

PENGAJIAN KERENTANAN FISIK UNTUK PENGEMBANGAN PESISIR WILAYAH KOTA MAKASSAR

Iwan G. Tejakusuma

Pusat Teknologi Sumberdaya Lahan, Wilayah Dan Mitigasi Bencana, Deputi Bidang TPSA – BPPT
Jl. M.H. Thamrin No.8 Jakarta 10340
E-mail: itejakusuma@yahoo.com

Abstract

Coastal Vulnerability Index (CVI) was used to analyse the physical vulnerability to coastal disaster of the coastal areas of Makassar City. CVI will consider six variables namely geology, geomorphology, erosion and accretion, tidal range, average wave height and elevation. Geologically, coastal areas of Makassar comprise sand, gravel, clay and coral limestone. Geomorphologically, alluvial plain, sandy to gravelly beaches are predominant in the coastal areas. Both erosion and accretion occurred in the coastal areas in which accretion predominantly found in the southern part whereas erosion in the northern part of the city. Using Digital Elevation Model it can be observed that the elevation of the coastal areas of Makassar City is between 0 – 0.5 meter which is very vulnerable to sea level rise. Average tidal range was between 1.1 to 2 meter and wave height between 0 to 2.9 meter. CVI analyses showed that the coastal areas of Makassar City is vulnerable to sea level rise and hence to the coastal disaster. In addition, according to the analyses, Wajo, Biringkanaya and Tamalanrea districts are very vulnerable to sea level rise and coastal disaster. Coastal development planning in these very vulnerable areas will need special attention and specific measures.

Kata kunci: pesisir, geomorfologi, geologi, range pasang surut, erosi, akresi, elevasi, kerentanan fisik

1. PENDAHULUAN

Pemanasan global yang terjadi di bumi telah menaikkan suhu muka laut, mencairnya es yang berakibat kenaikan muka laut secara global dengan kecepatan yang berbeda di setiap tempat. Kenaikan muka laut ini pada akhirnya akan menyebabkan bencana di kawasan pesisir dunia walaupun kenaikan muka laut terjadi secara gradual dalam jangka waktu yang cukup lama. Isu tentang kenaikan muka laut global perlu semakin menjadi perhatian bagi Indonesia khususnya sebagai negara kepulauan yang memiliki pesisir dengan salah satu negara dengan pantai yang terpanjang di dunia.

Selain itu isu kenaikan muka laut akibat pemanasan global yang menjadi pembahasan komunitas dunia merupakan ancaman tersendiri terhadap kawasan pesisir Indonesia. Kesemuanya menunjukkan betapa rentannya kawasan pesisir Indonesia yang didalamnya mencakup penduduk yang bermukim di kawasan

itu dan juga sistem sosial ekonomi dan ekologi di kawasan pesisir. Kawasan pesisir Indonesia tidak terlepas dari tekanan sosial ekonomi akibat pertambahan penduduk dan meningkatnya aktifitas manusia. Di lain pihak, kondisi kerentanan fisik pesisir perlu menjadi perhatian dalam pengembangan kawasan pesisir.

Perubahan iklim, naiknya muka laut dan meningkatnya kejadian ekstrim diprediksi akan menambah parahnya risiko genangan atau banjir di kawasan pesisir. Selain itu kawasan pesisir terancam kehilangan lahan, banjir di daerah rendah, erosi, salinisasi tanah dan air tanah, perubahan ekosistem dan bahkan kehilangan jiwa.

