

KAJIAN KONFIGURASI *SHELTER* UNTUK EVAKUASI TERHADAP BENCANA TSUNAMI DI KOTA PACITAN

Edhy Khalifatullah, Sigit Sutikno, Rinaldi

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR Soebrantas KM 12,5 Pekanbaru, Kode Pos 28293
email: edhy.khal@gmail.com

ABSTRACT

Southern coast of Java Island is one of the areas that susceptible of Tsunami wave impact. Pacitan city topography which located around bay area makes it become one of the city with high risk of water influx if Tsunami happen. Thus, Shelter evacuation is necessary to protect citizens from the impact of Tsunami wave. To minimize number of victims, government has determined 'the safety zone' as a temporary shelter if Tsunami happens. However it is located outside Tsunami coverage area according to the map that published by Mardiatno (2008). After evacuation drill is performed at existing shelter, it has been identified that majority of residents did not have enough time to reach the nearest shelter point (using various scenarios and different timeframe). There are only 22.93% - 71.28% of residents that successfully reached the shelter. Ineffective evaluation result will possibly increase the number of Tsunami victims. Therefore, it is recommended that the nearby area should have at least 45 shelters (public places or mosques) and located within the submergence area, thus, required time for evacuation is lesser. With the support of ArcGIS software, shelter is analyzed by building service area for each shelter based on the required time to perform evacuation and maximum distance. After implementation, number of residents that have enough time to reach evacuation point is increased to 80.22% - 83.09%. In conclusion, recommended shelter is more effective than the existing shelter in Pacitan area.

Keywords: Pacitan city, service area, tsunami evacuation shelte

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang sangat rawan dengan bencana alam seperti gempa bumi, tsunami, letusan gunung berapi, tanah longsor, banjir dan angin puting beliung. Sekitar 13% gunung berapi dunia yang berada di kepulauan Indonesia berpotensi menimbulkan bencana alam dengan intensitas dan kekuatan yang berbeda-beda.

Tsunami adalah serangkaian gelombang yang sangat besar yang dihasilkan oleh gangguan bawah air seperti longsor, gempa bumi, letusan gunung berapi, atau meteorit. Serangan tsunami dikategorikan sebagai salah satu bencana alam yang tidak dapat diprediksi dimana dan kapan akan terjadi. Tsunami telah memberi dampak yang merusak cukup banyak di masyarakat kita, seperti manusia korban jiwa, cedera, dan kerusakan properti. Beberapa tsunami bencana terjadi secara bersamaan dengan gempa ketika daerah hiposentralnya terletak di daerah pesisir.

Mengantisipasi tsunami tidak hanya sekedar mengetahui akan terjadinya bencana ini. Hal yang paling penting adalah mengupayakan bagaimana meminimalkan jumlah korban jiwa dan kerugian lainnya. Salah satu cara adalah dengan mengevakuasi penduduk sekitar ke daerah yang aman dari dampak tsunami tersebut, dan menentukan daerah yang aman sebagai tempat perlindungan (*shelter*) dari bahaya tsunami. Di Indonesia, alternatif perencanaan shelter evakuasi dengan menggunakan kearifan lokal, yaitu dengan

mengusulkan bangunan publik sebagai *shelter* evakuasi yang utama. Selain itu, pemilihan bangunan publik ini lebih ekonomis dari pada membuat *shelter* khusus untuk evakuasi. Bangunan publik yang dipilih antara lain mesjid, sekolah, rumah sakit umum, dan hotel yang berada di sekitar daerah rawan bencana tsunami.

Diperlukan penanganan secara sistematis dan terencana untuk evakuasi penduduk. Untuk perencanaan evakuasi diperlukan infrastruktur penunjang, seperti bangunan *shelter* dan jaringan jalan untuk jalur evakuasi. Perencanaan penempatan bangunan evakuasi dan pemilihan jalur evakuasi diperlukan analisis secara rasional. Evaluasi *shelter* existing ini menggunakan beberapa *tools* yang terdapat pada ArcGIS seperti *editing*, *network analyst* dan *spatial statistics tools*. Dengan menggunakan *tools* yang ada pada ArcGIS ini akan di dapat servis area, yaitu daerah dimana penduduk yang berada di area tersebut mempunyai waktu yang cukup untuk berevakuasi sebelum terjadinya tsunami.

Penelitian ini mengambil studi kasus di Kota Pacitan, Provinsi Jawa Timur. Kota Pacitan terletak di pesisir Pantai Selatan Pulau Jawa yang berhadapan langsung dengan dengan Samudera Hindia yang dilintasi lempeng tektonik Indo-Australia. Akibat dari aktivitas sesar di bawah Samudera Hindia, kota ini memiliki kemungkinan mengalami tsunami dan bencana gempa bumi pada waktu yang bersamaan. Topografi kota Pacitan yang sangat landai akan menambah tingkat kerentanan jika terjadi tsunami (Sigit Sutikno, 2010).

Cepat Rambat Gelombang Tsunami dan Hubungannya dengan Proses Evakuasi Tsunami

Kecepatan evakuasi para pengungsi adalah masukan yang sangat penting untuk model evakuasi mikroskopis. Dalam model ini, parameter ini termasuk dalam atribut dari agen bahwa pengguna harus menentukan dalam file input. Sampai saat ini, belum ada standar internasional yang dapat digunakan sebagai panduan untuk menentukan kecepatan berjalan pengungsi, karena kecepatan berjalan selama evakuasi berbeda-beda tergantung sebagian besar pada usia, kekuatan fisik, keadaan kesehatan dan tingkat cacat. Namun, sulit untuk mempertimbangkan semua kemungkinan perbedaan dalam penyelidikan saat ini. Banyak upaya penelitian telah membahas masalah kecepatan berjalan orang, tapi kebanyakan dari mereka mengukur kecepatan pejalan kaki saat mereka berjalan di penyeberangan atau di persimpangan di perkotaan. Potangaroa (2008, dalam Sutikno, 2012) menyelidiki gerakan berjalan orang berdasarkan video yang diambil saat tsunami Aceh tahun 2004, dan menyarankan tiga kategori pengungsi berdasarkan kecepatan mereka berjalan, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kategori kecepatan orang berjalan selama evakuasi tsunami

Kondisi Berjalan	Kec. Evakuasi (meter/detik)
Seseorang dengan anak (<i>A person with a child</i>)	1.5
Orang tua bergerak bebas (<i>An independent elder person</i>)	1.0 - 1.5
Orang tua sudah ketergantungan (<i>A dependent elderly person</i>)	1.0

Sumber : Potangaroa (2008, dalam Sutikno, 2012)

Selain Potangaroa (2008), ada banyak yang meneliti tentang hubungan orang berjalan dengan proses evakuasi tsunami. Menurut Diposaptono dan Budiman (2005, dalam Ramadhani, 2013), ancaman tsunami dapat dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu jarak dekat (*local field* atau *near field tsunami*) dan jarak jauh (*far field tsunami*). Kejadian tsunami di Indonesia umumnya berupa tsunami jarak dekat dengan lama waktu

antara 10 s/d 20 menit setelah kejadian gempa. Menurut Edward (1992, dalam Ramadhani, 2013) bila beberapa orang berjalan bergerombol, maka kecepatan rata-ratanya adalah 1,14 meter/detik (68,4 m/menit). Ahli jogging Dr. George Sheehan, dalam bukunya mendefinisikan bahwa jogging adalah aktifitas berlari dengan kecepatan dibawah 6 mil/jam (9.7 km/jam) atau sama dengan 1 km membutuhkan waktu 6.2 menit.

