

TSUNAMI ACEH 2004 SEBAGAI DASAR PENATAAN RUANG KOTA MEULABOH

Wisyanto

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Jl.M.H.Thamrin 8 Jakarta 10340
Email: wisyanto2000@yahoo.com

Abstract

Tsunami which was generated by the 2004 Aceh earthquake has been haunting our life. The building damage due to the tsunami could be seen throughout Meulaboh Coastal Area. Appearing of the physical loss was close to our fault. It was caused by the use and plan of the land without considering a tsunami disaster threat. Learning from that event, we have conducted a research on the pattern of damage that caused by the 2004 tsunami. Based on the analysis of tsunami hazard intensity and the pattern of building damage, it has been made a landuse planning which based on tsunami mitigation for Meulaboh. Tsunami mitigation-based of Meulaboh landuse planning was made by intergrating some aspects, such as tsunami protection using pandanus greenbelt, embankment along with high plants and also arranging the direction of roads and setting of building forming a rhombus-shaped. The rhombus-shaped of setting of the road and building would reduce the impact of tsunamic wave. It is expected that these all comprehensive landuse planning will minimize potential losses in the future .

Kata kunci : tsunami, penggunaan lahan, perencanaan, pola belah ketupat, Meulaboh

1. PENDAHULUAN

Proses-proses geologis yang terjadi di alam, selain dipengaruhi oleh proses “dalam” (*endogen/hipogene*), juga dipengaruhi oleh proses-proses pada permukaan bumi (*eksogen/epigene*). Interaksi dari kedua proses tersebut telah menghasilkan bentang alam yang kita nikmati sekarang ini. Proses “dalam” berupa proses tektonik yang terjadi di Indonesia, telah membawa Indonesia menjadi wilayah yang sangat dinamis. Kedinamisannya ini terkait erat dengan interaksi dari 3 lempeng utama, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Hindia-Australia dan Lempeng Pasifik. Berdasarkan pada keterlibatan lempeng yang ada, wilayah Indonesia dapat dipisahkan menjadi dua bagian, yaitu wilayah barat dan timur, dimana wilayah barat relatif sederhana dengan hanya melibatkan 2 lempeng, sedangkan wilayah timur mempunyai tatanan tektonik yang lebih kompleks dengan melibatkan 3 lempeng, serta ditambah dengan kehadiran lempeng yang lebih

kecil, seperti Lempeng Caroline dan Lempeng Laut Filipina (Hall, 1995).

Tatanan tektonik Indonesia di wilayah barat, meskipun relatif sederhana dengan hanya melibatkan 2 lempeng besar (Lempeng Eurasia dan Lempeng Hindia-Australia) tetapi menghasilkan satuan-satuan tektonik yang penting dan sangat berpengaruh terhadap keberlangsungan hidup manusia. Akibat dari pertemuan dua lempeng besar diatas telah menghasilkan wilayah yang sangat dinamis. Di satu sisi, akibat dari adanya proses penunjaman muncul aktifitas magma dan menghasilkan rangkaian gunungapi dan di sisi lain dengan adanya gaya yang berlawanan arah (pertemuan lempeng) telah menghasil sesar-sesar besar yang aktif. Akibat dari gaya berlawanan arah ini telah menghasilkan sistem tegasan yang makin lama makin besar. Pembentukan energi potensial dari sistem tegasan ini sangat tergantung dari dimensi dan sifat batuan (kuat geser). Sifat dan dimensi batuan yang mudah kandas tidak akan menghasilkan energi potensial yang besar. Hal ini

sering diekspresikan dengan daerah-daerah yang sering terjadi gempa dengan frekuensi tinggi dan magnitudo rendah. Lain halnya dengan dimensi dan sifat yang menyebabkan batuan tidak mudah kandas, maka akan jarang muncul gempa atau dapat dikatakan dengan *seismic gap* dan berpotensi menghasilkan gempa dengan skala besar. Gempa-gempa besar yang bersumber di bawah laut, selain gelombang gempanya merusak, juga tidak jarang menimbulkan tsunami dengan skala besar, seperti halnya tsunami Aceh 2004.

