70.00	100.00
Magepanda	0.01	2.93	3.60	11.66	81.80	100.00
Maumere	0.00	0.00	0.00	6.72	93.28	100.00
Mego	0.00	0.01	1.23	3.13	95.62	100.00
Nita	0.00	0.00	0.00	1.79	98.21	100.00
Paga	0.00	0.02	0.58	4.96	94.44	100.00
Talibura	0.00	2.38	2.27	6.28	89.06	100.00
Waigete	0.00	1.62	3.23	8.69	86.45	100.00

Sengaji dan Nababan



Gambar 5. Peta Tingkat Resiko Tsunami Kabupaten Sikka



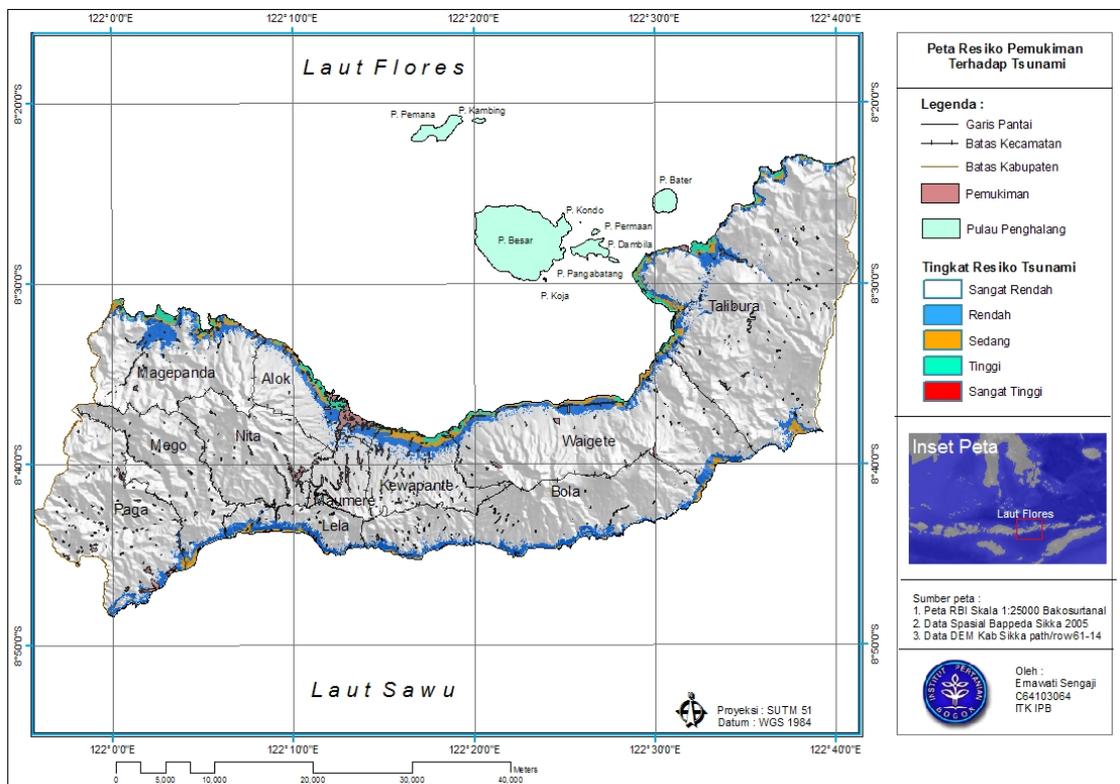
Gambar 6. Peta Resiko Infrastruktur terhadap Tsunami

Selanjutnya, untuk melihat tingkat resiko tsunami terhadap data sosial kependudukan dilakukan *overlay* peta resiko tsunami dengan sebaran pemukiman. Pemukiman penduduk menggambarkan tingkat kepadatan penduduk dan sebaran tempat hunian yang akan mempengaruhi tingkat kerugian akibat tsunami baik dari segi kerugian jiwa maupun harta benda.