Pengkajian kerentanan fisik pesisir ditujukan untuk mengetahui mudahnya suatu daerah pesisir untuk terdampak oleh inundasi atau erosi. Ada tiga parameter penting yaitu erosi, inundasi permanen dan episodik. Terdapat beberapa model kualitatif dan kuantitatif yang dapat diterapkan untuk menganalisis kerentanan fisik pesisir dan untuk mengkaji kerentanan pesisir serta membandingkan

kerentanan pesisir datu dengan lainnya. Salah satu metoda yang paling banyak diterapkan adalah metode Gornitz et al (1991, 1997) untuk menentukan *Coastal Vulnerability Index (CVI)*. Setelah Gornitz, analisis kerentanan fisik telah pula dilakukan oleh beberapa peneliti baik di dunia maupun di Indonesia. Diantaranya adalah Di Paola (2011), Abuodha dan Woodroffe (2006), Thieler, E. R. dan Hammar-Klose, E. S. (2000) dan Khrisnasari (2008). Hasil analisis kerentanan fisik tersebut telah berhasil memberikan gambaran tentang daerah atau segmen pesisir mana saja yang memiliki tingkat kerentanan yang tinggi dan yang rendah. Di Indonesia penelitian kerentanan pesisir diantaranya dilakukan oleh Rositasari et al (2010) yang telah melakukan penelitian kerentanan pesisir Cirebon terhadap penggenangan (*inundation*) dan pengasaman (*acidification*) air laut serta seberapa besar alih fungsi lahan berpotensi menjadi pemicu peningkatan gas rumah kaca. Khrisnasari (2008) juga telah melakukan pengkajian kerentanan terhadap kenaikan muka laut di Jakarta Utara. Diposaptono et al (2009) juga telah mengkaji bahaya, kerentanan dan risiko kenaikan muka laut akibat pemanasan global di Kota Semarang dan Pekalongan.

Harris (2011) telah dapat menggambarkan kerentanan pesisir hubungannya dengan ancaman erosi dan terlampauinya gumuk pasir oleh naiknya muka laut di masa yang akan datang. Secara umum analisis kerentanan fisik dapat memberikan gambaran seberapa besar kondisi kerentanan daerah pesisir terhadap kenaikan muka laut dan bencana pesisir.

Kota-kota di wilayah pesisir Indonesia tidak luput dari ancaman kenaikan muka laut dan bencana pesisir termasuk di Indonesia bagian timur. Kota Makassar sebagai kota terbesar di kawasan Indonesia bagian timur diprediksi akan mengalami dampak kenaikan muka laut. Bencana banjir, erosi dan akresi, perubahan ekosistem pantai, kenaikan muka laut akibat pemanasan global dan gelombang ekstrim mengancam Kota Makassar.

Pengkajian kerentanan fisik akan memberikan gambaran kondisi fisik pesisir terhadap ancaman kenaikan muka laut dan bencana pesisir. Untuk selanjutnya, masukan hasil analisis dan pengkajian ini akan menjadi bahan pertimbangan penting dalam pengembangan kawasan pesisir daerah Kota Makassar.

Dalam tulisan ini akan dibahas uraian analisis dan kajian kerentanan fisik wilayah pesisir Kota Makassar dan ditujukan sebagai bahan masukan

penting untuk pengembangan wilayah pesisir Kota Makassar. Langkah dan strategi untuk menghadapi kondisi kerentanan kemudian diperlukan untuk meminimalisasi dampak yang akan terjadi.

2. BAHAN DAN METODE

Beberapa metode dilakukan dalam melaksanakan pengkajian kerentanan fisik yaitu terdiri dari:

- o Pengumpulan dan analisis terhadap data yang telah ada baik data sekunder maupun dari penelitian terdahulu.
- o Melakukan pengamatan lapangan.
- o Membuat dan menganalisis data secara spasial dengan Sistem Informasi Geografis (SIG).
- o Menganalisis kondisi kerentanan fisik Kota Makassar dengan metode Gornitz (1991) yang dimodifikasi.