Mengingat banyaknya bagian-bagian wilayah di Indonesia yang berpotensi dilanda tsunami, maka diperlukan suatu penanganan khusus terhadapnya, khususnya dalam hal penataan ruang berbasis mitigasi bencana tsunami. Salah satu kota yang hancur akibat dari terjangan gelombang tsunami Aceh 2004 adalah Kota Meulaboh (Gambar 1).

Gempa bumi tektonik yang terjadi di Aceh pada hari Minggu tanggal 26 Desember 2004 jam 07.59 WIB berpusat di titik 3.316°N, 95.854°E dengan kekuatan 9,1 Mw (USGS, 2004). Berdasarkan studi *rupture model* dengan metoda *inversion long period surface waves* menunjukkan bahwa *rupture* terjadi sepanjang 1000 km dengan durasi selama 10 menit (Thio, 2006). Gempa tersebut telah memicu terjadinya gelombang tsunami dan telah mengakibatkan sedemikian besar korban, baik harta maupun jiwa. Gempa dan tsunami yang terjadi telah menyebabkan korban sekitar 230.000 orang tewas di 8 negara (Indonesia, Sri Lanka, India, Bangladesh, Thailand, Maladewa, Malaysia dan Somalia (http://id.wikipedia.org/wiki/Gempa_bumi_Samudra_Hindia_2004, diakses 29 Juni 2011) dengan tinggi rata-rata gelombang tsunami setinggi 9 meter. Tidak sedikit rumah yang seharusnya kuat menahan laju gelombang tsunami, tetapi karena telah digoncang oleh getaran gempa menjadikan bangunan lebih rentan terhadap terjangan gelombang tsunami.

Belajar dari peristiwa tersebut diatas, sudah seharusnya perencanaan tata ruang Kota Meulaboh dilakukan dengan baik dan upaya penurunan risiko kota terlaksana dengan baik. Dengan demikian, meskipun ancaman bahaya tsunami dan gempa masih tetap ada, namun kerusakan dan korban jiwa akan dapat dikurangi secara nyata.



Gambar 1. Peta Lokasi Kota Meulaboh (Sumber: Wikipedia)

Maksud dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pola kerusakan dari peristiwa Tsunami Aceh 2004 di Kota Meulaboh dan mempelajari pengalaman tersebut untuk mendapatkan perencanaan tata ruang kota yang berbasis mitigasi bencana tsunami. Diharapkan semuanya dapat dipakai untuk menurunkan risiko Kota Meulaboh dan prinsip-prinsip dasarnya dapat diterapkan di kota lainnya.

2. BAHAN DAN METODE

2.1. Kondisi Geologi

Kerusakan bangunan akibat guncangan gempa sangat bergantung pada besar kecilnya gelombang gempa yang dialami oleh bangunan. Besar kecilnya guncangan/gelombang gempa ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti besarnya skala gempa yang terjadi (*magnitude* gempa), jarak antara pusat gempa dengan bangunan dan jenis tanah tempat bangunan berdiri. Jenis tanah atau lebih lengkapnya stratifikasi batuan dan tanah yang ada di bawah bangunan berkaitan erat dengan kondisi daerah tersebut. Dengan demikian kondisi geologi suatu daerah sangat berkaitan dengan proses pengrusakan bangunan dari gelombang gempa.

Kota Meulaboh sebagian besar menempati daerah yang relatif landai dan memanjang dari arah barat laut sampai ke tenggara. Sisi baratdaya/barat dari Kota Meulaboh dibatasi oleh laut, sedangkan di bagian timurlaut/timur kota mulai menunjukkan adanya peningkatan elevasi dengan morfologi bergelombang.

