

KAJIAN KONFIGURASI *ESCAPE BUILDING* UNTUK EVAKUASI TERHADAP BENCANA TSUNAMI DI KOTA BANDA ACEH

Teuku Ichsan Nurrady ¹⁾, Sigit Sutikno ²⁾, Rinaldi ²⁾
¹⁾Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, ²⁾Dosen Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru 28293 E-mail :
teukuichsannurrady@gmail.com

ABSTRACT

Banda Aceh is one of the cities in Sumatra that is affected by the earthquake and tsunami Andaman on 26 December 2004. Banda Aceh has a sloping and relatively flat topography, with an average height of 0.8 meters above sea level, making this city became one of the cities with The worst effects of tsunami 2004, and still have the risk of earthquakes and tsunamis in the future. It is necessary for the system in the form of vertical evacuation like escape building, so that residents can take refuge from the tsunami. However, the number and location of the escape building existing only found in the Meuraxa village, so it can not reach all areas of tsunami inundation. This research use network analyst tool to the configuration of the escape building existing to analyze the service area of each escape building. From this analysis it can be known that there are still many people who are not able to reach the nearest escape building or toward a secure area before the tsunami waves arrive. The scenarios analyst simulate varying evacuation time conditions, and there are two overload escape building. The simulation result shows that the percentage of residents who are not able to reach an escape building is very small, ranging between 23.73% -10.35%, so it is considered not effective, while the analysis of the escape building existing capacity shows two escape building had excess capacity, ranging between 55.48% - 55,78%.

Keywords: Banda Aceh City; service area; escape building

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang terletak di antara tiga lempeng utama dunia yaitu lempeng Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Hal tersebut mengakibatkan Indonesia menjadi salah satu negara yang sangat rawan dengan bencana alam khususnya gempa bumi dan tsunami dengan intensitas dan kekuatan yang berbeda.

Tsunami adalah serangkaian gelombang yang sangat besar yang

dihasilkan oleh gangguan bawah air seperti longsor, gempa bumi, letusan gunung berapi, atau meteorit. Berbeda dengan bencana alam yang umumnya dapat diprediksi, serangan tsunami merupakan salah satu bencana alam yang sangat susah diprediksi jauh sebelum saat terjadinya tsunami tersebut tentang dimana dan kapan akan terjadi, berapa kekuatan dan tinggi gelombang yang akan menyerang, dan sebagainya. Akibat dari sifat serangan tsunami yang

sulit diprediksi tersebut, maka serangan tsunami akan memberi dampak yang sangat merusak, seperti korban jiwa, cedera, dan kerusakan properti.

Diperlukan penanganan secara sistematis dan terencana untuk membuat suatu sistem evakuasi penduduk. Untuk perencanaan evakuasi diperlukan infrastruktur penunjang, seperti bangunan *escape building* dan jaringan jalan untuk jalur evakuasi. Perencanaan penempatan bangunan evakuasi dan pemilihan jalur evakuasi memerlukan analisis secara rasional. Salah satu aplikasi yang umum digunakan dalam analisis tersebut adalah ArcGIS. Evaluasi *escape building existing* dapat menggunakan beberapa *tools* yang terdapat pada ArcGIS seperti *editing*, *network analyst* dan *spatial statistics tools*. Dengan menggunakan *tools* yang ada pada ArcGIS ini akan didapat *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 Banda Aceh, dengan 9 kecamatan, 90 desa (gampong) dan luas sekitar 61,36 km². Banda Aceh adalah salah satu kota di Indonesia yang pernah mengalami salah satu bencana tsunami yang paling parah, yang pernah tercatat. Pada tanggal 26 Desember 2004, terjadi gempa bumi dengan episentrum di lepas pesisir barat Sumatera, Indonesia. Gempa ini dikenal di kalangan ilmuwan dengan nama Gempa bumi Sumatera–Andaman. Gempa bumi tersebut mengakibatkan gelombang tsunami yang menghantam sebagian pantai barat Sumatra, dan Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam merupakan daerah paling parah terkena tsunami. Korban jiwa yang diakibatkan oleh bencana tsunami Aceh 2004, sangat banyak. Berdasarkan

data yang dikeluarkan kantor berita BBC News-Inggris, di Indonesia tercatat kurang lebih 220.000 jiwa menjadi korban.

