

KAJIAN SISTEM EVAKUASI VERTIKAL SECARA DETAIL DI KOTA PADANG SEBAGAI ALTERNATIF PENGURANGAN KERENTANAN DAN RESIKO BAHAYA TSUNAMI

Yunarto¹, Anwar H.Z¹, Wibowo S¹, Ruslan M¹, dan Wahyudin A¹

¹Pusat Penelitian Geoteknologi LIPI, Jalan Sangkuriang Bandung 40135

Telpon: +62 022 2503654, Fax: +62 022 2504593

Email: yuna001@geotek.lipi.go.id

Sari

Penelitian sistem evakuasi vertikal terhadap bahaya tsunami yang dilakukan di kota Padang ditujukan untuk mengurangi kerentanan (vulnerability) masyarakat terhadap bahaya tsunami dan sebagai alternatif dari sistem evakuasi horizontal yang telah diterapkan selama ini. Lokasi evakuasi horizontal yang telah ditetapkan mengakibatkan waktu tempuh masyarakat lebih dari satu (1) jam untuk penduduk yang berada di titik terjauh di Kota Padang sedangkan waktu perkiraan gelombang tsunami tiba di pantai (estimate time arrival - ETA) diperkirakan kurang dari 30 menit setelah terjadinya gempa. Proses persiapan evakuasi masyarakat sejak peringatan dini diumumkan melalui sirine BMKG (inststitusi yang berwenang mengeluarkan keputusan peringatan dini tsunami), setelah gempa kuat yang memicu gelombang tsunami, hingga masyarakat mulai melakukan evakuasi diperkirakan memerlukan waktu sekitar 20 menit. Dengan demikian waktu yang tersisa untuk mencapai lokasi evakuasi berarti $< 30 - 20 \text{ menit} = < 10 \text{ menit}$. Sebahai konsekuensinya, bangunan evakuasi vertikal yang dapat dicapai dalam waktu kurang dari 10 menit menjadi pilihan utama bagi masyarakat yang tinggal atau beraktivitas disekitarnya untuk menyelamatkan jiwanya. Dalam kajian ini telah terseleksi sekitar 90 unit bangunan diatas 2 tingkat yang dapat digunakan sebagai selter evakuasi vertikal, namun demikian jumlah ini berkurang sekitar 40 % akibat gempa 30 September 2009 yang lalu di Padang. Bangunan yang tersisa diperkirakan masih dapat dimanfaatkan sebagai selter bangunan evakuasi vertikal, akan tetapi direkomendasikan kepada Pemerintah daerah agar melakukan evaluasi yang lebih mendalam terhadap stabilitas struktur bangunan-bangunan tersebut. Selain itu direkomendasikan pula kepada Pemerintah daerah agar dapat membangun lokasi-lokasi bangunan khusus evakuasi vertical di lokasi yang tidak tercakup oleh bangunan-bangunan yang sudah ada.

Kata kunci: horizontal evakuasi, vertical evakuasi, waktu perkiraan tsunami datang, waktu evakuasi

Abstract

Vertical Evacuation Building Assessment In Padang City is aimed 1. to reduce communities vulnerability toward tsunami hazard and 2. as the alternative of the horizontal evacuation system which had been applied so far. Horizontal evacuation location lead for the people who is at the farthest point more than one hours to reach the shelter, whereas the estimated time arrival of the tsunami wave to reach the shore less than half an hour after the strong earthquake. The evacuation preparation processes since the tsunami early warning is notified by BMKG (the institution which has authorization to declare the tsunami warning) after the heavy earthquake until it the citizen starting to evacuate to the safe place need at least 20 minutes. Therefore the remaining time is $< 30 - 20 \text{ minute} = < 10 \text{ minutes}$. Consequently, the available vertical evacuation system is a primary concern which can be reached less than 10 minutes, in particular for the people who live and has activity nearby to save their live. In this assessment have been selected around 90 building unit that has more than 2 storey which can be used as the vertical evacuation shelter, however this number has been decreased for about 40 % due to the 30

September 2009 earthquake in Padang. The remaining building are estimated can be applied as the vertical evacuation shelter, however, the Padang Government is recommended to carry out a depth evaluation to the stability of those buildings structure. In other way this assessment also recommend to the local authority to built a special vertical evacuation building beyond the reachable area of the available building.

Keywords: *horizontal evacuation, vertical evacuation, estimated arrival time, evacuation time.*