Jika kecepatan gelombang tsunami ini dihubungkan dengan kecepatan berjalan ataupun berlarnya manusia, tentu saja akan dapat ditentukan berapa lama waktu dan jarak yang dibutuhkan untuk korban bencana tsunami bisa menyelamatkan diri menuju daerah evakuasi dan tempat/gedung tinggi yang telah disediakan oleh pemerintah dalam hal mitigasi bencana tsunami.

Shelter Evakuasi Tsunami

Mengantisipasi tsunami tidak hanya sekedar mengetahui akan terjadinya bencana ini. Hal yang paling penting adalah mengupayakan bagaimana meminimalkan jumlah korban jiwa dan kerugian lainnya. Salah satu cara adalah dengan mengevakuasi penduduk sekitar ke daerah yang aman dari dampak tsunami tersebut, dan menentukan daerah yang aman sebagai tempat perlindungan (*shelter*) dari bahaya tsunami.

Tiga jenis zona aman dalam rencana pencegahan bencana antara lain :

- a) tempat tinggal permanen
Penampungan permanen dibangun sebagai gedung baru harus berlokasi dekat konsentrasi orang banyak sehingga orang di daerah mana pun mereka dapat hidup berlandung dan aman dari gelombang tsunami.
- b) tempat penampungan sementara
penampungan sementara adalah bangunan yang ada di kota namun jumlah masih mungkin dan cukup kuat untuk menerima dari orang di dalamnya
- c) mengevakuasi zona.
mengevakuasi zona adalah lapangan dan daerah *outdoor* dengan jumlah maksimum masing-masing penampungan pengungsi terbuka bisa menerima.

Bangunan yang dapat digunakan sebagai tempat penampungan sementara seperti rumah dengan dua lantai tingkat, sekolah, gedung-gedung pemerintah, masjid, dan banyak lagi, tetapi bangunan yang harus diperhatikan dalam kekuatan bangunan untuk menerima beban sebagai tempat penampungan.

Analisis bangunan *shelter* adalah mengidentifikasi bangunan yang berpotensi sebagai *shelter* (tempat aman sementara) dengan ketentuan selain tahan terhadap gempa, bangunan tersebut memiliki ketinggian yang aman dari rayapan gelombang tsunami, misalnya saja bangunan yang memiliki lantai lebih dari satu. *Shelter* bisa berupa bangunan penting ataupun bangunan tidak penting. Bangunan penting bisa berupa sarana publik seperti bangunan sekolah, kantor pemerintahan, sarana kesehatan, pasar, sarana peribadatan dan lain-lain. Sedangkan bangunan tidak penting dapat berupa rumah penduduk yang memiliki lantai lebih dari satu. Namun bangunan rumah bersifat pribadi sehingga bangunan yang lebih diutamakan menjadi *shelter* berupa bangunan sarana publik. Bangunan yang berpotensi menjadi *shelter* selanjutnya akan dinilai kelayakannya. Tingkat kelayakan bangunan *shelter* dinilai berdasarkan kearifan lokal seperti variabel lokasi bangunan yang strategis, ketinggian bangunan yang akan dinilai berdasarkan jumlah lantai, volume bangunan yang akan dinilai berdasarkan daya tampung/luas bangunan, dan jenis bangunan.

Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG / *Geographic Information System*, GIS) merupakan sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk mengolah dan menyimpan data atau informasi geografis (Aronoff, 1989 dalam UNDP, 2007).

SIG mempunyai kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di bumi, menggabungkannya, menganalisa dan akhirnya memetakan hasilnya. Data yang akan diolah pada SIG merupakan *data spasial* yaitu sebuah data yang berorientasi geografis dan merupakan lokasi yang memiliki sistem koordinat tertentu, sebagai dasar referensinya. Sehingga aplikasi SIG dapat menjawab beberapa pertanyaan seperti; lokasi, kondisi, trend, pola dan pemodelan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dari sistem informasi lainnya.

Beberapa *tools* ArcGIS yang dipakai dalam penelitian ini yaitu *clip*, *calculate area*, *servis area analysis*.

a. *Clip*

Clip terdapat dalam *extract extension* merupakan sebuah *tool* untuk memisahkan / memotong *polygon* berdasarkan bentuk dari *polygon* lainnya.

b. *Calculate Area*

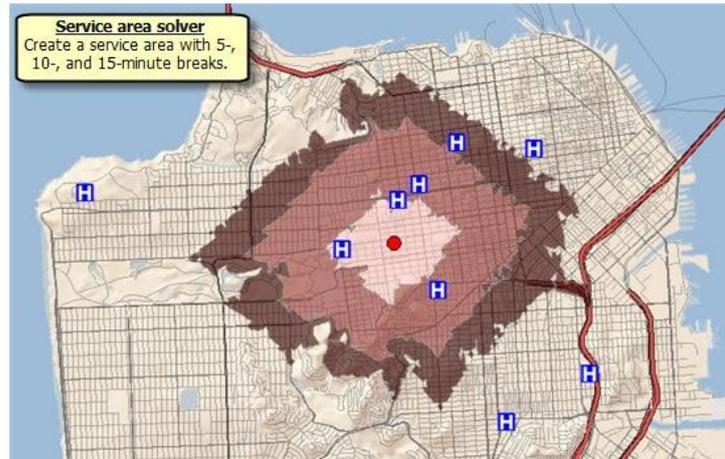
Calculate area terdapat dalam *spatial statistics extension* merupakan sebuah *tool* untuk menghitung luas area dari suatu *polygon*.

c. *Service Area Analysis*

Network analisys adalah metode yang bisa digunakan untuk pemecahan masalah jaringan seperti *transversability*, laju aliran atau kapasitas. Salah satu hasil pengembangan yang paling dikenal adalah ditemukannya *network analyst* yang dirilis oleh ESRI (*Environmental Systems Research Institute*). Penelitian ini akan memanfaatkan ESRI ArcGIS sebagai *tool* untuk pemodelannya dalam basis *desktop*. *Network analyst extension* pada ArcGIS adalah perangkat lunak yang sangat handal yang menyediakan fasilitas analisis spasial yang berbasis analisis jaringan, diantaranya adalah analisis *routing*, *travel directions*, *closest facility*, dan analisis *service area*. ArcGIS *Network Analyst* bisa digunakan untuk pemodelan lalu lintas pada kondisi darurat dalam situasi yang dinamis diantaranya adalah pembatasan kecepatan, pengaturan arah, pembatasan ketinggian dan kondisi lalu lintas pada setiap waktu yang berbeda. *Network Analyst* juga bisa digunakan untuk analisis jaringan untuk berbagai jenis aplikasi diantaranya perencanaan transportasi, pemilihan rute terbaik, pemilihan fasilitas terdekat pada kondisi darurat dan identifikasi *service area* di sekitar lokasi fasilitas (ESRI, 2008).