Belajar dari pengalaman kejadian tsunami tersebut, perlu dipersiapkan upaya-upaya untuk meminimalisir dampak dari kemungkinan akan kejadian tsunami yang akan datang. Salah satu upaya tersebut adalah dengan membuat perencanaan evakuasi yang efektif, seperti membuat sistem evakuasi vertikal dengan membangun *escape building* tsunami. Penempatan, jumlah, dan kapasitas bangunan evakuasi yang ada di Kota Banda Aceh akan dievaluasi pada penelitian ini dengan berbasis pada sistem informasi geografis (SIG).

Cepat Rambat Gelombang Tsunami dan Hubungannya dengan Proses Evakuasi Tsunami

Sampai saat ini, belum ada standar nasional maupun internasional yang dapat digunakan sebagai panduan untuk menentukan kecepatan berjalan pengungsi, karena kecepatan berjalan selama evakuasi berbeda-beda dan sebagian besar bergantung 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) menyelidiki gerakan berjalan orang berdasarkan video yang diambil saat tsunami Aceh 26 Desember tahun 2004, dan menyarankan tiga kategori

pengungsi berdasarkan kecepatan mereka berjalan, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Kategori kecepatan orang berjalan selama evakuasi tsunami

Kondisi Berjalan	Kecepatan 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)

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.

Dalam penelitian ini, diasumsikan bahwa penduduk melakukan evakuasi hanya dengan berjalan kaki dan penyebaran penduduk dianggap merata. Artinya, evaluasi yang dilakukan berdasarkan jarak terjauh dalam wilayah layanan tertentu, sehingga jarak antara pusat aktivitas penduduk seperti sekolah, pasar, ataupun tempat kerja, menuju *escape building* tidak diperhitungkan.

Escape Building Tsunami

Mengantisipasi tsunami tidak hanya sekedar mengetahui akan terjadinya bencana ini. Hal yang paling penting adalah mengupayakan bagaimana cara untuk meminimalkan jumlah korban jiwa dan kerugian lainnya. Salah satu cara adalah dengan membuat alternatif perencanaan

evakuasi vertikal. Evakuasi vertikal pada dasarnya adalah mengevakuasi penduduk sekitar menuju bangunan yang aman dari dampak tsunami tersebut, dan menentukan bangunan yang aman sebagai tempat perlindungan dari bahaya tsunami. Di negara-negara maju seperti Jepang atau Amerika bangunan evakuasi vertikal secara khusus dirancang untuk menantisipasi bahaya tsunami.

Escape building yang ada di kota Banda Aceh dibangun sebagai pusat evakuasi bagi masyarakat sekitar yang tinggal di sepanjang garis pantai bila sewaktu-waktu bahaya tsunami mengancam keselamatan jiwa penduduk. Tempat ini juga digunakan sebagai tempat pendaratan helikopter (*helipad*) guna memberikan bantuan kepada korban tsunami.

Gedung ini dapat menahan gempa 9 – 10 skala richter dengan kapasitas sekitar 1000 orang (Tsunami *Escape Building* Banda Aceh, bandaacehкотamadani.wordpress.com, Desember, 2012). Gedung juga dilengkapi dengan peralatan dan fasilitas untuk evakuasi di lantai 2 dan 3. Lantai tiga gedung ini didesain lapang yang menampung sekitar 300 orang.

Pada lantai 4 menjadi tempat evakuasi paling atas yang dapat menampung 500 orang, dan juga ada *helipad*, yaitu tempat landasan Helikopter.

Terdapat 4 *escape building* eksisting yang terdapat di Banda Aceh, dan dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 1 berikut.