Dari sebaran penduduk dengan tingkat resiko tsunami di Kabupaten Sikka ditemukan bahwa sebagian besar masyarakat tinggal di daerah dekat pantai yang bertopografi rendah dan kemiringan yang landai (Gambar 7; Poling, 2005).

Kecamatan Alok memiliki kepadatan penduduk tertinggi (761,76 jiwa/km²) diikuti dengan kecamatan Kewapante (460,52 jiwa/km²). Sedangkan kepadatan penduduk terendah terdapat di Kecamatan Talibura (62,62 jiwa/km²) (Bappeda Sikka, 2006; Poling, 2005). Wilayah dengan kepadatan

penduduk tertinggi di Kabupaten Sikka ini terletak pada wilayah yang mempunyai tingkat resiko paling tinggi dan tinggi sehingga penduduk yang tinggal di dua wilayah ini memiliki resiko terhadap tsunami yang lebih tinggi dibandingkan dengan penduduk di kecamatan lainnya. Untuk itu upaya dan strategi mitigasi khususnya untuk kedua wilayah ini sangat dibutuhkan seperti upaya re-alokasi pemukiman ke zona yang lebih aman atau pembuatan pondasi serta bahan bangunan yang lebih kuat. Irfani (2005) menyarankan penempatan area pemukiman pada zona paling aman dari bahaya tsunami (jauh dari laut) adalah prioritas utama dalam upaya mitigasi tsunami untuk daerah pesisir yang mempunyai tingkat resiko tinggi terhadap tsunami. Sementara Pratikno (2007) menjelaskan bahwa pembangunan area pemukiman kurang padat yang efektif adalah minimal dalam radius 500 m dari garis pantai.



Gambar 7. Peta Resiko Pemukiman terhadap Tsunami

3.3. Pemodelan Resiko Tsunami pada Run Up Tsunami 20 Meter

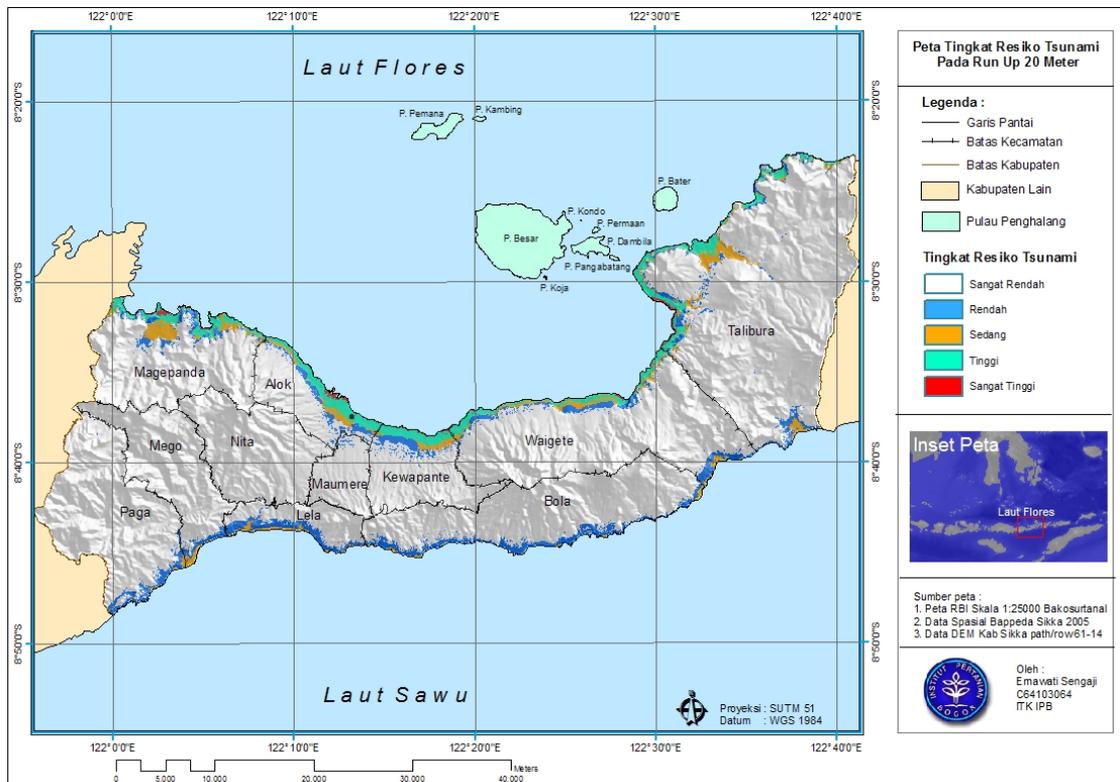
Pada penelitian ini dilakukan juga pemodelan tingkat resiko tsunami di Kabupaten Sikka dengan menggunakan *run up* tsunami 20 meter sebagai upaya mitigasi terhadap tsunami dengan membuat perkiraan daerah rawan sebesar 2 kali *run up* maksimum pada Tsunami Flores 1992. Hasil analisis menunjukkan daerah beresiko sangat tinggi terdapat pada Kecamatan Alok, Talibura dan Magepanda (Gambar 8).