Dalam *network analysis* ArcGIS terdapat *tools service area*. Studi ini mendefinisikan *service area* sebagai area minimal dimana penduduk dapat mencapai *shelter* evakuasi yang terdekat dari tempat tinggalnya dengan berjalan kaki dalam durasi waktu evakuasi (*clearance time*). Waktu evakuasi dalam studi ini didefinisikan sebagai waktu minimal dimulai sejak dikumandangkannya peringatan dini akan adanya tsunami secara resmi oleh pemerintah hingga sampainya gelombang tsunami yang pertama di garis pantai. *Service area* digunakan untuk menentukan wilayah yang mencakup semua jalan dapat diakses (jalan-jalan yang terletak dalam impedansi yang ditentukan).

Dengan menggunakan ArcGIS *network analyst*, *service area* di setiap lokasi di dalam jaringan bisa dianalisis. *Service area* dalam suatu jaringan adalah suatu daerah yang meliputi seluruh jalan yang bisa diakses yang berada di dalam batas area yang dispesifikkan. Gambar 2.12 adalah satu contoh *service area* untuk 5, 10 dan 15 menit perjalanan sebagai hasil dari *network analysis*. *Service area* 5 menit adalah semua area yang dilingkupi perjalanan yang bisa ditempuh dalam waktu 5 menit dari suatu lokasi yang telah ditentukan.



Gambar 1 Contoh servis area untuk 5, 10 dan 15 menit perjalanan sebagai hasil *network analysis*

Sumber: ArcGIS Online (ESRI, Inc., Redlands, California, USA)

Area layanan yang diciptakan oleh *network analysis* juga membantu mengevaluasi aksesibilitas. Area layanan konsentris menunjukkan bagaimana aksesibilitas bervariasi dengan impedansi. Setelah dibangun, digunakan area layanan untuk mengidentifikasi berapa banyak orang, berapa banyak tanah, atau apapun berada dalam lingkungan tersebut.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian adalah Kota Pacitan, di Provinsi Jawa Timur. Pacitan terletak di koordinat $110^{\circ} 55'' - 111^{\circ} 25''$ BT dan $7^{\circ} 55'' - 8^{\circ} 17''$ LS. Pacitan luas daerah aliran sebesar 1716 km^2 . Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.

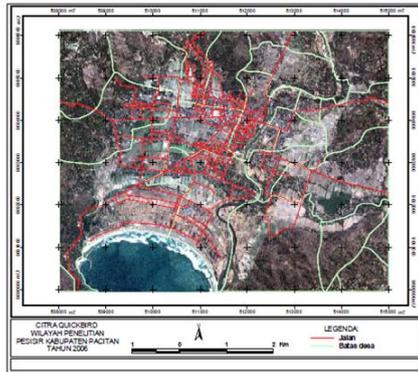


Gambar 2 Peta Lokasi Penelitian

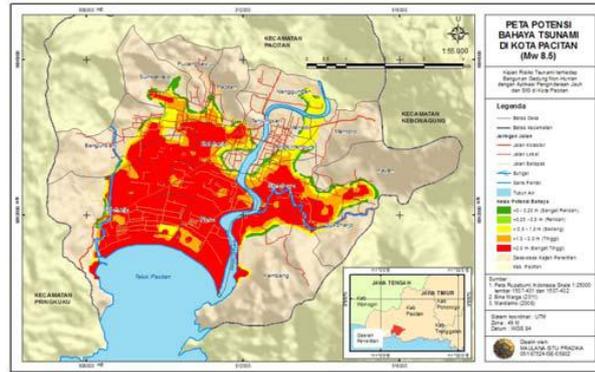
Sumber : <http://abuzadan.staff.uns.ac.id/>

Adapun data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

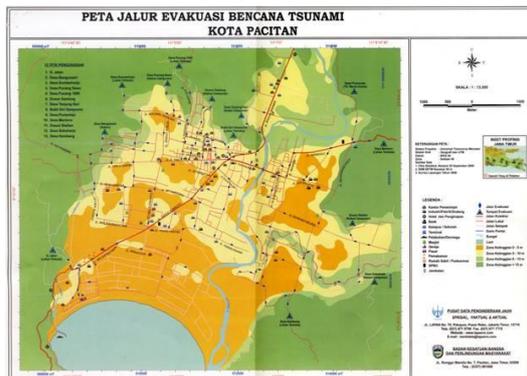
- Data spasial yang terdiri dari: peta jaringan jalan digital Kota Pacitan (Gambar 3); citra quickbird; batas rawan tsunami Kota Pacitan (Gambar 4); peta administrasi kota Pacitan; data *shelter* evakuasi tsunami eksisting (Gambar 5) dan rekomendasi Kota Pacitan (Gambar 6).
- Data non-spasial yang terdiri dari data luas wilayah dan kependudukan Kota Pacitan tahun 2010.