Susunan batuan di Kota Meulaboh terdiri dari 3 satuan batuan, yaitu Endapan Aluvial (endapan lempung, pasir, kerikil) ; Formasi Meulaboh (kerakal yang telah transport, pasir, lempung yang berumur Pleistosen) dan Formasi Tutut (konglomerat yang belum terlitifikasi sempurna,

batupasir, batulumpur yang mengandung lignit, lignit tipis dan batubara). Sebaran batuan Formasi Meulaboh adalah memanjang mengikuti arah panjang laut. Aluvial tersebar dan memotong panjang sebaran satuan Formasi Meulaboh, khususnya pada bagian-bagian disepanjang sungai yang membelah Kota Meulaboh. Satuan batuan dari Formasi Tutut tersebar dan terletak dibagian timur dari satuan Formasi Meulaboh, membentuk morfologi bergelombang (Cameron, 1982). Struktur geologi yang berkembang didaerah Kota Meulaboh tidak terlihat pada peta geologi. Hal ini tidak menutup kemungkinan adanya struktur geologi didaerah ini, tetapi mengingat satuan batuan diatasnya terdiri dari material yang lepas, sehingga fenomena struktur yang berkembang sulit teramati atau tidak terekspresikan pada satuan batuan ini.

2.2. Metoda Penelitian

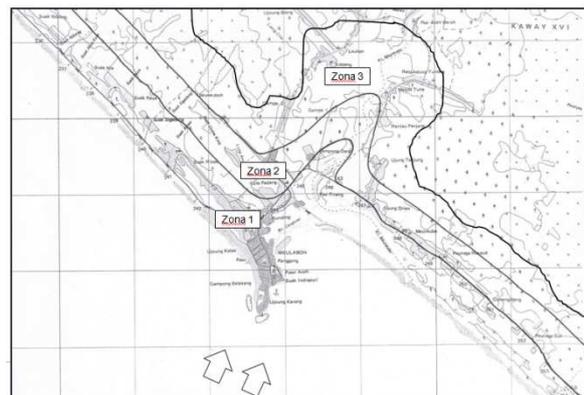
Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, dimulai dari Pengumpulan data sekunder terkait gempa dan tsunami Aceh, pengamatan lapangan tentang jenis bangunan yang ada, penentuan zona tingkat kerusakan bangunan, pola perusakan, pembuatan zona intensitas tsunami, analisis terhadap semua informasi yang sudah diperoleh dan ditetapkan. Selanjutnya membuat pola rencana tata ruang berbasis mitigasi bencana tsunami.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Zona Intensitas Bahaya Tsunami

Umumnya rumah/bangunan yang terbuat dari kayu sangat rentan terhadap gelombang tsunami. Mengingat hal tersebut, maka besar kerusakan bangunan kayu ini menjadi parameter pembuatan zona intensitas bahaya tsunami dan diperkuat dengan pengamatan tinggi gelombang tsunami di lapangan. Berdasarkan kedua parameter tersebut, telah dibuat peta zona intensitas bahaya tsunaminya. Zona 1 adalah zona intensitas tsunami sangat tinggi, dimana kerusakan bangunan (dominan) kayu sangat tinggi yaitu lebih besar dari 90% dari bangunan yang ada dan tinggi gelombang tsunami lebih tinggi dari 3 m. Zona 2 adalah zona intensitas bahaya tsunami tinggi dengan kerusakan bangunan kayu (kayu atau setengah kayu) 90% - 70% dengan ketinggian gelombang tsunami 1 m – 3m. Zona 3 adalah zona intensitas tsunami rendah dengan kerusakan bangunan kayu dalam jumlah kecil dan tinggi gelombang tsunami kurang dari 1 m sampai 0 m (≤ 1 m). Pada zona 3 energi arus gelombang tsunami diperkirakan sudah tidak sebesar pada

zona 2 dan 3, tetapi masih mampu merusak bangunan kayu yang berkualitas buruk dan terjadi secara sporadis dan zona 3 ini menjorok ke darat sampai 2 km. Pada bagian tengah, zona intensitas bahaya tsunami lebih jauh masuk ke darat sampai ± 3 km (Gambar 2).



Gambar 2. Peta yang menunjukkan pembagian zona intensitas tsunami di wilayah Meulaboh, arah panah menunjukkan arah datangnya tsunami.

3.2. Kondisi Kerusakan Bangunan

Pengamatan terhadap obyek kerusakan bangunan di Meulaboh dilakukan selama 5 hari. Melihat dari tipologi persebaran permukiman di Kota Meulaboh dan untuk mempermudah pembagian survey kerusakannya, Kota Meulaboh dibagi menjadi 3 bagian, yaitu wilayah barat laut kota, wilayah pusat kota Meulaboh dan wilayah tenggara kota. Pengamatan kerusakan bangunan ini diperlukan untuk mengetahui pola sebaran kerusakan bangunan. Dengan memperbandingkan antara pola kerusakan bangunan dengan sebaran/zona intensitas bahaya tsunami yang terjadi diharapkan akan ditetapkan upaya mitigasi bencana tsunami di masa mendatang.