Wilayah dengan resiko sangat tinggi, tinggi, sedang, rendah, dan sangat rendah berturut-turut adalah 553,86 Ha; 5.922 Ha; 3.993,75 Ha; 7.827,66, dan 139.381,2 Ha (Tabel 6). Luasan daerah beresiko sangat tinggi dan tinggi pada *run up* 20 m adalah sebesar 4,11% dari total luas wilayah Kabupaten Sikka. Wilayah dengan resiko sangat tinggi dan

tinggi ini masih tergolong kecil (4,11%). Namun demikian, lokasi tersebut berada pada daerah pemukiman padat penduduk dan terdapat banyak infrastruktur penting sehingga sekalipun luasannya relatif kecil namun tingkat kerugian yang mungkin terjadi akibat tsunami menjadi sangat besar. Oleh karena itu, pada daerah-daerah yang beresiko sangat tinggi dan tinggi ini upaya mitigasi perlu dikembangkan dan diterapkan.

Tabel 6. Luasan wilayah tingkat resiko tsunami pada *run up* 20 meter

No.	Kelas resiko	Luas (Ha)	Persentase (%)
1	Sangat tinggi	553,86	0,35
2	Tinggi	5.922,00	3,76
3	Sedang	3.993,75	2,53
4	Rendah	7.827,66	4,96
5	Sangat rendah	139.381,20	88,40
Total		157.678,50	100,00



Gambar 8. Peta tingkat resiko tsunami pada *run up* 20 meter

4. KESIMPULAN

Secara umum daerah yang berpotensi resiko terhadap kejadian tsunami berada pada wilayah pesisir Kabupaten Sikka. Berdasarkan analisis tingkat resiko tsunami, daerah dengan resiko sangat tinggi dan tinggi terdapat di dua wilayah pesisir utara yaitu Kecamatan Alok dan Magepanda dengan luasan daerah resiko sangat tinggi sebesar 32,04 Ha (0,02% dari total luasan Kabupaten Sikka). Sedangkan wilayah dengan tingkat resiko tinggi sebagian besar dijumpai disepanjang pantai utara dan sebagian kecil disepanjang pantai selatan (2.733,93 Ha atau 1.73% dari total luasan Kabupaten Sikka). Wilayah dengan tingkat resiko sangat tinggi dan tinggi ini masih relatif kecil terhadap total luasan Kabupaten Sikka yaitu 1.75% untuk model run up tsunami 10 m dan 4,11% untuk model run up 20 m. Akan tetapi, lokasi ini berada pada daerah pemukiman yang padat penduduk sehingga perlu dikembangkan mitigasi tsunami yang komprehensif untuk mengurangi dampak negatif tsunami. Mengingat frekuensi kejadian gempa dengan kekuatan >5 skala Richter yang sangat tinggi di wilayah Kabupaten Sikka dan sekitarnya, maka upaya mitigasi tsunami khususnya sepanjang wilayah pantai di Kabupaten Sikka perlu dikembangkan dan diimplementasikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih terhadap Syamsul Bahri Agus, M.Si. atas segala bantuannya khususnya dalam pengolahan data dan masukan yang berharga dalam penyelesaian penelitian ini. Penulis juga menghargai segala masukan dan komentar dari para reviewer. Tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada staf Bappeda Kabupaten Sikka yang telah membantu