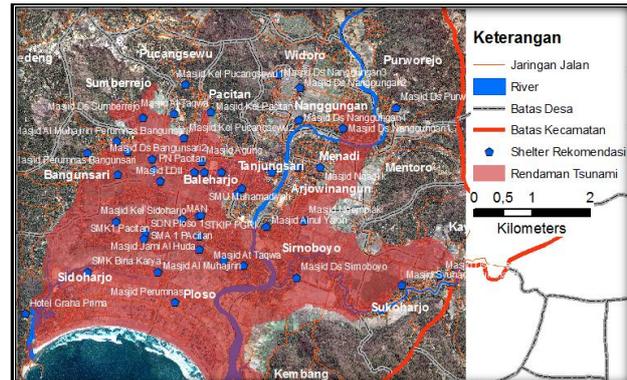
Gambar 3 Jaringan jalan kota Pacitan



Gambar 4 Daerah rendaman tsunami

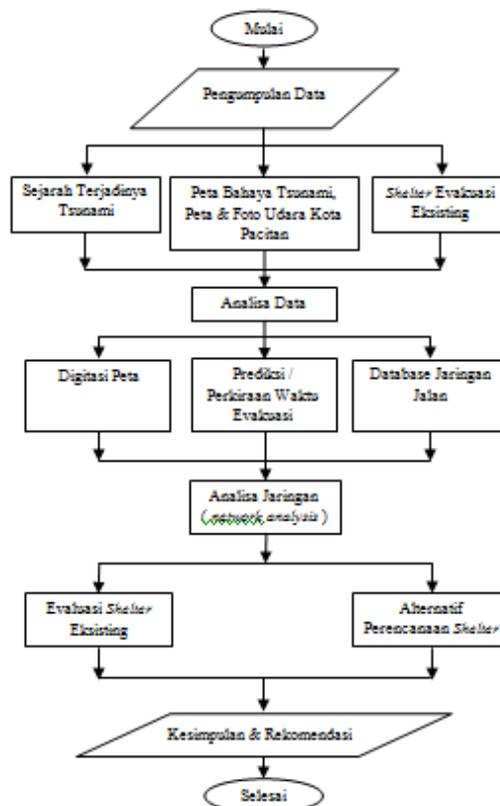


Gambar 5 Shelter eksisting Kota Pacitan



Gambar 6 shelter alternatif kota Pacitan

Adapun bagan penelitian tugas akhir dapat dilihat dalam bagan alir penelitian pada Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7 Bagan Alir Penelitian

Berdasarkan bagan alir pada Gambar 7, secara garis besar tahapan analisis yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Persiapan Data

Data-data yang digunakan dalam studi ini adalah sebagai berikut :

- a. Data citra satelit, merupakan foto udara dari Kota Pacitan.
- b. Data *shape file* Kecamatan Pacitan, meliputi area Pacitan, batas desa, jaringan jalan dan jaringan sungai.
- c. Data peta genangan dampak tsunami Djati Mardiatno (2008) dengan Mw 8.5

2. Analisa Waktu Evakuasi

Proses evakuasi tsunami merupakan suatu proses yang komplikasi, dimana proses ini bertujuan untuk menyelamatkan seluruh warga pada saat keadaan darurat. Analisa waktu evakuasi dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam proses evakuasi tsunami hingga ke *shelter* yang telah ditetapkan.

a. Waktu datang gelombang.

Waktu datang gelombang tsunami berbeda-beda di setiap titik. Dikarenakan Pacitan belum pernah terkena tsunami secara langsung, dan titik terdekat dan terbaru adalah tsunami yang menghantam Pangandaran (2006), maka waktu gelombang tsunami di Pacitan menggunakan waktu yang terjadi di pangandaran, yaitu 55 menit

b. Asumsi waktu publikasi EWS tersebar di media lokal

Ina-TEWS mampu memberikan peringatan dini tsunami dalam waktu 5 menit setelah kejadian gempa bumi yang berpotensi membangkitkan tsunami.

c. Asumsi kecepatan berjalan dalam evakuasi

cepat rambat gelombang tsunami dan hubungannya dengan proses evakuasi tsunami, dengan menggunakan Tabel 2.1 kecepatan berjalan seseorang ketika evakuasi tsunami adalah 1 m/s (3,6 km/jam)

d. Jarak terjauh evakuasi

Waktu yang tersedia untuk evakuasi bergantung pada kemampuan BMKG dalam memprediksi terjadinya tsunami setelah gempa terjadi. Semakin lama penentuan waktu prediksi tsunami maka semakin kecil waktu yang tersedia untuk evakuasi, maka waktu tersedia adalah waktu datang gelombang tsunami dikurangi waktu publikasi EWS.

Tabel 2 Skenario waktu evakuasi

Skenario	Waktu Penjalaran Gel. Tsunami (Menit)	Asumsi Waktu Peringatan (Menit)	Waktu Evakuasi Penduduk (Menit)	Kecepatan Evakuasi (Km/Jam)	Panjang Lintasan Maksimum Evakuasi (Meter)
I	55	30	25	3.6	1500
II	55	25	30	3.6	1800
III	55	20	35	3.6	2100
IV	55	15	40	3.6	2400
V	55	10	45	3.6	2700

Seperti diuraikan sebelumnya, bahwa waktu penjalaran gelombang tsunami sampai garis pantai Kota Pacitan adalah 55 menit (berdasarkan kejadian tsunami Pangandaran di tahun 2006). Penelitian ini mengasumsikan beberapa kondisi skenario waktu yang dibutuhkan untuk peringatan dini terhadap tsunami dengan waktu respon penduduk yaitu 30 menit, 25 menit, 20 menit, 15 menit, 10 menit, dan 5 menit.

Dengan asumsi tersebut maka waktu yang tersisa buat penduduk untuk berevakuasi masing-masing adalah 25 menit, 30 menit, 35 menit, 40 menit, 45 menit, dan 50 menit. Pada kondisi tersebut, masing-masing diberi nama skenario I, II, III, IV, dan V seperti disajikan di tabel 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Estimasi Jumlah Penduduk Pada Daerah Rendaman Tsunami

Berdasarkan peta potensi bahaya tsunami di Pacitan (Mw 8.5) pada Gambar 4 terdapat informasi penting berguna dalam perencanaan evakuasi tsunami. Informasi itu meliputi perkiraan jumlah penduduk yang berada dalam daerah rendaman tsunami dan luas area yang terendam tsunami. Informasi tersebut dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3 Perkiraan Luas Area Terendam dan Penduduk yang Terkena Tsunami