Langkah awal sebelum melakukan survei kerusakan, dilakukan pengamatan sepintas (*recognition*) disebagian besar wilayah kota dan kemudian ditetapkan pengelompokan jenis bangunan yang ada. Hasil pengamatan sepintas ini, telah ditetapkan menjadi 4 klas bangunan, yaitu:

- A: bangunan kayu,
- B: bangunan separoh kayu/tembok

C :bangunan tembok dengan kolom < 20 cm (URM atau *unreinforced masonry*, misal: rumah penduduk/perumahan tidak tingkat)

D: bangunan tembok dengan kolom > 20 cm (URM atau *unreinforced masonry*, misal: pertokoan tingkat, rumah mewah tidak tingkat, rumah mewah bertingkat)

Berikut tabel kondisi kerusakan dari tiga wilayah pengamatan :

Tabel 1. Daftar % jenis bangunan hasil survei untuk sub wilayah barat laut Kota Meulaboh

ZONA		A %	B %	C %	D %
I	Bangunan sebetulnya	50	30	15	5
	Bangunan rusak	98	90	70	60
II	Bangunan sebetulnya	70	15	13	2
	Bangunan rusak	85	70	50	40

Tabel 2. Daftar % jenis bangunan hasil survei untuk sub wilayah Kota Meulaboh

ZONA		A %	B %	C %	D %
I	Bangunan sebetulnya	12	18	35	35
	Bangunan rusak	95	90	80	75
II	Bangunan sebetulnya	15	20	45	20
	Bangunan rusak	85	80	70	65

Tabel 3. Daftar % jenis bangunan hasil survei untuk sub wilayah tenggara Kota Meulaboh

ZONA		A %	B %	C %	D %
I	Bangunan sebetulnya	60	30	7	3
	Bangunan rusak	98	93	75	60
II	Bangunan sebetulnya	75	13	10	2
	Bangunan rusak	88	75	60	40

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan terhadap tingkat kerusakan bangunan, terlihat bahwa kerusakan terbesar dialami oleh bangunan jenis kayu. Hal ini berbeda dengan fenomena kerusakan yang terjadi di daerah lain (pada peristiwa lain) yang diakibatkan oleh gempa bumi. Dimana kerusakan akibat gempa, bangunan kayu dengan kondisi cukup baik (kualitas bahan, desain dan kualitas konstruksinya baik) paling sedikit mengalami kerusakan.

Berdasarkan fenomena tersebut, dapat disimpulkan bahwa kerusakan sebagian besar disebabkan oleh kekuatan gelombang tsunami.

Dari ketiga wilayah pembagian dalam pengamatan cepat atas kerusakan bangunan, wilayah Kota Meulaboh adalah wilayah yang paling padat bangunan. Dilihat dari faktor penghalang laju gelombang tsunami, kondisi wilayah yang padat dengan bangunan seharusnya pada posisi yang semakin jauh (belakang) dari jajaran terdepan bangunan (yang berhadapan langsung dengan laut) terjadi pengurangan tingkat pengrusakan secara nyata, akan tetapi di lapangan terlihat bahwa fenomena tersebut kurang nyata kelihatannya. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh material tanah yang menjadi tumpuan bangunan sebagian besar adalah material lepas berukuran pasir sampai *silt*. Meskipun dengan kecepatan gelombang yang sudah berkurang akibat penghalang lajur bangunan didepannya masih mampu menggerus material lepas (*sand-silt*) dan memperlemah kekuatan bangunan di atasnya.