PENDAHULUAN

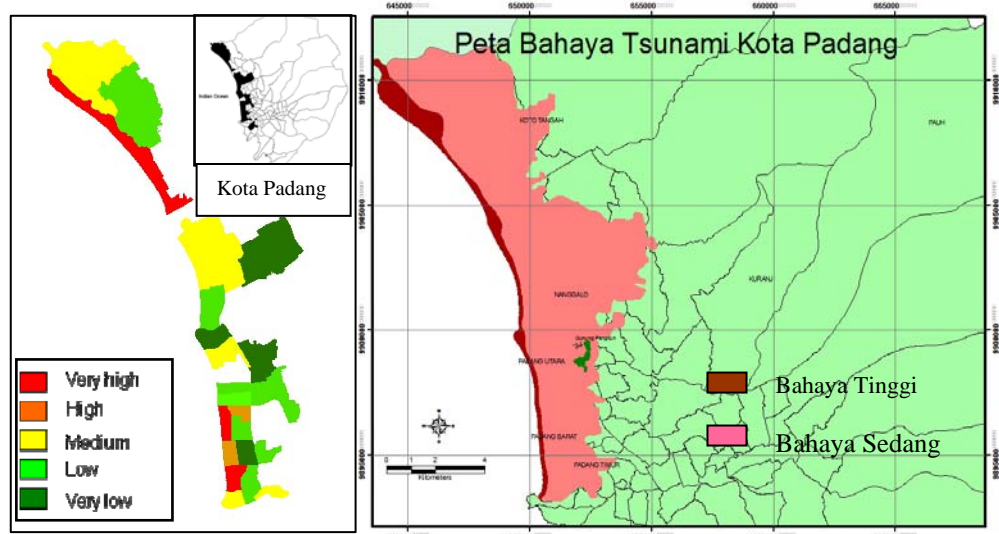
a. Latar belakang

Gelombang tsunami dipicu oleh proses-proses geologi seperti letusan gunung api bawah laut, longsor dan gempa bumi. Tsunami yang diakibatkan oleh gempa bumi diantaranya yang paling sering terjadi di muka bumi. Pada pukul 07:58:53 WIB pada hari Minggu 24 Desember 2004 telah terjadi gempa besar dengan moment magnitude Mw 9.0 (menurut USGS) disebelah barat Pulau Sumatra bagian utara pada posisi (3.307⁰ N. 95.947⁰E) yang memicu tsunami besar dengan kekuatan (Mt) 9.1 (Abe, 2005) yang mengakibatkan kerugian yang sangat besar baik sosial, ekonomi, fisik maupun lingkungan. Kebanyakan yang menjadi korban adalah masyarakat rentan yang tinggal di daerah pesisir dataran rendah di tepi pantai tanpa pengetahuan tentang adanya bahaya tsunami serta dampaknya, tanpa kesiapan dan kewaspadaan yang cukup dalam menghadapi bencana alam tsunami dan tanpa tempat evakuasi dan peringatan dini. Namun demikian resiko kehilangan nyawa akibat bahaya tsunami dapat diminimalisir diantaranya dengan mengaktifkan sistem-sistem peringatan dini tsunami baik secara resmi maupun secara kearifan lokal, meningkatkan pemahaman masyarakat terhadap bahaya alam, meningkatkan kesiapan dan kewaspadaan masyarakat, meningkatkan mutu pengelolaan bencana dan tentu dengan sistem evakuasi yang lebih efektif dan lain sebagainya.

Kota Padang yang berbatasan dengan Lautan Hindia berpotensi untuk terancam bahaya tsunami yang dipicu oleh adanya gempa tektonik pada zona sub-duksi lempeng Hindia-Australia dan Eurasia, yang berjarak sekitar 200 km dari tepi pantai barat kota ini. Mayoritas pemukiman dan kegiatan penduduk Kota Padang berpusat di wilayah pesisir, termasuk sekolah, rumah sakit dan perkantoran serta perdagangan. Kondisi ini menyebabkan masyarakat yang berada di wilayah pesisir menjadi rentan terhadap bahaya tsunami. Penduduk Kota Padang yang terancam bahaya tsunami berjumlah 406,879 jiwa yang bertempat tinggal atau beraktivitas di daerah pesisir bagian barat Kota Padang.

Kajian ini pada dasarnya bertujuan 1. untuk mengurangi kerentanan masyarakat terhadap bahaya tsunami; 2. sebagai alternative system evakuasi horizontal yang selama ini sudah tersedia (Gunung Pangilun). Dalam kenyataannya untuk mencapai lokasi evakuasi horizontal ini lebih dari 1 jam terutama bagi masyarakat yang berada di daerah pantai, Sedangkan perkiraan gelombang tsunami tiba dipantai (ETA) adalah 30 menit setelah gempa. Oleh karena itu dibutuhkan lokasi evakuasi yang berjarak lebih pendek yang dapat dicapai sebelum gelombang pertama tsunami tiba di pantai.

Sistem evakuasi yang dibahas dalam penelitian ini sangat bergantung kepada sistem peringatan dini tsunami yang dikeluarkan oleh BMKG. Hasil yang telah dicapai mencakup peta-peta yang memperlihatkan lokasi-lokasi bangunan evakuasi vertikal (BEV), luas daerah cakupan BEV (dalam kondisi siang dan malam) serta jalur-jalur evakuasi dan rekomendasi BEV yang diperlukan.