Tabel 2 *Escape Building* Eksisting

No.	Nama EB Eksisting	Lokasi <i>Escape Building</i>	
		Desa	Kecamatan
1	EB Ulee Lheue	Ulee Lheue	Meuraxa
2	EB Lambung	Lambung	Meuraxa
3	EB Deah Geulumpang	Deah Geulumpang	Meuraxa
4	EB Alue Deah Tengoh	Alue Deah Tengoh	Meuraxa



Gambar 1 *Escape Building* Eksisting

Sistem Informasi Geografis

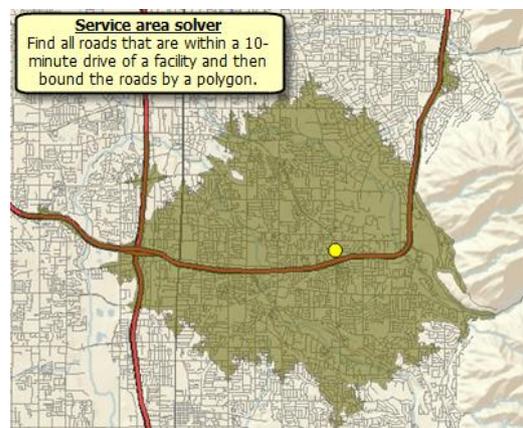
Sistem Informasi Geografis (SIG/ *Geographic Information System*) merupakan sistem informasi berbasis komputer yang digunakan untuk mengolah dan menyimpan data atau informasi geografis (Aronoff, 1989 dalam UNDP, 2007).

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 analyst*.

Dalam *network analyst* 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*). *Service area* digunakan untuk menentukan wilayah yang mencakup semua jalan dapat diakses (jalan-jalan yang terletak dalam impedansi yang ditentukan). *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 adalah satu contoh *service area* untuk 10 menit perjalanan sebagai hasil dari *network analysis*. *Service area* 10 menit adalah semua area yang dilingkupi perjalanan yang bisa ditempuh dalam waktu 10 menit dari suatu lokasi yang telah ditentukan.



Gambar 2 Contoh *service area* untuk 10 menit perjalanan sebagai hasil *network analysis*

Sumber : desktop.arcgis.com

METODOLOGI

Tahapan metodologi penelitian ini dimulai dari pengumpulan data yang terdiri dari data spasial dan data non-spasial. Data spasial berupa data shapefile jaringan jalan, batas dan luas desa, area inundation tsunami Banda Aceh dan koordinat *escape building* eksisting. Sedangkan data non-spasial berupa data jumlah penduduk per desa tahun 2013.

Setelah data diperoleh, dilakukan analisis data yaitu melakukan proses digitasi peta, melakukan prediksi waktu evakuasi, dan membangun *database* jaringan.

Prediksi waktu evakuasi didapat dengan menghubungkan waktu publikasi EWS (early warning system), dan waktu rambat gelombang tsunami. Berdasarkan penelitian Murat Saatcioglu, (2005), waktu rambat gelombang tsunami dari pusat gempa menuju garis pantai Banda Aceh 2004 adalah sebesar 15 menit.

Variasi asumsi waktu publikasi EWS pada penelitian ini adalah 0,3,6,9 menit, sehingga penelitian ini mengasumsikan variasi waktu evakuasi dalam 4 skenario waktu evakuasi, yaitu 15, 12, 9, 6 menit.

Untuk skenario I, diasumsikan penduduk melakukan evakuasi secara spontan tanpa menunggu publikasi EWS (0 menit) sehingga waktu evakuasi yang tersedia sebesar 15 menit. Untuk skenario II diasumsikan waktu publikasi EWS sebesar 3 menit, sehingga waktu evakuasi yang tersisa sebesar 12 menit. Sama halnya pada skenario III dan IV, asumsi waktu publikasi EWS adalah 6 dan 9 menit, sehingga sisa waktu evakuasi sebesar 9 dan 6 menit.

Database jaringan dibuat pada ArcCatalog pada *software* ArcGis, yang

akan digunakan untuk tahapan *network analyst*, guna melihat *service area*.

Setelah *database* jaringan terbentuk, dilakukanlah tahap analisis jaringan. Pada tahap ini, analisis dilakukan pada ArcMap dalam *software* ArcGis.

Analisis dilakukan dengan memasukkan jarak maksimum evakuasi pada tiap skenario yang didapat dengan menghubungkan waktu evakuasi tsunami dan asumsi kecepatan berjalan saat evakuasi sebesar 1 m/detik. Untuk skenario I, jarak maksimum evakuasi sebesar 900 meter, skenario II 720 meter, skenario III 540 meter, dan skenario IV 360 meter.