penulis dalam penyediaan data-data terkait Kabupaten Sikka.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi dan Geofisika. 2007. Tsunami. <http://www.bmg.go.id> [6 Juni 2007]
- Badan Pembangunan Daerah Kabupaten Sikka. 2006. Data Spasial Kabupaten Sikka. Sikka.
- Diposaptono, S. dan Budiman. 2006. Tsunami. Buku Ilmiah Populer. Bogor.
- Environmental System Research Institute. 2002. Using ArcGis Spatial Analyst. ESRI Institute, Inc. New York. USA.
- Fauzi. 2006. Daerah Rawan Gempa Tektonik di Indonesia. <http://www.bmg.go.id> [5 Juni 2007]
- Fauzi dan Wandono. 2005. Penentuan Episenter Untuk Analisa Resiko Limpasan Tsunami *in* Penerapan Hasil Riset Untuk Penanggulangan Bencana Tsunami di Indonesia (Sadikin *et al.* eds). Prosiding Seminar Tsunami dalam Kerangka *Research on Tsunami Hazard and Its Effect on Indonesian Coastal Region (2002-2003-2004)*. BPPT Press. Jakarta. pp 163-169.
- Irfani, M. 2005. Pola Lansekap di Kawasan Rawan Tsunami *in* Penerapan Hasil Riset Untuk Penanggulangan Bencana Tsunami di Indonesia (Sadikin *et al.* eds). Prosiding Seminar Tsunami dalam Kerangka *Research on Tsunami Hazard and Its Effect on Indonesian Coastal Region (2002-2003-2004)*. BPPT Press. Jakarta. pp. 265-274.
- Lida, K. 1963. Magnitude, Energy And Generation Mechanism Of Tsunami And A Catalogue Of Earthquake Associated With Tsunami. International Union

- Geodesy and Geophysics Monograph. 24 : 7-17.
- Pasek, I. M. R. S. 2007. Penentuan Zona Potensial Budidaya Mutiara (*Pinctada* spp.) dengan *Cell Based Modelling* : Studi Kasus Perairan Sekotong, Lombok Barat NTB. Skripsi (Tidak Dipublikasikan). Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Poling, P. 2005. Sikka Dalam Kenangan 12 Desember 1992 *dalam* Penerapan Hasil Riset Untuk Penanggulangan Bencana Tsunami di Indonesia (Sadikin *et al.* eds). Prosiding Seminar Tsunami dalam Kerangka *Research on Tsunami Hazard and Its Effect on Indonesian Coastal Region (2002-2003-2004)*. BPPT Press. Jakarta. Pp 3-14.
- Pusat Informasi Riset Bencana Alam. 2008. Pembuatan Peta Resiko. <http://www.pirba.ristek.go.id/main.php> [14 Oktober 2008]
- Pratikno, W. A. 2007. Disusun, Tata Ruang Kota Pesisir Rawan Bencana. <http://www.bppt.go.id> [7 Januari 2008]
- Soegiharto, R. 2006. Mitigasi Bencana Di Kampung Nelayan: Upaya Sistematis Mengurangi Kerugian Jiwa, Harta Benda dan Kerusakan Lingkungan. <http://www.dkp-banten.go.id> [12 April 2007]
- Wah. 2006. NTT Rawan Gempa dan Tsunami. <http://www.kompas.co.id> [12 Januari 2007]