Gambar 2. Distribusi tingkat Kerentanan masyarakat Kota Padang (Anwar, 2008) dan peta bahaya tsunami (DLR (2008))

b. Kerentanan terhadap bahaya Tsunami

Kerentanan (*vulnerability*) didefinisikan sebagai faktor atau proses fisik, sosial, ekonomi dan lingkungan yang dapat meningkatkan kerawanan masyarakat terhadap dampak bahaya alam. Tingginya jumlah populasi masyarakat yang bertempat tinggal dan beraktifitas di wilayah pesisir di Kota Padang dapat meningkatkan kerentanan terhadap bahaya tsunami. Bahaya tsunami walaupun frekuensi kejadiannya lebih rendah dibandingkan dengan bahaya alam lainnya seperti banjir dan longsor, akan tetapi dampak yang ditimbulkannya sangat luas baik korban jiwa, luka-luka, harta benda dan kerugian lingkungan. Oleh karena itu kejadian tsunami yang cukup besar sering dikatakan sebagai bencana atau *catastroph*.

Resiko bahaya tsunami selain disebabkan oleh adanya komponen (potensi) bahaya itu sendiri, dipengaruhi pula oleh komponen tingkat kerentanan masyarakat di lokasi bahaya tsunami tersebut. Bahaya tsunami merupakan suatu fenomena alam yang berada diluar jangkauan manusia untuk mengaturnya, sedangkan kerentanan merupakan hasil perbuatan atau kegiatan manusia. Interaksi kedua komponen tersebut menyebabkan terjadinya resiko. Oleh karena itu untuk mengurangi resiko yang ditimbulkan oleh bahaya tsunami makabtingkat kerentanan masyarakat harus dapat dikurangi diantaranya melalui peningkatan kapasitas serta menerapkan sistem evakuasi dan peringatan dini yang baik. Gambar 1 memperlihatkan peta kerentanan masyarakat Kota Padang terhadap bahaya tsunami hasil kajian terdahulu (Anwar, 2008). Sedangkan Gambar 3 memperlihatkan peta potensi bahaya tsunami di Kota Padang.

c. Time line evakuasi di Kota Padang

BMKG merupakan institusi yang mempunyai kewenangan untuk mengeluarkan peringatan dini jika bahaya tsunami mengancam setiap pantai di Indonesia. Sejak terjadinya gempa yang kemungkinan dapat memicu bahaya tsunami BMKG mulai memproses data-data dan informasi yang berasal dari seismograf, *bouy* dan *tide gauge* dll. dalam waktu 5 menit (PT). Jika tsunami terbukti mengancam suatu wilayah maka informasi ini langsung diantaranya diteruskan kepada penguasa daerah setempat dalam hal ini Bupati atau Walikota sebagai Kepala Satkorlak atau BPBD yang memiliki kewenangan untuk menekan tombol sirine peringatan dini. Informasi yang disampaikan oleh BMKG juga menyangkut informasi mengenai wilayah-wilayah yang

berpotensi terkena gelombang tsunami. Penyampaian atau diseminasi peringatan dini selanjutnya kepada masyarakat di wilayah yang terancam bahaya tsunami dilakukan melalui peringatan dini resmi yaitu sirine peringatan dini, radio, mesjid atau perangkat alat komunikasi lainnya. Setiap peringatan dini bertujuan agar masyarakat dapat mengambil keputusan dan memberikan respon yang tepat terhadap bahaya yang mengancam (Miletti, D. dan Sorensen, J.H., 1990) Pengalaman memperlihatkan bahwa pada waktu terjadi gempa, sebelum bahaya tsunami tiba, alat komunikasi seperti telepon kabel atau genggam sering tidak bekerja (seperti yang terjadi pada waktu gempa 30 September 2009). Oleh karena itu HT merupakan alat komunikasi yang lebih efektif dalam keadaan darurat. Komunikasi langsung juga dilakukan kepada perangkat administrasi desa atau lurah kemungkinan melalui HT. Diseminasi ini diasumsikan membutuhkan waktu sekitar 3 menit (DT) hingga diterima oleh penduduk/masyarakat.

Dengan demikian jika proses pengambilan keputusan ada tidaknya bahaya tsunami membutuhkan waktu 5 menit dan diseminasi peringatan tersebut kepada masyarakat yang berpotensi di wilayah ancaman tsunami membutuhkan waktu 3 menit (jika kenyataannya ada indikasi gelombang tsunami), maka masyarakat akan menerima tanda-tanda peringatan dini melalui sirine, TV, radio atau media lainnya dalam waktu 8 menit (PT+ DT) setelah adanya gempa kuat yang memicu tsunami. Setelah itu masyarakat diharapkan dapat merespon peringatan dini tersebut dengan segera menuju ketempat aman yang telah disediakan. Namun demikian dalam diasumsikan masyarakat tidak serta merta melakukan evakuasi, mereka masih membutuhkan waktu untuk bersiap-siap, yang disebut sebagai waktu reaksi, waktu yang dibutuhkan untuk bereaksi ini paling lama sekitar 10 – 12 menit (RT). RT ini akan lebih baik jika dapat dilakukan dalam waktu kurang dari 12 menit.