Analisis kerentanan fisik atau *physical vulnerability analyses* dilakukan secara spasial. Pembagian didasarkan pada kecamatan di Kota Makassar khususnya yang berada pada daerah pesisir. Analisis kerentanan fisik dilakukan dengan menerapkan metoda Gornitz (1991) dimana kerentanan fisik dihitung berdasarkan enam variabel yaitu elevasi, jenis batuan atau geologi, range pasang surut, tinggi gelombang rata-rata serta perubahan garis pantai berdasarkan perkembangan erosi dan akresi pantai di Kota Makassar. Masing-masing variabel diklasifikasikan dengan tingkat kelas kerentanan sebagai berikut: sangat rendah, rendah, sedang, tinggi, sangat tinggi seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Untuk mengetahui tingkat kerentanan maka dilakukan perhitungan *Coastal Vulnerability Index (CVI)* menggunakan rumus sebagai berikut:

$$CVI = \sqrt{((a*b*c*d*e*f)/6)}$$

- a = ranking jenis batuan atau geologi
- b = ranking geomorfologi
- c = ranking erosi dan akresi
- d = ranking range pasang surut
- e = ranking tinggi gelombang rata-rata
- f = ranking elevasi

Tingkat kerentanan kemudian diklasifikasikan menjadi tiga kelas atau indeks berdasarkan hasil perhitungan CVI (*Coastal Vulnerability Index*) ini. Pembagian tersebut adalah indeks satu kurang rentan, indeks dua rentan dan indeks tiga sangat rentan.

Tabel 1. Parameter untuk analisis kerentanan fisik dan klasifikasinya (modifikasi Gornitz, 1991).

Tingkat	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
Parameter	1	2	3	4	5
Geomorfologi	Bertebing Tinggi	Bertebing Sedang	Bertebing rendah, salt marsh, coral reef, mangrove	Bangunan pantai, estuary, laguna, dataran aluvial	Pantai berpasir, pantai berkerikil, delta
Rata-Rata Range Pasang Surut (m)	1	1,1 – 2,0	2,1 – 4,0	4,1 – 6,0	> 6,0
Tinggi Gelombang Rata-Rata (m)	0 – 2,9	3,0 – 4,9	5,0 – 5,9	6,0 – 6,9	> 6,9
Elevasi (m)	> 30,0	20,1 – 30,0	10,1 – 20,0	5,1 – 10,1	5 - 0
Jenis Batuan atau geologi	Plantonik, Vulkanik	Batuan Konglomerat	Batuan Sedimentasi	Sedimen terkonsolidasi, lempung, lumpur	Sedimen Tidak Terkonsolidasi, Kerikil, Pasir
Perubahan Garis Pantai (m/tahun)	> 2 akresi	1,0 – 2,0 akresi	-1,0 – 1,0 stabil	-1,0 - -2,0 erosi	< -2,0 erosi

Parameter geologi, geomorfologi pantai berpengaruh pada tingkat kerentanan pesisir terhadap erosi. Parameter range pasang surut, tinggi gelombang, elevasi, dan kondisi akresi dan erosi akan berpengaruh terhadap genangan yang permanen, hubungannya dengan banjir dan perubahan ekosistem pantai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Geomorfologi

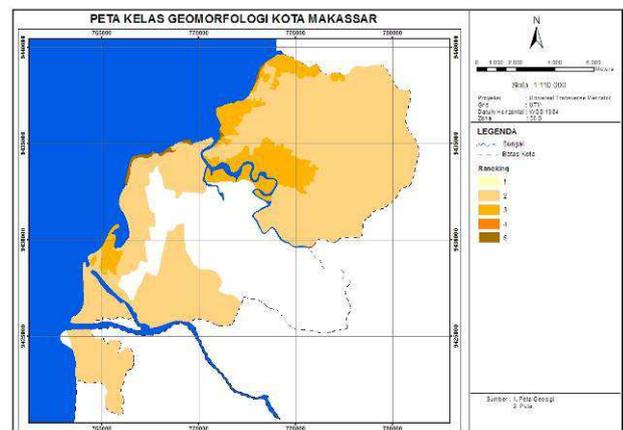
Untuk mengetahui kondisi geomorfologi Kota Makassar, dilakukan analisis dari Citra Quickbird dan Citra Landsat TM tahun 2009. Hasil analisis dari Citra tersebut didigitasi dengan menggunakan perangkat lunak ArcView. Setelah didigitasi, maka didapatkan atribut untuk Peta geomorfologi Kota Makassar dan diklasifikasikan menjadi lima kelas menurut tingkat kerentanannya sesuai klasifikasi pada Tabel 1. Berdasarkan peta ini, wilayah pesisir Kota Makassar didominasi oleh pantai daratan alluvial, pantai berpasir dan berkerikil. Wilayah kelas kerentanannya dapat dilihat pada Gambar 1.