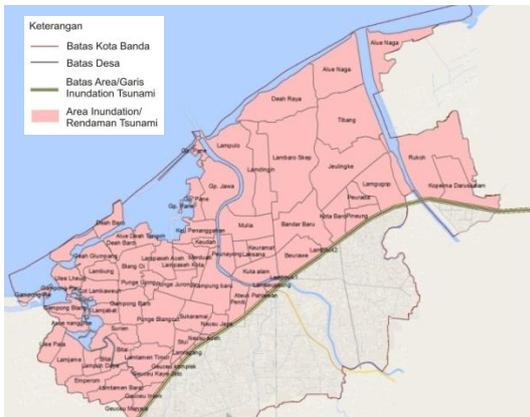
Analisis jaringan yang dilakukan bertujuan untuk memunculkan *service area* di tiap *escape building* berdasarkan tiap skenario. Dari *service area* yang telah terbentuk, dilakukan *clip polygon service area* ke *polygon* batas desa, selanjutnya dilakukan penghitungan luasan *polygon service area* dengan menggunakan *tools calculate geometry*. Setelah didapat luasan tiap *service area*, dapat dilakukan analisa di *software* Ms.Excel untuk menghitung jumlah penduduk yang mampu mencapai *escape building* eksisting tersebut dan jumlah pengungsi untuk tiap *escape building* eksisting. Pada tahap ini dilakukan perbandingan luas desa dan luas *service area* yang menjangkau desa tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Estimasi Jumlah Penduduk dalam Daerah Inundation Tsunami

Desa yang berada dalam area rendaman atau *inundation* tsunami berjumlah 65 desa dengan total luas mencapai 36.203.014,50 m², dan jumlah penduduk yang berada dalam area

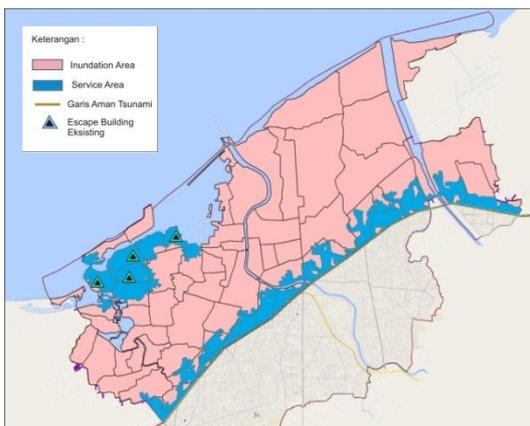
rendaman sebanyak 156.370 jiwa. Area *inundation* tsunami Banda Aceh dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3 Area *Inundation* Tsunami Banda Aceh

Skenario I

Merupakan skenario terbaik dengan waktu evakuasi yang tersedia sebesar 15 menit dan panjang lintasan evakuasi maksimum sebesar 900 m. *Service area* skenario I dapat dilihat pada Gambar 4 berikut.

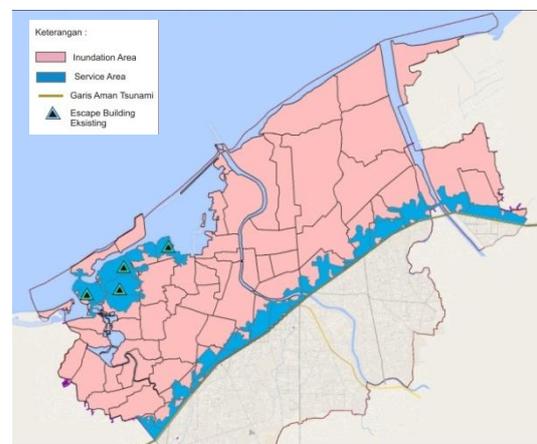


Gambar 4 *Service Area* Skenario I

Gambar 4 menunjukkan bahwa pada skenario I, hanya 37.121 jiwa (23,74%) yang bisa menjangkau *escape building* dan selamat dari gelombang tsunami.

Skenario II

Pada skenario ini, waktu evakuasi yang tersedia sebesar 12 menit. *Service area* skenario II dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.