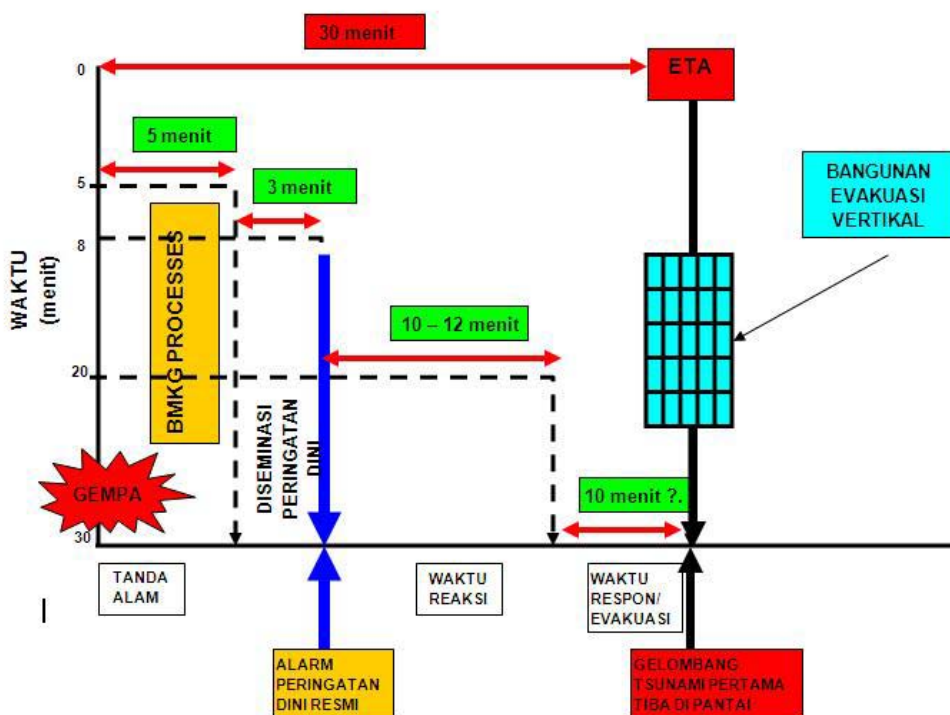
Dengan mengasumsikan waktu gelombang tsunami yang pertama sampai di pantai 30 menit (ETA) setelah terjadinya gempa maka waktu yang dibutuhkan oleh masyarakat menuju tempat evakuasi paling lama atau maksimum adalah :

$$ETA - PT - CT - RT = 10 \text{ menit. (asumsi RT = 12 menit)}$$

Dengan demikian diharapkan masyarakat atau penduduk dapat mencapai tempat aman (tempat evakuasi) dalam waktu tersisa paling lama 10 menit sebelum gelombang tsunami pertama mencapai *rais* pantai. Setelah itu gelombang tsunami akan merambat didarat dengan kecepatan sekitar 8 m/sec atau sekitar 28.8 km/jam (Kawata, dkk, 2005 in Grilli, dkk, 2007). Kecepatan masyarakat untuk menuju tempat evakuasi sangat ditentukan oleh letak atau lokasi evakuasi dan jalur yang dilalui serta kepadatan jalur tersebut. Dengan mengasumsikan kecepatan orang dalam berlari dalam kondisi tersebut diperkirakan paling cepat 3.6 km/jam atau paling lambat sekitar 2.5 km/jam maka lokasi tempat evakuasi yang ideal berkisar pada jarak 400 – 600 m dari pusat pemukiman atau aktivitas masyarakat yang dapat dicapai dalam waktu paling lama 10 menit. Gambar 3 memperlihatkan diagram *time line* evakuasi tsunami di Kota Padang.

METODOLOGI

Sebelum kajian dilakukan sebagai tahap awal atau pendahuluan dilakukan kajian secara spasial untuk mengetahui kondisi topografi dan morfologi Kota Padang dengan memanfaatkan data-data topografi, SRTM (*shuttle radar topographic mission*) termasuk citra Landsat sedangkan untuk data yang lebih detail digunakan data citra "*quickbird*". Dalam kajian ini data sekunder yang digunakan adalah peta lokasi bangunan Kota Padang dan rekomendasi Pemkot Padang tentang calon bangunan evakuasi vertikal untuk bahaya tsunami yang mungkin digunakan.



Gambar 3. Diagram time line evakuasi tsunami di Kota Padang

Tahap selanjutnya merupakan penyelidikan lapangan yang bertujuan untuk menseleksi dan mengevaluasi bangunan yang ada yang dapat digunakan sebagai bangunan evakuasi vertikal, termasuk kapasitas atau daya tampungnya, dengan criteria bangunan yang memiliki lantai > 2 lantai. Dalam tahap ini dilakukan juga kajian ketahanan struktur bangunan terhadap gempa dan tsunami secara cepat dengan dibantu oleh Fakultas Teknik Sipil Universitas Andalas. Jenis bangunan yang diseleksi dapat digunakan sebagai bangunan evakuasi vertikal terdiri dari : 1) Perkantoran (pemerintah dan swasta) 2) Sekolah (SD, SMP dan seterusnya) 3) Bank (sawasta dan pemerintah), 4) Hotel dan 5) Pasar swalayan.