3.2. Perubahan Garis Pantai

Kondisi perubahan garis pantai kota Makassar diperoleh dengan cara membandingkan garis pantai pada tahun 1999 dan tahun 2009 atau melihat perubahan garis pantai dalam kurun waktu 10 tahun tersebut. Data garis pantai tahun 1999 diperoleh dari Citra Landsat ETM+ tahun 1999, sedangkan garis pantai tahun 2009 diperoleh dari Citra Landsat TM tahun 2009. Garis pantai kedua citra tersebut didigitasi kemudian

diperbandingkan dan dihitung nilai erosi dan akresinya.

Dikatakan pantai mengalami erosi jika garis pantai tahun 2009 lebih masuk ke daratan dibandingkan dengan garis pantai tahun 1999, dan demikian sebaliknya untuk pantai yang mengalami akresi. Hasil pengukuran dari perubahan garis pantai diklasifikasikan menjadi lima kelas sesuai dengan klasifikasi pada Tabel 1. Kelas akresi dan erosi dapat dilihat pada Gambar 2.

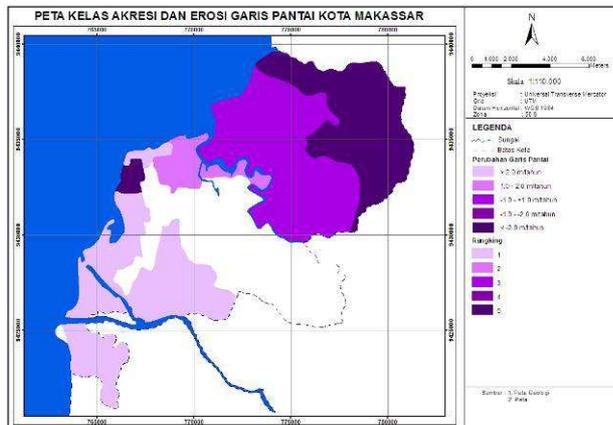


Gambar 1. Kelas geomorfologi Kota Makassar berdasarkan hasil analisis.

3.3. Elevasi

Data elevasi didapat melalui pemodelan DEM (Digital Elevation Model) dari peta rupabumi Kota Makassar. Peta kontur yang terdapat dalam peta rupabumi tersebut diolah dengan menggunakan interpolasi *kriging*. Setelah nilai elevasi didapat,

maka dilakukan pengklasian menjadi lima klas berdasarkan klasifikasi seperti pada Tabel 1. Berdasarkan analisis ini didapatkan bahwa wilayah pesisir Kota Makassar hampir seluruhnya berada pada elevasi 0 – 0.5 m.



Gambar 2. Kelas akresi dan erosi Kota Makassar berdasarkan hasil analisis.

3.4. Geologi

Data geologi diperoleh dari Peta Geologi Lembar Ujungpandang, Benteng dan Sinjai, Sulawesi dengan skala 1:250.000 tahun 1982 (Sukamto dan Supriatna, 1982). Peta Geologi yang sudah dalam bentuk JPEG tersebut ditransformasikan koordinatnya agar sesuai dengan koordinat di bumi. Kemudian peta geologi tersebut dideliniasi sesuai dengan jenis batuan yang ada di Kota Makassar. Setiap jenis batuan yang ada diklasifikasikan sesuai klasifikasi pada Tabel 1. Berdasarkan analisis jenis batuan, wilayah pesisir di kota Makassar didominasi oleh klas lima yaitu sangat rentan, hal ini disebabkan luasan jenis batuan yang berupa pasir, kerikil, lempung lumpur, serta batugamping koral yang mendominasi Kota Makassar. Kelas geologi dapat dilihat pada Gambar 3.