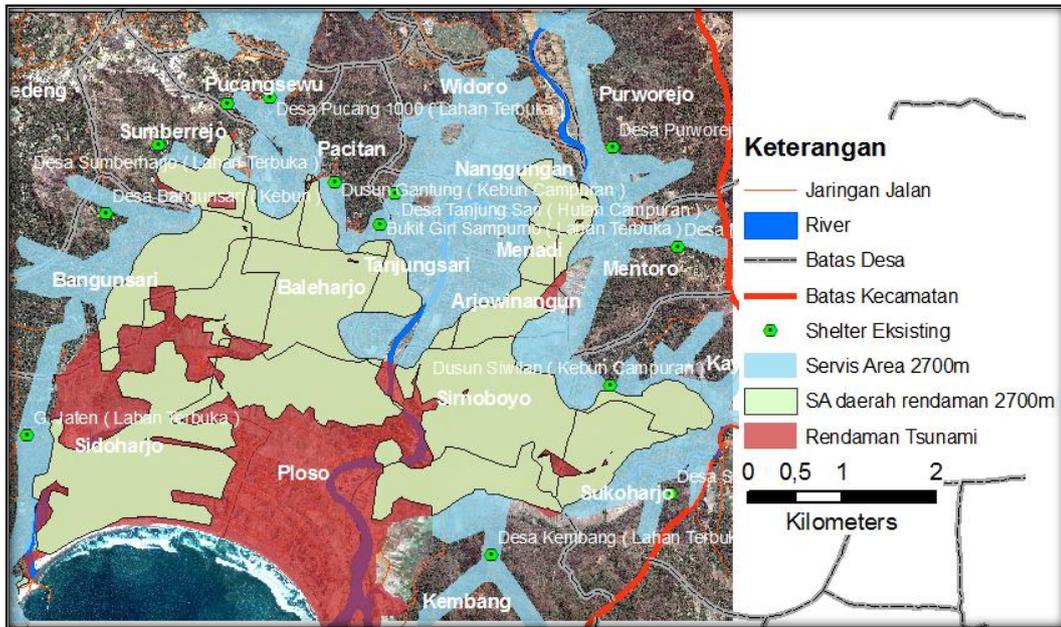
	Desa / Kelurahan	Jumlah Penduduk	Luas	Luas Terendam	Persentase Rendaman	Perkiraan Penduduk terendam Tsunami
		(Jiwa)	Km ²	km ²	%	jiwa
1	Arjowinangun	3.354	0,871	0,42421	48,69	1.633
2	Baleharjo	3.802	0,958	0,90334	94,33	3.587
3	Bangunsari	4.279	4,049	1,06728	26,36	1.128
4	Banjarsari	1.233	2,663	0	0,00	-
5	Bolosingo	1.232	2,408	0	0,00	-
6	Kayen	2.400	3,635	0,33373	9,18	220
7	Kembang	2.329	4,709	1,00725	21,39	498
8	Menadi	1.984	0,542	0,30944	57,07	1.132
9	Mentoro	2.571	2,063	0,09911	4,80	124
10	Nanggung	2.125	1,747	0,36643	20,98	446
11	Pacitan	3.579	1,458	0,22396	15,36	550
12	Panggung	1.759	6,082	0	0,00	-
13	Ploso	7.438	3,655	3,6529	99,94	7.434
14	Pucangsewu	3.247	1,572	0,17775	11,31	367
15	Purworejo	1.598	3,114	0	0,00	-
16	Sambong	2.658	8,632	0	0,00	-
17	Sedeng	2.521	5,253	0	0,00	-
18	Semanten	1.442	2,327	0	0,00	-
19	Sidoharjo	8.468	8,365	5,01488	59,95	5.077
20	Sirnoboyo	4.304	1,738	1,4851	85,47	3.679
21	Sukoharjo	1.495	1,929	0,64023	33,20	496
22	Sumberrejo	1.478	1,981	0,36411	18,38	272
23	Tambakrejo	1.854	4,031	0	0,00	-
24	Tanjungsari	4.226	1,175	0,20928	17,81	753
25	Widoro	1.710	1,424	0	0,00	-
		73.086	76,381	16,2790		27.396

Dari Tabel 3 di atas, daerah yang berada dalam daerah rendaman terluas adalah desa Sidoharjo yaitu sebesar 5,01488 km² (59,95% dari luas wilayah Sidoharjo), sedangkan persentase terbesar adalah desa Ploso yaitu 99,94% (hampir seluruh desa Ploso dalam daerah rendaman tsunami. Jumlah penduduk dalam daerah rendaman tsunami

diperkirakan dengan cara mengalikan luas daerah yang terendam tsunami dengan kepadatan penduduk untuk masing-masing desa.

2. Evaluasi Shelter Eksisting

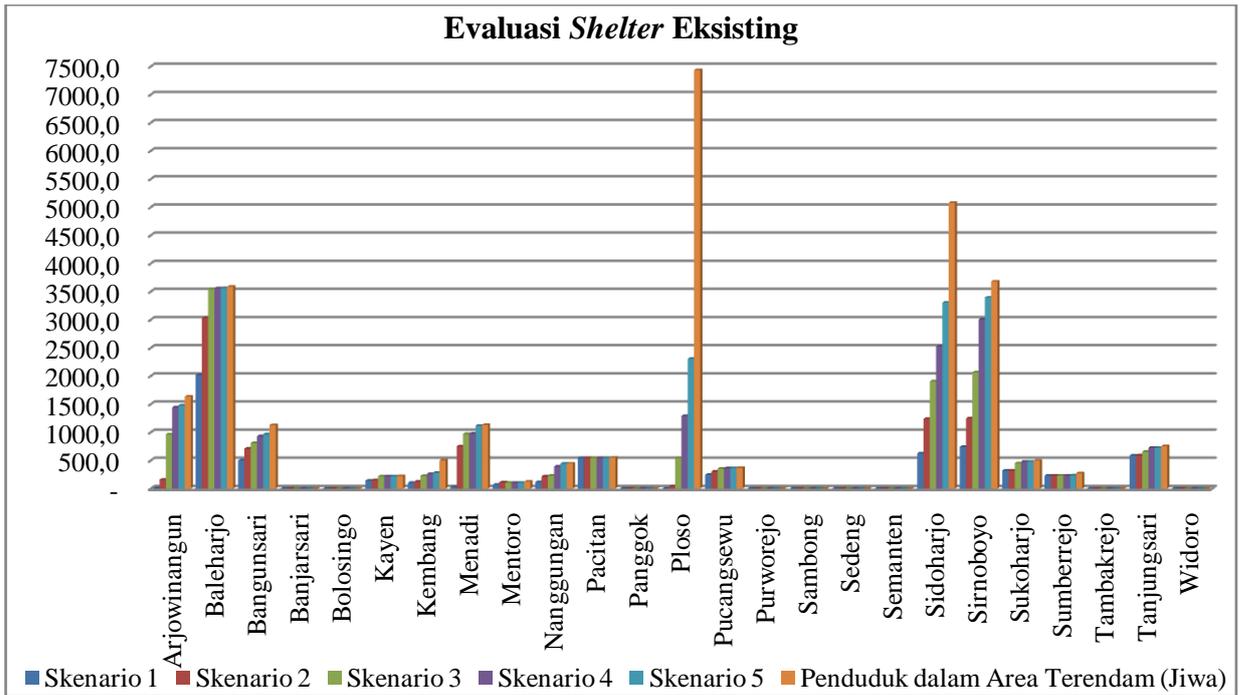
Dengan menggunakan *tools service area* pada ArcGIS, maka didapatkan luasan jangkauan *shelter* eksisting. Gambar 8 merupakan gambar *service area* skenario V (skenario terbaik dengan ketersediaan waktu evakuasi yang panjang).