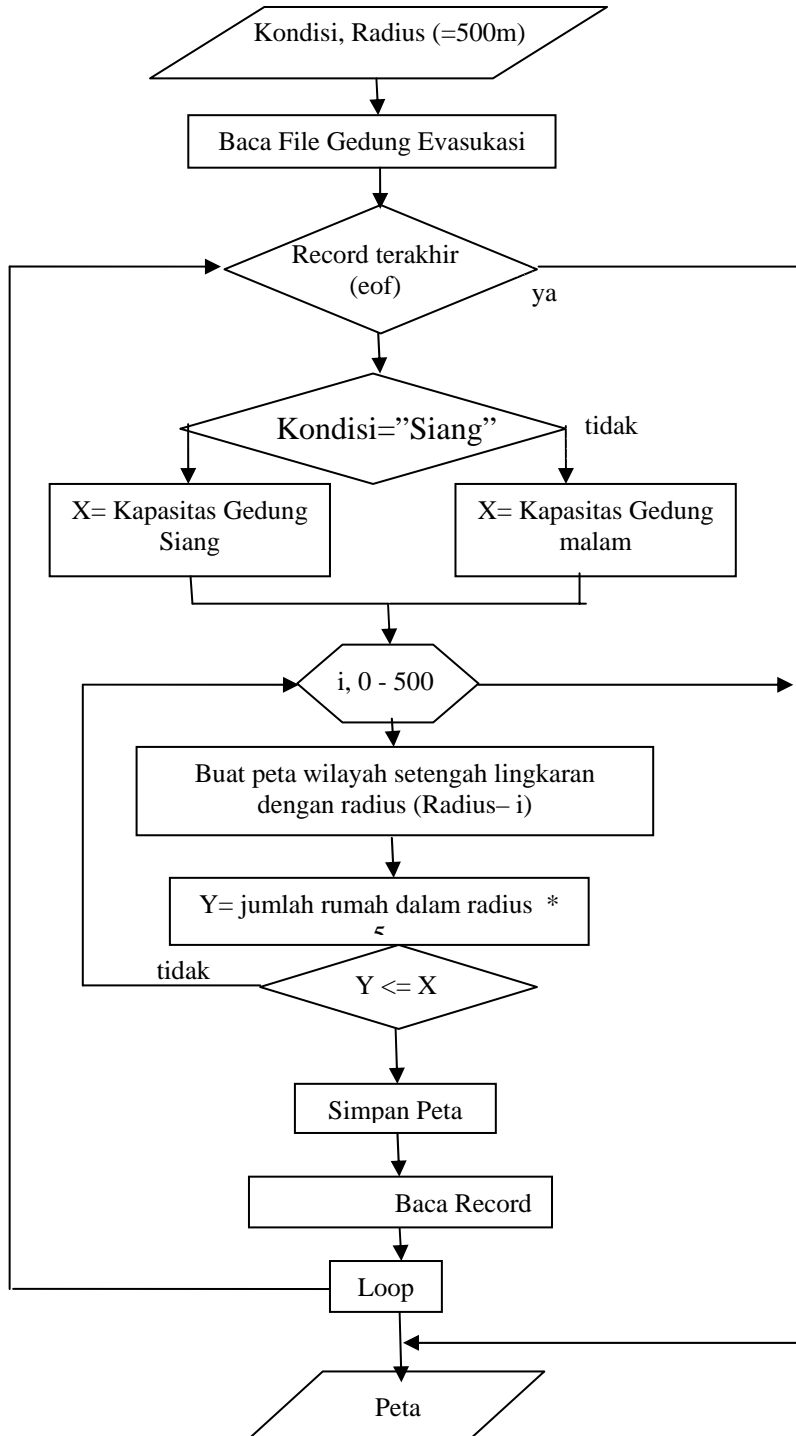
Setelah itu dilakukan penentuan daya tampung bangunan yang terpilih berdasarkan ruang yang tersedia yang dapat dipakai untuk lokasi evakuasi baik dalam kondisi siang maupun malam hari dengan menggunakan metoda Budiardjo (2006). Asumsi yang digunakan untuk siang hari adalah bangunan sedang dalam kondisi 100 % terpakai, namun demikian masih terdapat ruangan-ruangan di dalam bangunan tersebut yang masih mungkin untuk digunakan untuk evakuasi. Sedangkan pada malam hari bangunan 100 % tidak dalam kondisi digunakan.

Tahap berikutnya adalah menentukan “coverage area” (luas wilayah cakupan) setiap bangunan berdasarkan metoda GIS. Batasan yang digunakan adalah waktu tempuh menuju bangunan adalah ≤ 10 menit dengan arah evakuasi menjauhi pantai. Gambar 4. memperlihatkan algoritma yang digunakan dalam perhitungan luas wilayah.