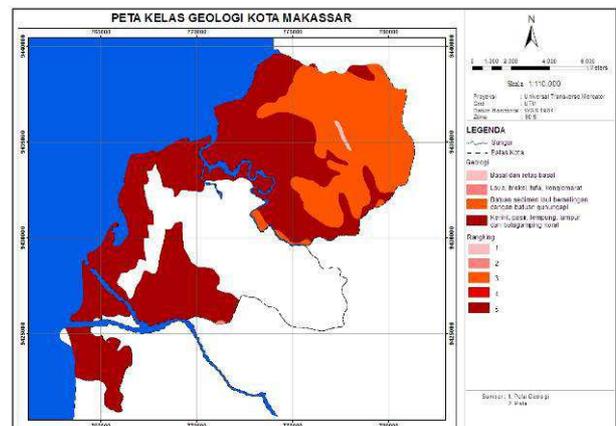
3.5. Rata-Rata Range Pasang Surut

Rata-rata range pasang surut didapatkan dari data prediksi pasang surut untuk Kota Makassar 2008 (BAKOSURTANAL, 2007). Berdasarkan data tersebut rata-rata range pasang surut di Kota Makassar adalah sekitar satu meter sehingga menurut klasifikasi sesuai Tabel 1, rata-rata range pasang surut termasuk klasifikasi sangat rendah.

3.6. Tinggi Gelombang Rata-Rata

Tinggi gelombang rata-rata Kota Makassar didapatkan dari prediksi berdasarkan informasi

penduduk setempat serta informasi dari Badan Meteorologi Geofisika dan Klimatologi Kota Makassar. Tinggi gelombangnya termasuk dalam klasifikasi antara 0 hingga 2,9 meter atau termasuk dalam klasifikasi sangat rendah.



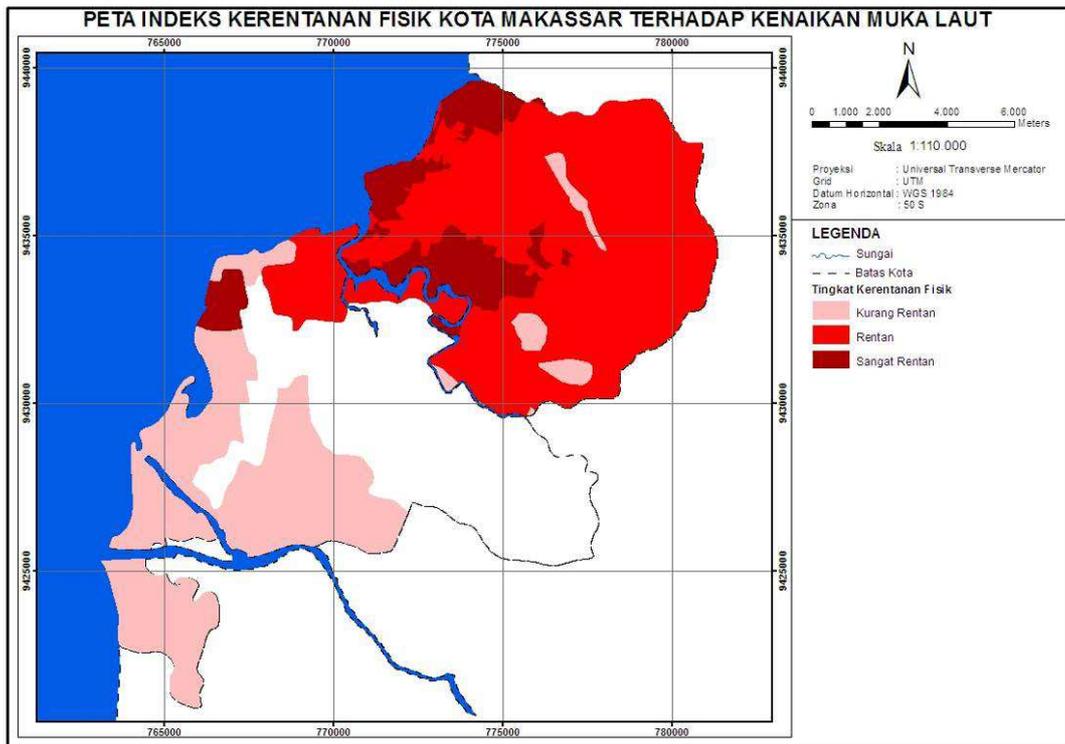
Gambar 3. Kelas geologi Kota Makassar berdasarkan hasil analisis.