Gambar 8 Hasil analisa servis area skenario V

Dengan dilakukan analisa seluruh servis area untuk tiap-tiap skenario, maka didapatkan perkiraan jumlah penduduk yang dapat mencapai *shelter*. Untuk perkiraan jumlah penduduk yang dapat mencapai *shelter* dapat dilihat pada Gambar 9. Sedangkan prosentase penduduk yang dapat mencapai shelter eksisting disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 10

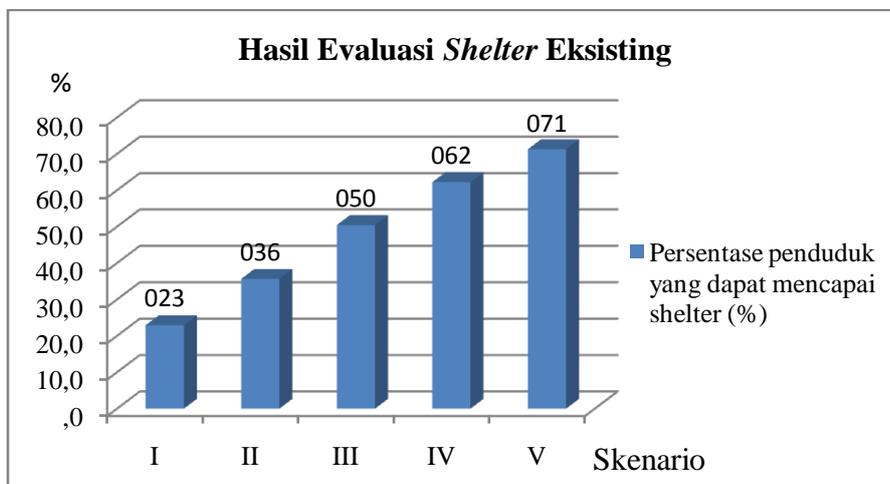
Pada Gambar 10, dapat dilihat skenario yang terbaik adalah skenario V yang memiliki waktu evakuasi terbanyak (*EWS time*) 45 menit dan persentase maksimum yaitu 71,28%. Perbedaan tiap-tiap skenario adalah waktu EWS yang tersedia, semakin besar waktu yang tersedia maka akan semakin jauh jarak lintasan yang dapat ditempuh oleh penduduk. Dari hasil evaluasi, dapat disimpulkan bahwa *shelter* eksisting yang direncanakan pemerintah Kota Pacitan masih belum efektif karena sebagian penduduk setempat tidak cukup untuk berevakuasi menjangkau *shelter-shelter* tersebut. Pada kondisi peringatan dini yang paling bagus, penduduk yang mempunyai cukup waktu untuk mencapai *shelter* sebelum kejadian tsunami adalah sekitar 71,28%. Kondisi *shelter* eksisting sangat sensitif terhadap ketersediaan waktu evakuasi. Perbedaan ketersediaan waktu evakuasi sangat berpengaruh terhadap prosentase penduduk yang bias mencapai *shelter* sebelum kejadian tsunami, yang bervariasi antara 22,93 - 71,28%



Gambar 9 Perkiraan penduduk yang mencapai *shelter* eksisting

Tabel 3 Rekapitulasi evaluasi *shelter* eksisting

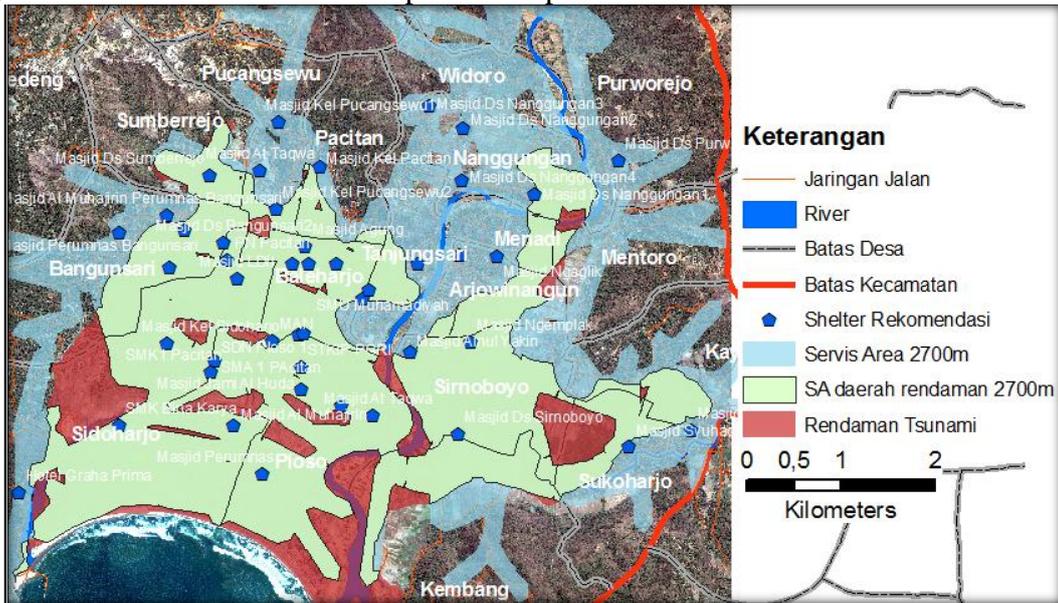
No	Skenario	Waktu Evakuasi yang tersedia (Menit)	Panjang Lintasan Maksimum Evakuasi (Meter)	Penduduk dalam daerah bahaya Tsunami	Penduduk dalam Servis Area pada daerah rendaman	
					(jiwa)	%
1	I	25	1500	27.395	6.283	22,93
2	II	30	1800		9.770	35,67
3	III	35	2100		13.819	50,44
4	IV	40	2400		17.051	62,24
5	V	45	2700		19.526	71,28



Gambar 10 Grafik rekapitulasi evaluasi *shelter* eksisting

3. Analisa *shelter* rekomendasi

Dengan data hasil evaluasi yang didapat dari *shelter* eksisting, akan banyak penduduk yang akan menjadi korban gelombang tsunami. Ini disebabkan letak *shelter* evakuasi yang berada di luar daerah rendaman tsunami, sehingga dibutuhkan banyak waktu evakuasi yang tersedia agar seluruh penduduk dapat selamat mencapai *shelter* eksisting. Agar meminimalisir jumlah korban, maka dipilih beberapa mesjid dan gedung publik yang dirasa aman terhadap bahaya tsunami sebagai *shelter* rekomendasi. *Shelter* rekomendasi yang telah dipilih berada pada daerah genangan tsunami agar lebih cepat dan mudah dicapai penduduk, sehingga dalam proses evakuasi membutuhkan waktu yang lebih singkat. Hasil analisa servis area dapat dilihat pada Gambar 11.