HASIL

Secara keseluruhan terdapat sekitar 121 buah bangunan yang bertingkat > 2 yang terpilih untuk digunakan sebagai bangunan evakuasi vertikal. Namun demikian selain hasil seleksi struktural bangunan dan juga bencana gempa bumi yang melanda Kota Padang pada tanggal 30 September telah menyebabkan sekitar 60 % bangunan yang dikategorikan sebagai rusak berat tidak mungkin lagi digunakan sebagai bangunan evakuasi vertikal. Rusak berat diistilahkan kepada bangunan yang telah mengalami kerusakan struktur karena gempa. Sedangkan rusak ringan adalah bangunan yang tidak mengalami kerusakan struktur pada waktu gempa tersebut. Selebihnya adalah bangunan yang dikategorikan tidak mengalami kerusakan. Oleh karena itu jumlah bangunan yang diperkirakan masih layak untuk digunakan, yang dianalisis dalam kajian ini berjumlah 48 buah bangunan, data-data ini sudah divalidasi atau diklarifikasi di lapangan. Pantauan di lapangan (di Kota Padang) setelah terjadi gempa memperlihatkan sebagian besar bangunan yang terpilih mengalami kerusakan berat, Gambar 5 dan 6 menggambarkan kondisi gedung sebelum dan sesudah terjadi gempa.

Penentuan ruang bangunan yang dapat digunakan sebagai lokasi evakuasi vertikal untuk kondisi siang hari dengan asumsi 100 % ruang bangunan dihuni oleh pemakai (pegawai, pelajar dsbnya) namun demikian berdasarkan metoda Budiardjo (2006) masih terdapat ruang yang sebenarnya dapat digunakan untuk evakuasi. Untuk perkantoran 23.6 % dari luas bangunan dapat digunakan untuk evakuasi, sedangkan untuk sekolah 30 % dari luas bangunan, untuk arena pertokoan atau pasar swalayan 23 % dari luas bangunan, hotel 26.3 % dari luas bangunan, sedangkan untuk bank dikategorikan sebagai perkantoran. Sedangkan pada waktu malam hari diasumsikan seluruh bangunan dalam keadaan tidak terpakai, kecuali yang digunakan untuk peralatan-peralatan lainnya. Kriteria lainnya selain ruang yang tersedia dalam menentukan wilayah cakupan bangunan evakuasi adalah waktu tempuh disyaratkan < 10 menit. Jika mengadopsi pada ketentuan Sugimoto (2003) tentang kecepatan pejalan kaki yang berkisar antara 0.97 – 1.07 m/sec, maka untuk waktu tempuh < 10 menit jarak yang harus dicapai adalah 582 m - 642 m. Namun demikian dalam kajian ini untuk memberikan keleluasaan bagi pengungsi maka jarak yang digunakan adalah 500 m, sehingga konsekuensinya luas cakupan bangunan akan menjadi lebih kecil sehingga waktu pencapaian dapat kurang dari 10 menit. Gambar 7, 8, 9 dan 10 adalah peta-peta cakupan bangunan setelah dan sebelum terjadi gempa 30 September 2009 dalam kondisi siang dan malam.



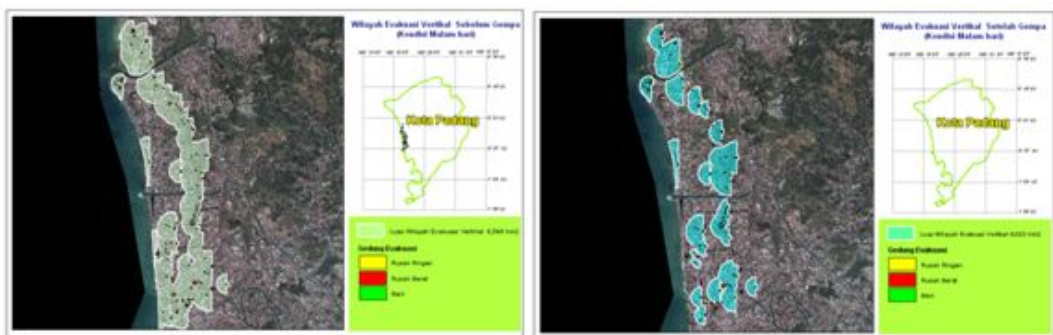
Gambar 4. Diagram algoritma perhitungan luas cakupan wilayah bangunan



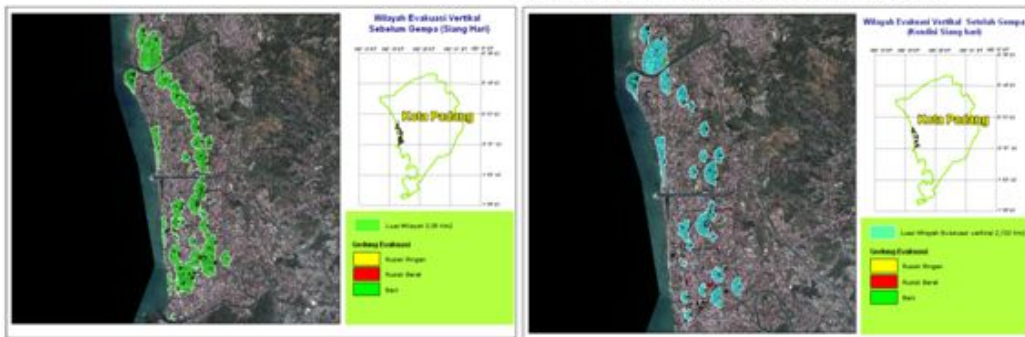
Gambar 5. Bangunan STBA Prayoga sebelum dan setelah gempa mengalami kerusakan struktur yang parah