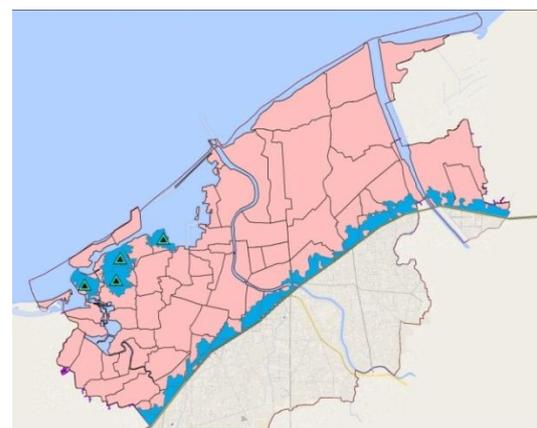


Gambar 5 *Service Area* Skenario II

jumlah penduduk yang berada pada *service area* untuk skenario II sebesar 29.930 jiwa (19,14%) lebih sedikit jika dibandingkan pada skenario I. Hal ini dapat disebabkan dan panjang lintasan evakuasi maksimum menjadi sebesar 720 m.

Skenario III

Pada skenario ini, waktu evakuasi yang tersedia sebesar 9 menit. *Service area* skenario III dapat dilihat pada Gambar 6 berikut.

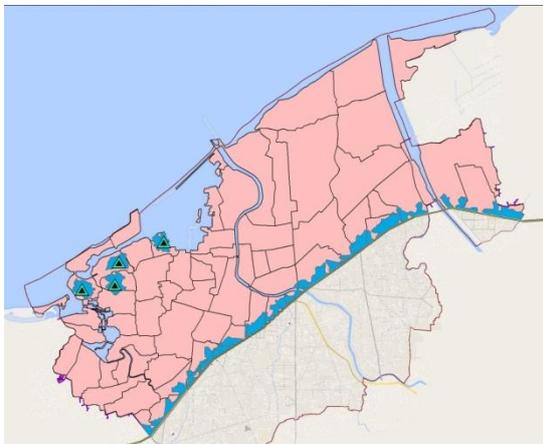


Gambar 6 *Service Area* Skenario III

Dapat dilihat, Gambar 6 menunjukkan pengurangan *service area* yang disebabkan berkurangnya jarak maksimum evakuasi menjadi sebesar 540 m, sehingga jumlah penduduk yang berada dalam *service area* hanya sebesar 23.739 jiwa (15,18%).

Skenario IV

Merupakan skenario terburuk dengan waktu evakuasi hanya 6 menit. Artinya pada skenario IV, panjang lintasan maksimum evakuasi sepanjang 360 m, dan merupakan panjang lintasan terkecil diantara keempat skenario. *Service area* untuk skenario IV dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Service Area Skenario IV

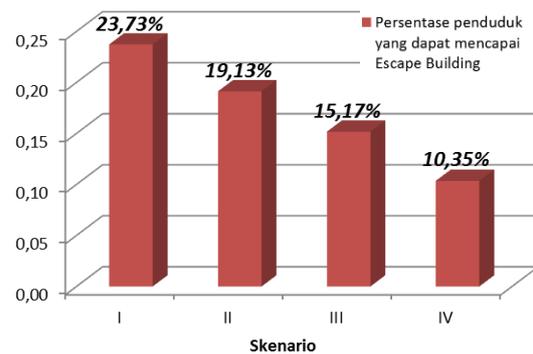
Pada skenario IV, jumlah penduduk yang berada dalam *service area* hanya sebesar 16.198 jiwa (10,36%), dan merupakan jumlah terkecil dibandingkan skenario I, II, dan III.

Evaluasi *Escape Building* Eksisting

Dari analisa 4 skenario yang telah dilakukan, didapat persentase perkiraan jumlah penduduk yang berada dalam *service area*. Persentase tersebut dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 8 berikut.