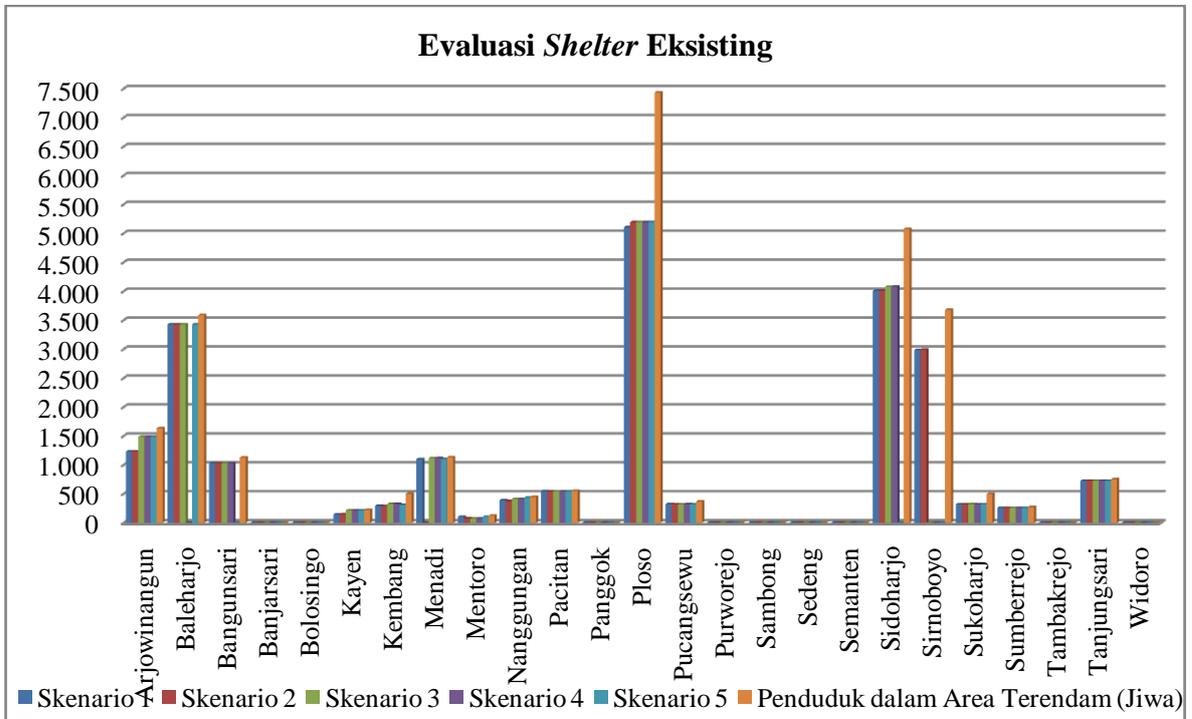


Gambar 11 Servis Area *shelter* rekomendasi Skenario V

Dari analisa beberapa skenario yang telah dilakukan didapatkan persentase perkiraan penduduk yang dapat mencapai *shelter* pada saat tsunami tsunami terjadi. Penduduk yang mencapai *shelter* adalah penduduk yang berada dalam cakupan servis area *shelter* terdekat. Hasil analisa untuk perkiraan jumlah penduduk yang dapat mencapai *shelter* dapat dilihat pada Gambar 12, edangkan prosentase penduduk yang dapat mencapai *shelter* rekomendasi dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 13. Pada Gambar 13, dapat dilihat semua skenario memiliki persentase di atas 80%. Skenario terbaik adalah skenario V yang memiliki waktu evakuasi terbanyak (EWS *time*) 45 menit dan persentase maksimum yaitu 83,09%.

Penelitian ini merekomendasikan bangunan fasilitas umum yang sebagian besar adalah mesjid sebagai tempat evakuasi sementara, sejumlah 45 *shelter*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penempatan *shelter* tersebut tidak terlalu sensitif terhadap penambahan ketersediaan waktu evakuasi. Variasi prosentase penduduk yang mempunyai cukup waktu untuk mencapai shelter berkisar 80,22% - 83,09% pada berbagai kondisi waktu evakuasi. *Shelter* rekomendasi lebih efektif dalam mengevakuasi penduduk dari *shelter* eksisting karena lebih banyak penduduk yang dapat mencapai *shelter* yaitu dengan rata-rata lebih dari 80% di tiap skenario. Hal ini dikarenakan letak *shelter* yang berada di dalam daerah rendaman sehingga membutuhkan waktu yang relatif sedikit agar penduduk dapat mencapai *shelter* evakuasi terdekat.

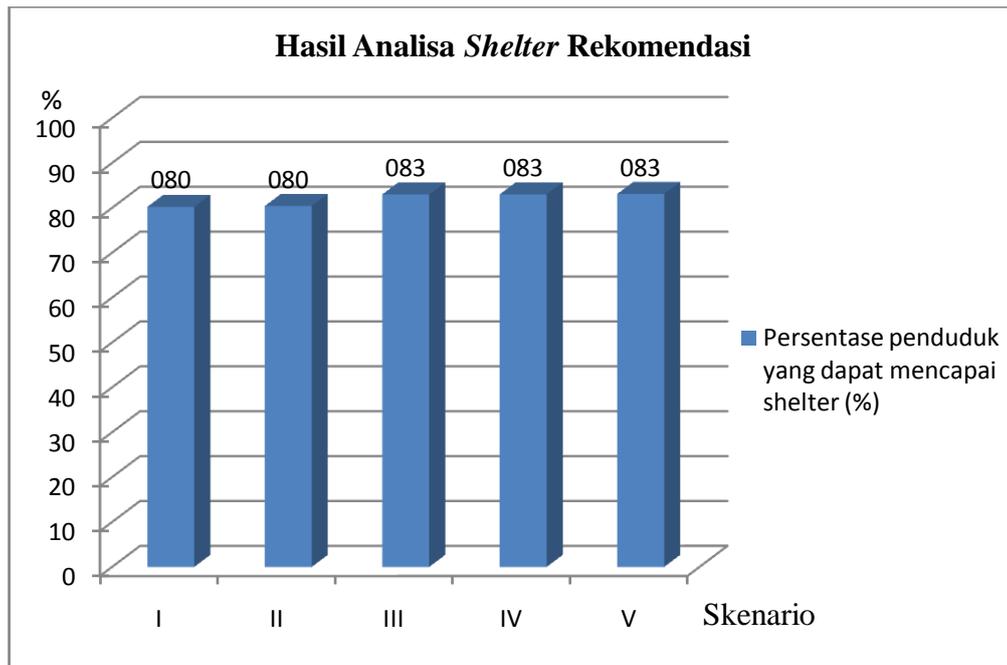
Untuk itu, diperlukan penambahan bangunan *shelter* yang baru yang dikhususkan untuk evakuasi, dapat berupa *shelter* yang permanen. *Shelter* permanen ditempatkan di daerah yang belum terjangkau (*blank area*) oleh servis area dari *shelter* rekomendasi seperti di desa Sidoharjo, Sukoharjo, Ploso dan daerah pesisir pantai. Selain penambahan *shelter*, diperlukan juga penambahan dan peningkatan jaringan jalan, agar memudahkan evakuasi menuju *shelter*.