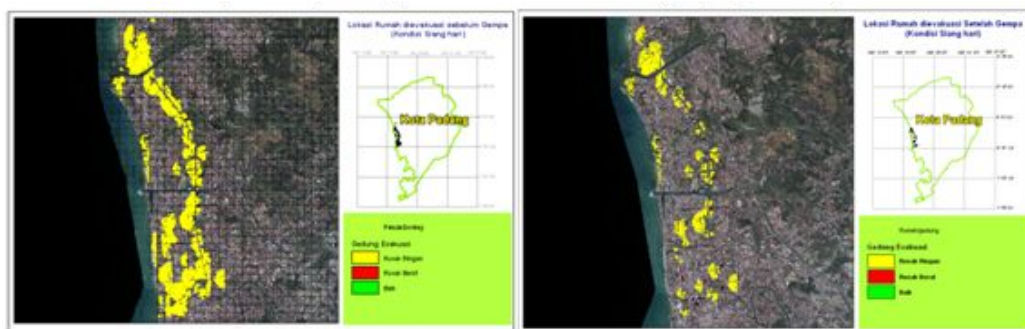
Gambar 6. Gedung ABA LIA mengalami patah struktur pada lantai 1 dan 2



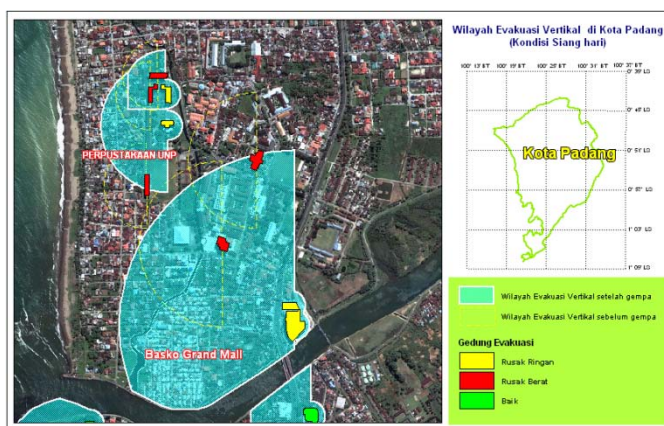
Gambar 7. Cakupan wilayah bangunan sebelum dan setelah gempa pada malam hari



Gambar 8. Cakupan wilayah bangunan sebelum dan setelah gempa pada siang hari



Gambar 9. Cakupan bangunan rumah penduduk sebelum dan setelah gempa pada siang hari



Gambar 10. Cakupan bangunan evakuasi untuk gedung Basko Gran Mall dan UNP

DISKUSI

Bangunan evakuasi vertikal merupakan salah satu alternatif untuk mereduksi kerentanan penduduk terhadap bahaya tsunami sehingga tingkat resiko yang akan dihadapi dapat diturunkan. Di negara-negara maju seperti Jepang atau Amerika bangunan vakuasi vertikal secara khusus dirancang untuk menantisipasi bahaya tsunami. Selain ketahanan terhadap tsunami bangunan juga dirancang secara khusus yang mempunyai ketahan terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh gempa besar yang berjarak dekat. Namun demikian, di Kota Padang pada saat ini belum ada bangunan evakuasi vertikal yang dirancang secara khusus sebagai bangunan evakuasi yang bersifat vertikal, sedangkan lokasi evakuasi secara horizontal di Kota Padang yaitu di Gunung Pangilun pencapaiannya membutuhkan waktu yang lebih panjang terutama bagi masyarakat yang berada di wilayah pesisir dan pantai, sehingga dapat membahayakan pengungsi yang melakukan evakuasi. Oleh karena itu sistem evakuasi vertikal merupakan solusi yang tepat di Kota Padang. Bangunan-bangunan bertingkat lebih dari 2 (dengan anggapan bahwa ketinggian gelombang tsunami dipantai sekitar 5 m) yang ada pada saat ini dapat berfungsi sebagai tempat evakuasi vertikal. Dari kajian yang dilakukan dapat dianalisis cakupan wilayah yang dapat ditampung oleh setiap bangunan evakuasi vertikal yang terpilih (Gambar 7, 8, 9, 10). Diperkirakan jalur-jalur yang sudah ada pada saat ini dapat dilalui penduduk yang mengungsi dengan pada umumnya hampir tanpa hambatan fisik (sehubungan dengan letak lokasi evakuasi vertikal yang berada disekitar perumahan atau tempat penduduk beraktivitas), namun demikian hambatan dapat terjadi sehubungan dengan tingginya tingkat kepadatan penduduk yang dapat menjadi permasalahan tersendiri pada saat dilakukannya evakuasi warga. Untuk itu diharapkan pihak Pemda dapat merenovasi jalan-jalan yang akan dijadikan jalur evakuasi, terutama di daerah pemukiman.