3.7. Kerentanan Fisik

Analisis kerentanan fisik didapatkan dari hasil penggabungan atau *overlay* parameter-parameter di atas yang sudah diklasifikasikan sebelumnya. Seluruh parameter kerentanan fisik dimasukkan ke dalam rumus CVI (Coastal Vulnerability Index) untuk mengetahui tingkat atau indeks kerentanan fisik daerah tersebut. Hasil perhitungan CVI (*Coastal Vulnerability Index*) ini kemudian dibagi menjadi tiga tingkatan dimana indeks satu kurang rentan, indeks dua rentan dan indeks tiga sangat rentan. Berdasarkan analisis, sebagian besar wilayah pesisir Kota Makassar termasuk dalam indeks dua atau rentan dan sebagian kecil memiliki indeks sangat rentan.

Berdasarkan analisis CVI diketahui bahwa luas wilayah yang sangat rentan, rentan dan kurang rentan masing-masing adalah 14,5; 63,96 dan 40,94 kilometer persegi. Daerah dengan klasifikasi sangat rentan terdapat di Kecamatan Tamalanrea, Biringkanya dan Wajo. Seluruh Kecamatan Wajo masuk dalam wilayah sangat rentan sedangkan Kecamatan Tamalate, Mariso, Ujungpandang dan Ujungtanah seluruh daerahnya masuk dalam klasifikasi kurang rentan. Daerah Kecamatan Wajo, Tamalanrea dan Biringkanaya yang memiliki kerentanan sangat tinggi, sangat rawan terhadap kenaikan muka laut, erosi dan bencana pesisir lainnya. Daerah ini memerlukan perhatian dan langkah spesifik dalam pengembangan wilayah pesisir Kota Makassar seperti dalam perencanaan pembuatan pelabuhan, infrastruktur jalan,

jembatan, permukiman, kawasan ekonomi dan ekosistem.



Gambar 4. Peta indeks kerentanan fisik wilayah pesisir Kota Makassar hasil analisis.

Tabel 2. Indeks kerentanan fisik dan luasnya di pesisir Kota Makassar.

Indeks Kerentanan Fisik	Keterangan	Area (km ²)	Area (hektar)
1	Kurang Rentan	40,9360	4093,8220
2	Rentan	63,9580	6395,6610
3	Sangat Rentan	14,5030	1450,0870

Tabel 3. Indeks kerentanan fisik dan luasnya per kecamatan di pesisir Kota Makassar.

Kecamatan	Kurang Rentan (km ²)	Rentan (km ²)	Sangat Rentan (km ²)
Biringkanaya	0,259	27,566	3,195
Mariso	3,314	-	-
Tallo	-	7,236	-
Tamalanrea	2,755	29,156	9,349
Tamalate	30,441	-	-
Ujungpandang	2,664	-	-
Ujungtanah	1,503	-	-
Wajo	-	-	1,959

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pengkajian kerentanan fisik wilayah pesisir Kota Makassar dapat disimpulkan bahwa:

- o Geomorfologi pesisir Kota Makassar didominasi oleh pantai daratan alluvial, pantai berpasir dan berkerikil dengan tingkat kerentanan tinggi.