Gambar 12 Perkiraan penduduk yang dapat mencapai *shelter* rekomendasi

Tabel 4 Rekapitulasi analisa *shelter* rekomendasi

No	Skenario	Waktu Evakuasi yang tersedia (Menit)	Panjang Lintasan Maksimum Evakuasi (Meter)	Penduduk dalam daerah bahaya Tsunami	Penduduk dalam Servis Area pada daerah rendaman	
					(jiwa)	%
1	I	25	1500	27.395	21.977	80,22
2	II	30	1800		22.030	80,42
3	III	35	2100		22.732	82,98
4	IV	40	2400		22.738	83,00
5	V	45	2700		22.762	83,09



Gambar 13 Grafik rekapitulasi analisa *shelter* rekomendasi

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang berjudul “Kajian Konfigurasi *Shelter* untuk Evakuasi Terhadap Bencana Tsunami Di Kota Pacitan”, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. *Shelter* eksisting yang direncanakan pemerintah Kota Pacitan masih belum efektif karena sebagian penduduk setempat tidak cukup untuk berevakuasi menjangkau *shelter-shelter* tersebut. Pada kondisi peringatan dini yang paling bagus, penduduk yang mempunyai cukup waktu untuk mencapai *shelter* sebelum kejadian tsunami adalah sekitar 71,28%
2. Kondisi *shelter* eksisting sangat sensitif terhadap ketersediaan waktu evakuasi. Perbedaan ketersediaan waktu evakuasi sangat berpengaruh terhadap prosentase penduduk yang bias mencapai *shelter* sebelum kejadian tsunami, yang bervariasi antara 22,93 - 71,28%
3. Penelitian ini merekomendasikan bangunan fasilitas umum yang sebagian besar adalah mesjid sebagai tempat evakuasi sementara, sejumlah 45 *shelter*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa penempatan *shelter* tersebut tidak terlalu sensitif terhadap penambahan ketersediaan waktu evakuasi. Variasi prosentase penduduk yang mempunyai cukup waktu untuk mencapai *shelter* berkisar 80,22% - 83,09% pada berbagai kondisi waktu evakuasi.
4. *Shelter* rekomendasi lebih efektif dalam mengevakuasi penduduk dari *shelter* eksisting karena lebih banyak penduduk yang dapat mencapai *shelter* yaitu dengan rata-rata lebih dari 80% di tiap skenario. Hal ini dikarenakan letak *shelter* yang berada di dalam daerah rendaman sehingga membutuhkan waktu yang relatif sedikit agar penduduk dapat mencapai *shelter* evakuasi terdekat.

Adapun saran yang dapat diberikan penulis yaitu :

1. Diperlukan penambahan bangunan *shelter* yang baru yang dikhususkan untuk evakuasi, dapat berupa *shelter* yang permanen. *Shelter* permanen ditempatkan di

- daerah yang belum terjangkau (*blank area*) oleh servis area dari *shelter* rekomendasi seperti di desa Sidoharjo, Sukoharjo, Ploso dan daerah pesisir pantai.
2. Selain penambahan *shelter*, diperlukan juga penambahan dan peningkatan jaringan jalan, agar memudahkan saat evakuasi menuju *shelter*.

DAFTAR PUSTAKA

- Awaludin, N., (2010), *Geographical Information Systems With ArcGIS 9.x – Principles, Techniques, Applications, and Management*, Yogyakarta, Andi
- BMKG, (2010), *Tentang Gempa Bumi*, http://inatews.bmkg.go.id/tentang_eq.php, diakses pada 26 September 2012.
- ESRI, *ArcGIS Tutorial Help*, <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop>
- Geospasial BNPB. (2009). Peta Ancaman Bencana Tsunami di Indonesia. <http://geospasial.bnpb.go.id/2010/02/19/peta-indeks-ancaman-bencana-tsunami-di-indonesia>, diakses pada 26 September 2012.
- GIS Konsorsium Aceh Nias, 2007, *Modul Pelatihan ArcGIS Tingkat Dasar*, Banda Aceh, Staf Pemerintahan Kota Banda Aceh
- MAIPARK Indonesia. (2011, Agustus). Waspada. *News On Earth Disasters*, 16.
- Mardiatno, D. (2008). Tsunami Risk Assessment Using Scenario-Based Approach, Geomorphological Analysis and Geographic Information System A Case Study in South Coastal Areas of Java Island-Indonesia. *Disertasi*. Innsbruck: Faculty of Geo-And Atmospheric Sciences of the University of Innsbruck
- Nur, Arief Mustofa. (2011). Gempa Bumi, Tsunami Dan Mitigasinya. Balai Informasi dan Konservasi Kebumian Karangasambung – LIPI, Kebumen
- Pradika, Maulana Istu. Khakhim, Nurul. (2012). Kajian Risiko Tsunami Terhadap Bangunan Gedung Non-Hunian Dengan Aplikasi PJ Dan SIG Di Kota Pacitan.
- Raden Antareja, (2011). <http://www.radenantareja.blogspot.com/2011/04/teror-tsunami-menghantui-indonesia.html>, diakses pada 26 September 2012.
- Raharjo, Beni. (2011). Tutorial ArcGIS bagi Pemula
- Rahmadhani, Nia. (2013). Analisis Aksesibilitas Shelter Evakuasi Tsunami di Kota Padang Berbasis Sistem Informasi Geografis.
- Sutikno, Sigit. (2011). Development of Simulation Model for Evaluating Tsunami Evacuation and its Application.
- Sutikno, Sigit. (2012). Evacuation Risk Analysis against Tsunami Hazard Based on Spatial and Network analysis on GIS.
- UNDP. Tim Teknis Nasional (2007). Modul Pelatihan ArcGIS Dasar.
- Usman, Fadly. Suharyanto, Agus. Murakami, Keisuke. (2011). Pacitan: City without Local Wisdom for Tsunami Hazard.
- Usman, Fadly. (2011). Evaluation of Strategy on Coastal Vegetation Belts against Tsunami Hazards, A Case Study in Pacitan, East Java, Indonesia.
- Usman, Fadly. (2011). Swot And Shelter Plan Analysis For Mitigating Tsunami Disaster, A Case Study in Pacitan, East Java, Indonesia.
- Usman, Fadly. (2012). Strategi Penataan Kawasan Pesisir Kota Pacitan Terkait Aspek Mitigasi Terhadap Gelombang Tsunami.