Namun demikian gempa yang terjadi baru lalu di Kota Padang telah mereduksi jumlah bangunan yang semula dipilih dalam kegiatan ini. Gempa yang berjarak pendek dari Kota Padang dan berkekuatan Mw. 7.8 secara tidak langsung telah menseleksi secara alamiah bangunan-bangunan yang terpilih sebagai bangunan evakuasi vertikal. Jika penduduk Kota Padang berjumlah 800.000 orang (Bappeda, 2005) sedang yang berada di pesisir dan pantai sebesar 406,879 orang, sedangkan daya tampung bangunan evakuasi yang ada saat ini sekitar 60.000 orang, sedangkan sebagian lagi penduduk, terutama yang berada jauh dari pantai, diperkirakan masih mampu untuk melakukan evakuasi horizontal ke Gunung Pangilun, namun demikian masih banyak dibutuhkan bangunan evakuasi vertikal yang berada di daerah pesisir..

Direkomendasikan kepada Pemkot Padang untuk melakukan “structural in-depth assessment” terhadap bangunan-bangunan yang tersisa karena dikawatirkan selain bangunan-bangunan tersebut mengalami kelelahan struktural akibat gempa-gempa yang terjadi selama ini juga dikawatirkan bangunan tersebut akan terpengaruh oleh dampak gempa-gempa lainnya yang berkekuatan besar atau berjarak pendek. Direkomendasikan pula agar Pemkot dapat membangun bangunan khusus untuk evakuasi vertikal di lokasi yang tidak terjangkau oleh bangunan yang sudah ada dan agar Pemkot dapat menyusun tata ruang yang berbasis baik bencana gempa maupun bencana tsunami, mengingat potensi gempa di Kota Padang tidak hanya berasal dari zona sub-duksi melainkan juga dapat bersumber pada patahan besar Sumatra.

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Akhir dari kajian ini dapat disimpulkan bahwa bangunan evakuasi vertikal dapat mengurangi kerentanan dan resiko masyarakat Kota Padang terhadap bahaya tsunami. Namun demikian cakupan bangunan evakuasi vertikal masih sangat terbatas, sehingga diharapkan Pemkot dapat membangun bangunan evakuasi vertikal yang dirancang secara khusus. Sebagaimana dari bangunan tersebut mengalami kerusakan pada saat gempa melanda Kota Pada bulan September 2009 yang

lalu, oleh karena itu direkomendasikan agar Pemkot dapat melakukan kajian struktural yang mendalam terhadap bangunan-bangunan yang masih tersisa yang dapat digunakan sebagai bangunan evakuasi vertikal. Selain itu direkomendasikan pula bahwa perlu dilakukan penyusunan tata ruang yang berbasis bencana yang diharapkan dapat memperkecil resiko masyarakat Kota Padang Terhadap bahaya tsunami.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih pertama ditujukan kepada Pengelola Program Dikti - LIPI 2009 yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan kajian ini, Selanjutnya ucapan terima kasih kami tujukan kepada Pusat Penelitian Geoteknologi – LIPI beserta karyawan yang telah banyak membantu hingga terselenggarakannya penelitian ini. Tak lupa juga ucapan terima kasih kepada teman-teman di kantor yang telah banyak melakukan diskusi dengan kami,

DAFTAR PUSTAKA

- Abe, K.(2005), *Revised Mt and run-up estimate for the Indian Ocean Tsunami, A quick report contributed to the tsunami-Japan*, Tsunami bulletin board in Japan, January 27th 2005.
- Anwar, H.Z., et.al., (2008) *Laporan Penelitian Kajian Kerentan dan Resiko Bencana Tsunami*, Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI.
- Bappeda, (2005) *Kota Padang Dalam Angka tahun 2005*, Bappeda Kota Padang.
- Budiardjo (2006), *Evacuation Shelter Building Planning for Tsunami-prone Area: a Cse Study of Meulaboh City, Indonesia*, A Master Thesis, International Institute for Geo-information Sciend and Earth Observation Enschede, The Nederland, ITC.
- DLR (2008). *Vulnerability Assessment and Risk Modelling at Priority Area in Indonesia*, GITEWS.
- Grilli, S.T., et.al, (2007) *Source Constraints and Model Simulation of the December 26, 2004, Indian Ocean Tsunami*, Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering © ASCE/ November 2007.
- Kawata, T., et al. (2005) . *Comprehensive Analysis of the Damage and Its Impact on Coastal Zones by the 2004 Indian Ocean Tsunami Disaster*. Disaster Prevention Research Institute, [_http://www.tsunami.civil.tohoku.ac.jp/sumatra2004/report.html_](http://www.tsunami.civil.tohoku.ac.jp/sumatra2004/report.html).
- Miletti, D. dan Sorensen, J.H., (1990) *Communication of Public Emergency : A Social Science Perspective and State-of-the-art Assessment*, Prepared for Federal Emergency Management Washington DC, US Departement of Energy.
- Sugimoto, et.al., ((2003) *A Human Damage Prediction Method for Tsunami Disaster Incorporating Evacuation Activities*. Natural Hazard, 29:585-600.
- USGS, (2004), <http://www.earthquake.usgs.gov/>