- o Secara Geologi daerah pesisir Kota Makassar merupakan pasir, kerikil, lempung lumpur, serta batugamping koral dengan klasifikasi sangat rentan.
- o Rata-rata range pasang surut dan tinggi gelombang rata-rata termasuk dalam klasifikasi tingkat kerentanan sangat rendah.
- o Berdasarkan elevasinya yang berkisar antara 0 hingga 5 meter, pesisir Kota Makassar memiliki tingkat kerentanan sangat tinggi.
- o Perubahan garis pantai Kota Makassar menunjukkan terjadinya erosi dan akresi selama kurun waktu antara 1999 hingga 2009. Wilayah pesisir bagian selatan didominasi oleh akresi sedang wilayah pantai bagian utara didominasi oleh erosi. Wilayah erosi ini mempunyai tingkat kerentanan yang lebih tinggi dibandingkan dengan akresi.
- o Berdasarkan analisis CVI diketahui bahwa luas wilayah yang sangat rentan adalah 14,5 kilometer persegi sedangkan wilayah yang rentan 63,96 kilometer persegi dan wilayah kurang rentan 40,94 kilometer persegi. Daerah dengan klasifikasi sangat rentan terdapat di Kecamatan Tamalanrea, Biringkanya dan Wajo.
- o Seluruh Kecamatan Wajo termasuk dalam wilayah sangat rentan sedangkan Kecamatan Tamalate, Mariso, Ujungpandang dan Ujungtanah seluruh daerahnya masuk dalam klasifikasi kurang rentan.
- o Daerah Kecamatan Wajo, Tamalanrea dan Biringkanaya yang memiliki kerentanan sangat tinggi sangat rawan terhadap kenaikan muka laut, erosi dan bencana pesisir lainnya memerlukan perhatian dan langkah spesifik dalam hal pengembangan wilayah pesisir. Seperti untuk perencanaan pelabuhan, infrastruktur jalan, jembatan, permukiman, kawasan ekonomi dan ekosistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Abuodha, P. A. dan Woodroffe, C. D., 2006, Assessing vulnerability of coasts to climate change: A review of approaches and their application to the Australian coast 2006, <http://ro.uow.edu.au/scipapers/161>.
- BAKOSURTANAL, 2007, Prediksi Pasang Surut 2008 Untuk Survei Dan Pemetaan, Pengelolaan Pantai, Pariwisata Dan Olah

Raga Perairan Laut, Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional.

Di Paola, G., Alberico I., Aucelli P., Pappone G. dan Roskopf C., A new GIS based methodology to assess coastal vulnerability by using a Modified Coastal Vulnerability Index (MCVI), *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 13, EGU2011-8980-1, 2011.

Diposaptono, S., Budiman dan Agung F., 2009, Menyiasati Perubahan Iklim Di Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil, P.T. Sarana Komunikasi Utama, 359 halaman.

Gornitz, V. M., Beaty, T. W. dan Daniels, R. C., 1997, A Coastal Hazards Data Base For The U.S. West Coast, U.S. Department of Energy Environmental Sciences Division Publication No. 4590.

Gornitz, V., 1991: Global Coastal Hazards From Future Sea Level Rise. *Palaeogeogr. Palaeoclimat. Palaeoecol.*, 89, 379-398, doi:10.1016/0031-0182(91)90173-O.

Harris, Erica L., 2011, Assessing Physical Vulnerability Of The Coast In Light Of A Changing Climate : An Integrated, Multi-hazard, Multi-timescale Approach, Oregon State University, Thesis Master of Science.

Khrisnasari, Andrena, 2008, Kajian Kerentanan Terhadap Kenaikan Muka Laut Di Jakarta Utara, Thesis, Program Studi Teknik Kelautan, Institut Teknologi Bandung.

Rositasari R., Suyarso, Suratno dan Prayuda B., 2010, Kerentanan Pesisir Cirebon Terhadap Perubahan Iklim, *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* 36 (3): 377-392, ISSN 0125-9830, Pusat Penelitian Oseanografi – LIPI.

Sukamto, Rab dan Supriatna, S., 1982, Peta Geologi Lembar Ujung Pandang, Banteng dan Sinjai, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Departemen Pertambangan dan Energi.

Thieler, E. R. dan Hammar-Klose, E. S., 2000, National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise: Preliminary Results for the U.S. Gulf of Mexico Coast U.S. Geological Survey Woods Hole, Massachusetts, OPEN-FILE REPORT 00-179.