Kerusakan bangunan kayu dan bangunan sepihak tembok yang terjadi pada zona 1 dari ketiga sub wilayah (barat laut kota, kota dan subwilayah tenggara kota) hampir terjadi secara keseluruhan (>90%). Dari ketiga subwilayah yang ada, ternyata subwilayah kota mengalami kerusakan yang paling kecil yaitu 90 – 95%. Hal tersebut mungkin karena banyaknya bangunan tembok yang mungkin telah mengurangi laju kecepatan arus tsunami. Tetapi pada subwilayah ini, kerusakan bangunan tembok terjadi lebih besar dibandingkan dengan kedua subwilayah lainnya. Kemungkinan hal ini disebabkan oleh konsentrasi bangunan, soil tempat berdirinya bangunan (*medium sand-silt*) dan pengrusakan oleh gempa sebelum diterjang tsunami.

Ada beberapa keterbatasan dalam melakukan pengamatan di lapangan, seperti kondisi dan situasi lapangan yang masih kacau dan masih diselidiki oleh situasi keprihatinan dan duka yang mendalam. Tidak menutup kemungkinan, metoda pengamatan yang dilakukan kurang konsisten atau dengan kata lain, tingkat subyektifitas pengamatan sangat dominan. Salah satu kemungkinan akan ketidakkonsistenan pengamatan misalnya, dengan padatnya bangunan, emosi pengamat ikut memperbesar taksiran yang dilakukan. Dengan demikian, perlu dilakukan perbaikan metode pengamatan, misalnya dengan menambah pengamat dan jalur sampling di lapangan.

3.3. Pelindung Sabuk Hijau

Upaya penurunan risiko bencana tsunami dapat dilakukan dalam dua pendekatan, yaitu upaya struktural dan upaya non struktural. Upaya

struktural dapat berupa pembangunan struktur pelindung pantai (*seawall*, *embankment* dan *breakwater*) atau penanaman vegetasi (*green belt*), sedangkan upaya non struktural dapat berupa kajian bahaya, system peringatan dini, perbaikan *building code*, pendidikan kepada masyarakat dan dengan perencanaan tata ruang akrab bencana tsunami.

Penelitian efektifitas perlindungan tsunami dengan vegetasi (*green belt*) menunjukkan bahwa pada daerah yang relatif landai, upaya perlindungan dengan jajaran vegetasi cukup efektif dan sebaliknya. Pada simulasi perlindungan vegetasi dengan lebar lajur vegetasi (*Pandanus oddorrasimus*) 200 m, tinggi gelombang tsunami di garis pantai 4 m dan kemiringan pantai 1:1000, menunjukkan bahwa kalau tanpa vegetasi tsunami akan menginvasi ke darat sejauh 2,5 km, sedangkan kalau dilindungi dengan jajaran/sabuk vegetasi, invasi gelombang tsunami berkurang 800m menjadi 1,7 km (Gambar 3).

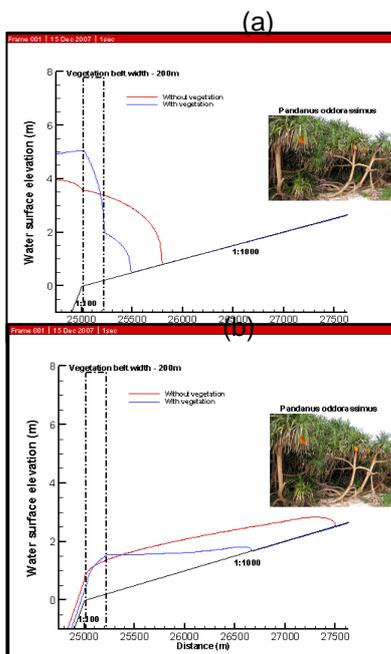
Manfaat perlindungan dengan sabuk vegetasi ini juga akan sangat bermanfaat bagi Kota Meulaboh yang bermorfologi landai. Jenis vegetasi yang digunakan dapat berupa tanaman pandan atau bahkan sawit. Terjangan tsunami di Meulaboh (dalam peristiwa Tsunami Aceh 2004) yang rata-rata masuk ke darat sampai 2 km akan dapat dikurangi. Seperti pada hasil simulasi di atas, jika Pantai Meulaboh dilindungi sabuk tanaman pandan selebar 200 m, maka dengan intensitas yang sama, invasi gelombang tsunaminya hanya mencapai $\pm 1,3$ km saja.