Tabel 3. Rekapitulasi Jumlah Penduduk dalam *Service Area*

Skenario	Penduduk Dalam Daerah Bahaya Tsunami	Penduduk dalam <i>Service Area</i> pada Daerah Rendaman
	jiwa	jiwa
I	156.454	37.121
II	156.454	29.930
III	156.454	23.739
IV	156.454	16.198



Gambar 8 Persentase penduduk yang dapat mencapai *escape building* di Kota Banda Aceh berdasarkan 4 skenario evakuasi

Dari Gambar 8 dan Tabel 3, terlihat bahwa skenario I merupakan skenario dengan jumlah penduduk yang dapat mencapai *escape building* terbesar diantara 4 skenario yang dianalisis (37.121 jiwa atau 23,73%). Namun, jumlah tersebut masih terlalu kecil jika dibandingkan dengan jumlah penduduk yang berada dalam area *inundation* tsunami sebesar 156.454 jiwa.

Hal tersebut dapat dikarenakan jumlah yang terlalu kecil dan letak *escape building* eksisting yang hanya berada pada salah satu kecamatan (tidak tersebar di seluruh wilayah Banda Aceh), yang tentunya menyebabkan kecilnya *service area* yang terbentuk pada setiap *escape building*.

Evaluasi Kapasitas *Escape Building* Eksisting

Evaluasi kapasitas *escape building* merupakan evaluasi yang dilakukan untuk melihat jumlah penduduk yang mampu untuk mencapai setiap *escape building* dan kemudian membandingkan jumlah tersebut dengan kapasitas setiap *escape building*.

Evaluasi kapasitas *escape building* eksisting menggunakan luas *service area* untuk setiap *escape building* dengan panjang lintasan terbesar, yaitu 900 meter sehingga didapat jumlah pengungsi maksimum disetiap *escape building*.

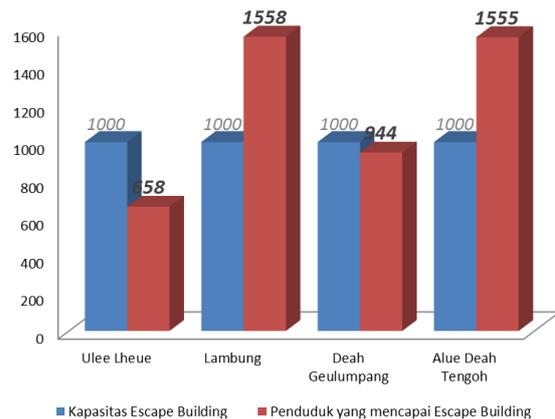
Batas *service area* untuk setiap *escape building* dapat dilihat pada Gambar 9 berikut.



Gambar 9 Batas *service area* untuk setiap *escape building* eksisting

Tabel 4. Perkiraan Jumlah Pengungsi Tiap *Escape Building*

No	<i>Escape building</i> eksisting	Perkiraan Kapasitas <i>Escape Building</i> orang	Jumlah penduduk yang mampu mencapai <i>Escape Building</i>	
			orang	%
1	Ulee Lheue	1000	658	65,77%
2	Lambung	1000	1558	155,78%
3	Deah Geulumpang	1000	944	94,43%
4	Alue Deah Tengah	1000	1555	155,48%



Gambar 10 Perbandingan Jumlah Pengungsi dan Kapasitas *Escape Building*

Dari Tabel 4 dan Gambar 10, dapat dilihat bahwa dari 4 *escape building* eksisting, terdapat 2 *escape building* yang mengalami *overload* atau melebihi kapasitas. *Escape building* yang mengalami *overload* adalah *escape building* Lambung (kelebihan 55,78%) dan *escape building* Alue Deah Tengah (kelebihan 55,48%).

Kondisi *overload* pada *escape building* diperkirakan akan mempengaruhi tingkat keamanan dan kenyamanan pengungsi yang berada di dalam bangunan *escape building* itu sendiri. Saat *escape building* mengalami *overload*, bangunan mengalami kelebihan beban yang kemudian akan berdampak pada menurunnya kekuatan bangunan *escape building* terhadap bencana gempa dan gelombang tsunami. Akibat dari menurunnya kekuatan bangunan *escape building* adalah meningkatnya resiko kerusakan bangunan *escape building* tersebut dan akan menambah jumlah korban gempa dan tsunami.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa, *escape building* tsunami eksisting

masih belum efektif karena sebagian besar penduduk belum mampu menjangkau *escape building eksisting*