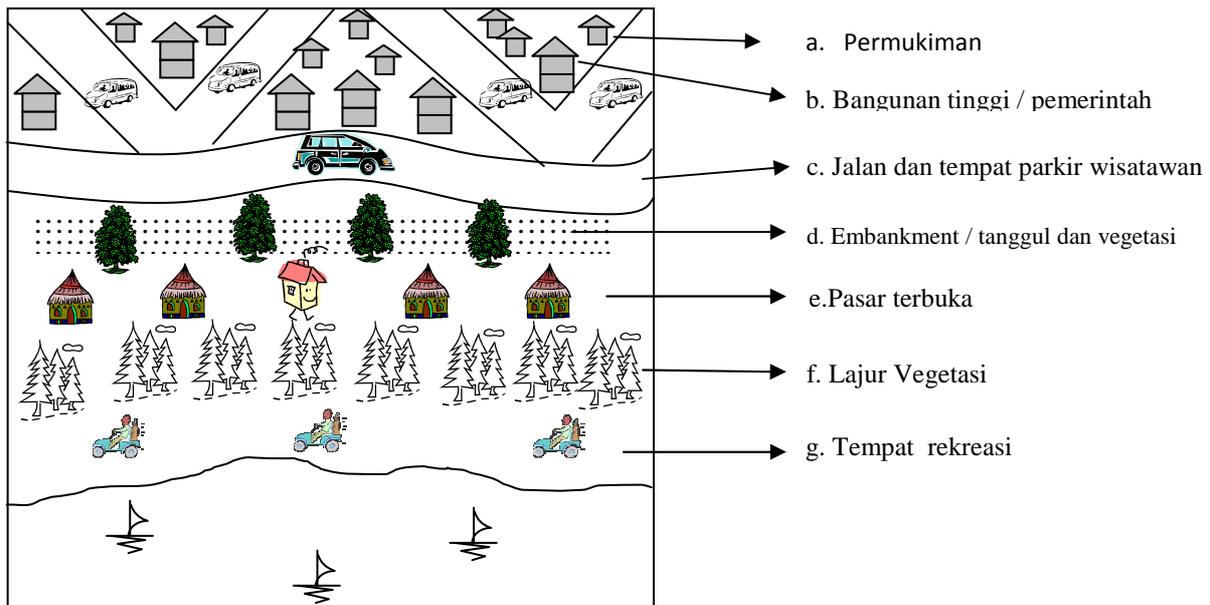
Gambar 3 a menunjukkan awal simulasi penjalaran tsunami dengan ketinggian gelombang 4 m, sedangkan pada gambar b menunjukkan akhir dari penjalaran gelombang tsunami.

3.4. Perencanaan Tata Ruang Akrab Bencana Tsunami

Salah satu upaya penurunan risiko bencana tsunami yang non struktural adalah melalui perencanaan tata ruang akrab bencana tsunami. Morfologi Kota Meulaboh yang landai perlu dilakukan perencanaan pemanfaatan ruang berbasis mitigasi bencana tsunami. Berdasarkan pengamatan "cepat" atas kerusakan bangunan di Meulaboh, menunjukkan bahwa pada subwilayah kota, kerusakan bangunan kayu lebih kecil karena adanya perlindungan oleh padatnya bangunan tembok. Akan tetapi padatnya bangunan tembok ini berakibat terbalik, dimana kerusakan bangunan tembok di subwilayah kota menjadi paling tinggi. Belajar dari peristiwa tersebut maka dibutuhkan suatu penataan bangunan dan pemanfaatan lahan lainnya (seperti tempat usaha, jalur jalan dan lain sebagainya) secara cermat dan tepat.

Hal lain yang perlu dijadikan pertimbangan adalah potensi arah tsunami yang mungkin timbul. Pada peristiwa tsunami Aceh 2004, arah umum gelombang tsunami berasal dari arah baratdaya-selatan. Meskipun demikian, tidak menutup kemungkinan bahwa pada peristiwa lain, gelombang tsunami akan datang dari arah yang berbeda. Sebab potensi titik gempa pemicu tsunami di sekitar Meulaboh ada di sepanjang jalur subduksi yang memanjang sejajar dengan panjang Pulau Sumatera. Mengingat hal tersebut, perencanaan lajur jalan yang tepat adalah membentuk sudut lancip terhadap panjang pantai dan secara keseluruhan mirip seperti belah ketupat. Bentuk ini akan berguna, selain masih relatif mudah untuk proses evakuasi menjauhi pantai dan bentuk bangunan secara keseluruhan tidak berhadapan muka dengan arah gelombang datang.





Gambar 4. Skema penataan ruang akrab bencana tsunami untuk Kota Meulaboh

Upaya perlindungan dari gelombang tsunami dapat ditambah dengan suatu lajur timbunan/embankment yang ditanami dengan tanaman tinggi. Pada Gambar 4 menunjukkan adanya perubahan fungsi lahan dari arah laut ke darat, dimana lahan terdekat pantai dipakai untuk rekreasi tanpa asset fisik didalamnya. Selanjutnya pada lajur berikut adalah pasar terbuka, dimana aktivitasnya tidak menetap, aset tidak banyak dan masih mungkin diangkut saat menghadapi keadaan darurat. Lajur lebih dalam setelah lajur *embankment* adalah lajur jalan dan parkir wisatawan yang langsung terhubung dengan jalan-jalan lurus menuju kedalam (*evacuation road*). Bentuk jalan dan formasi bangunannya yang membentuk pola belah ketupat akan mengurangi energi gempuran gelombang tsunami, sehingga kerusakan yang diakibatkan oleh gelombang tsunami dapat diminimalisir.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan kedalaman gelombang tsunami dan pola kerusakan bangunan, telah dapat dibuat peta intensitas bahaya tsunami Kota Meulaboh dengan 3 pembagian tingkat, yaitu zona intensitas sangat tinggi, tinggi dan rendah.

Jenis bangunan kayu dikedua subwilayah, yaitu subwilayah barat laut dan subwilayah tenggara mengalami kerusakan lebih parah dibandingkan dengan yang terjadi pada subwilayah kota. Hal ini dimungkinkan karena terlindung dari dasarnya laju tsunami oleh bangunan tembok di kota. Keadaan sebaliknya adalah bahwa bangunan tembok di subwilayah kota lebih parah

dibandingkan dengan kedua subwilayah lainnya. Hal ini disebabkan oleh tingginya konsentrasi bangunan tembok di dekat pantai serta tanah pendukung beban bangunan berupa medium sand – silt.

Perencanaan tata ruang akrab bencana tsunami Kota Meulaboh, secara melintang dari arah laut adalah tempat rekreasi, lajur vegetasi (*green belt*), pasar terbuka, *embankment* dengan tanaman tinggi, jalan dan tempat parkir wisatawan, bangunan tinggi/pemerintah dan terakhir adalah permukiman.

Desain atau tataletak jalan dan bangunan berbentuk belah ketupat akan mengurangi energi gempuran gelombang tsunami, sehingga kerusakan yang diakibatkan oleh gelombang tsunami dapat diminimalisir

DAFTAR PUSTAKA

- Cameron, N.R., J.D.Bennett, D.McC.Bridge, A.Djunuddin, S.A. Ghozali, H.Harahap, D.H. Jeffrey, W.Kartawa, W.Keats, N.M.S.Rocks dan R.Whandoyo, 1982, *Peta Geologi* Lembar Meulaboh, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Carreño ML., Cardona OD., Barbat A., 2006, *Measurement of Risk Management Performance in Metro Manila*, general description and forms

Djamaluddin, R., 2005, Operasi Bakti Teknologi Aceh 2005, Balai Teknologi Survei Kelautan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.

Hall, R., 1995, Plate Tectonic Reconstructions of the Indonesian Region, Proceedings Indonesian Petroleum Association vol. 1, 1995, IPA, p. 70-84.

http://id.wikipedia.org/wiki/Gempa_bumi_Samudra_Hindia_2004, , diakses 29 Juni 2011

Thio, H.K., 2006, Retrieval of High-resolution Kinematic Source Parameters for Large Earthquakes, URS Group Inc., 566 El Dorado Street, 2nd floor, Pasadena, CA 91101.

-----, 2004, Magnitude 9.1 OFF THE WEST COAST OF NORTHERN SUMATRA, USGS

-----, 2004, Preliminary Earthquake Report, USGS.