2. Perkiraan penduduk yang mempunyai cukup waktu untuk mencapai 4 *escape building* tsunami eksisting sebelum datangnya gelombang tsunami adalah sekitar 37.121 jiwa atau sekitar 23,73%.
3. Analisa kapasitas 4 *escape building* tsunami yang telah dibangun, menunjukkan bahwa terdapat 2 *escape building* tsunami yang tidak melebihi kapasitas, yaitu *escape building* Ulee Lheue (65,77% terisi) dan *escape building* Deah Geulumpang (94,43% terisi). Sedangkan 2 *escape building* yang memiliki perkiraan jumlah pengungsi yang melebihi kapasitasnya (lebih dari 1000 orang) adalah *escape building* Lambung (kelebihan 55,78%), dan *escape building* Alue Deah Tengoh (kelebihan 55,48%).

Adapun saran yang dapat diberikan penulis adalah:

1. Perlu adanya pembangunan *escape building* yang tersebar di seluruh wilayah Kota Banda Aceh, sebagai upaya meningkatkan perkiraan jumlah penduduk yang mampu mencapai *escape building* saat terjadinya tsunami.
2. Juga diperlukan penambahan dan peningkatan jaringan jalan, agar dapat memudahkan proses evakuasi dan memperbesar *service area* tiap *escape building*.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonimus, 2015, *Indonesia quake toll jumps again*, news.bbc.co.uk, Available at: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/asia-pacific/4204385.stm>, [Accesed 26 Juni 2015].
- Anonimus, *Gempa bumi dan tsunami Samudra Hindia 2004*, id.wikipedia.org, Available at: http://id.wikipedia.org/wiki/Gempa_bumi_dan_tsunami_Samudra_Hindia_2004, [accessed 12 Juni 2015]
- Anonimus, 2012, *Tsunami Escape Building*, bandaacehкотamadani.wordpress.com, Available at: <https://bandaacehкотamadani.wordpress.com/2012/09/10/tsunami-escape-building/>, [Accesed 15 Juni 2015].
- Antareja. R, 2011, *Teror tsunami menghantui Indonesia sepanjang masa*, radenantareja.blogspot.com, Available at: <http://radenantareja.blogspot.com/2011/04/teror-tsunami-menghantui-indonesia.html>, [Accesed 8 Juni 2015].
- Badan Pusat Statistik, 2013, *Banda Aceh Dalam Angka (Banda Aceh In Figure) 2013*, Banda Aceh: BPS.
- BMKG, 2010, *InaTEWS; Konsep dan Implementasi*, Jakarta, BMKG
- BMKG, 2015, *Indonesia, rawan gempa bumi dan tsunami*, inatews.bmkg.go.id, available at: https://inatews.bmkg.go.id/new/about_inatews.php?urt=3, [Accesed 3 juni 2015]

- GIS Konsorsium Aceh Nias, 2007, *Modul Pelatihan ArcGIS Tingkat Dasar*, Banda Aceh, Staf Pemerintahan Kota Banda Aceh
- Khalifatullah. E, dkk, 2013, *Kajian Konfigurasi Escape building Untuk Evakuasi Terhadap Bencana Tsunami Di Kota Pacitan*, Tesis Program Sarjana [online], Available at: http://repository.unri.ac.id/xmlui/bitstream/handle/123456789/4796/EDH_Y_0607135746_JURNAL.pdf?sequence=1
- Potangaroa, R. (2008). Development of seismic strengthening options for housing - lessons from 2004, *CARE (Canada) Banda Aceh Reconstruction Programme Seminar*
- Saatcioglu.M, et al, 2005, *Effects Of The December 26, 2004 Sumatra Earthquake And Tsunami On Physical Infrastructure*, ISET Journal of Earthquake Technology, No.457, Vol : 42:79-82
- Sutikno, Sigit. (2012). *Evacuation Risk Analysis against Tsunami Hazard Based on Spatial and Network analysis on GIS*. Proceedings of the Twentieth (2010) International Offshore and Polar Engineering Conference, Beijing, China.
- UNDP. Tim Teknis Nasional (2007). *Modul Pelatihan ArcGIS Dasar*.