

ZONASI WILAYAH PESISIR AKIBAT KENAIKAN MUKA AIR LAUT Coastal Area Zoning Due To Sea Level Rise

¹Andik Isdianto, ²Wahyudi Citrosiswoyo, ³Kriyo Sambodho

¹Laboratorium Pemetaan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya
Jl. Veteran 65145 Malang, Indonesia
E-mail : andik.isdianto@ub.ac.id

²Bidang Keahlian Rekayasa Pantai Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS Keputih, Sukolilo, Surabaya 60111
E-mail : wahyudictr@oe.its.ac.id

³Laboratorium Riset Operasi dan Perancangan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Kampus ITS Keputih, Sukolilo, Surabaya 60111
E-mail : k_sambodho@oe.its.ac.id

Diterima : 11 Mei 2014; Disetujui : 03 September 2014

Abstrak

Isu pemanasan global membawa dampak pada terjadinya kenaikan muka air laut. Kenaikan muka air laut akan menjadi masalah apabila air laut tersebut telah mencapai daratan dan menimbulkan kerusakan di wilayah pesisir. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis dampak kenaikan muka air laut terhadap penggunaan lahan dan tingkat kerentanan bencana kenaikan muka air laut di wilayah pesisir. Studi kasus dilakukan di wilayah Tuban, Jawa Timur. Berdasarkan hasil analisis, penggunaan lahan di wilayah penelitian pada tahun 2001 hingga 2010, sebagian besar berupa lahan pertanian dan perkebunan, dan sebagian besar dari wilayah permukiman dan perkotaan berada di wilayah pesisir. Kenaikan muka air laut di wilayah penelitian, menyebabkan wilayah dengan potensi tergenang pada tahun 2100 (1.021 mm) seluas 566 ha, sehingga wilayah yang memiliki kerentanan sangat tinggi terhadap bencana kenaikan muka air laut terdapat di wilayah pesisir yang berbatasan langsung dengan pantai. Arahan zonasi penggunaan lahan pada wilayah pesisir terkait dampak kenaikan muka air laut di wilayah pesisir Pantai Utara Kabupaten Tuban terbagi menjadi 3 zonasi umum wilayah pesisir, yaitu : zona pemanfaatan umum, konservasi dan alur pelayaran, dengan penetapan strategi akomodatif dan proteksi yang sistematis.

Kata kunci : Pemanasan global, penggunaan lahan, kerentanan wilayah, bencana, Kabupaten Tuban

Abstract

Global warming will consequently lead to sea level rise, and it would become a potential issue when involve major area of land and particularly in coastal areas. The purpose of this analysis is to analyzing the impact of sea level rise on land use pattern and vulnerability to land disaster in the coastal plain region. Based on data analysis during the period of 2001 to 2010. Most of the land use in the study area is used for agriculture and plantation, settlements that central to urban areas in the coastal areas. Sea level rise based on data analysis in the study area, will lead water level increase up to 1,021 mm, and covering total inundated area of 566 ha in 2100. Areas with highly vulnerable categories are located in the coastal areas, adjacent to the beach. Zoning of land use in coastal areas due to the impacts of sea level rise in coastal areas of Pantai Utara (North Beach) in Tuban District are divided into 3 general zones, namely : general use zone, conservation and shipping lanes, with the implementation of the strategy accommodating and systematic protection.

Keywords : Global warming, land use, regional vulnerability, disaster, Tuban District

PENDAHULUAN

Permasalahan yang menjadi isu sentral dalam penelitian ini adalah kenaikan muka air laut di wilayah pantai. Kenaikan muka air laut ini akan menjadi masalah apabila air laut tersebut telah mencapai daratan dan menimbulkan kerusakan di wilayah pantai. Hal ini akan menjadi masalah yang semakin serius ketika muka air laut yang ada semakin meningkat sejalan dengan peningkatan suhu bumi, dan beberapa faktor lain seperti

pengaruh angin, gelombang, dan pengaruh pasang surut.

Fahruri (2007) dan Yanuar (2008), memberikan hasil yang signifikan terhadap tingkat kerentanan bencana kenaikan muka air laut (*sea level rise*), dengan nilai yang sama dengan nilai dari indeks kerentanan yang ditimbulkan oleh bencana tsunami. Indeks Kerentanan Wilayah Pesisir Kedua hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya tingkat resiko bencana yang ditimbulkan oleh kenaikan muka air laut (*sea level rise*) merupakan

bencana yang berpotensi besar terjadi di wilayah pantai, dimana nilai yang ditunjukkan merupakan nilai tertinggi yang menyamai nilai kerentanan bencana yang ditimbulkan oleh tsunami. Wilayah penelitian yang terdapat di pesisir selatan Pulau Jawa yang memiliki sejarah dan potensi terjadinya tsunami memberikan pemahaman yang nyata terhadap ancaman bencana tsunami. Tetapi untuk kenaikan muka air laut dapat terjadi di kawasan pantai di mana saja di seluruh bumi, khususnya di wilayah pantai yang memiliki kontur rendah dan landai, seperti di pantai utara Pulau Jawa.

Beberapa waktu terakhir, para ilmuwan dan peneliti sangat tertarik mengkaji pemanasan global dan khususnya terhadap kenaikan muka air laut. Hal ini telah menjadi isu yang cukup serius untuk dikaji lebih dalam, karena berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan dari data terdahulu didapatkan hasil yang signifikan terhadap kenaikan muka air laut.

Hasil penelitian para pakar yang dikemukakan dalam pertemuan IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), tahun 2001, yang menyebutkan kenaikan muka air laut secara global sebesar 2 mm/tahun. Hasil penelitian para pakar yang dikemukakan dalam pertemuan ilmiah *Intergovernmental Oceanographic Commission* (IOC) UNESCO di Paris, Juni 2006, yang menyebutkan kenaikan muka air laut secara global sebesar 3 mm/tahun. Hasil dari Kajian Bakosurtanal (Manurung, 2008), berdasarkan data pengamatan 15 dari 90 stasiun pemantau permukaan laut yang pengamatannya sudah melebihi 10 tahun menunjukkan adanya kenaikan permukaan laut rata-rata berkisar 3-7 mm/tahun. Hasil penelitian Nurmaulia, dkk (2005) melakukan penelitian dengan memanfaatkan citra satelit *altimetri topex* dengan kurun waktu 1992-2002, memberikan hasil yang cukup besar dari yang diprediksikan yaitu 8 mm/tahun untuk wilayah Indonesia secara umum. Bahkan untuk wilayah Laut Jawa hasil yang dimunculkan sebesar 11,1 mm/tahun.

Hasil penelitian para pakar dan ilmuwan tersebut memberikan gambaran yang nyata akan bahaya yang dapat diakibatkan oleh kenaikan muka air laut. Meskipun kenaikan air laut yang terjadi dirasa tidak terlampau besar, hanya berkisar antara 2 - 11 mm/tahun, namun akan menjadi bahaya yang menghantui kawasan pantai/pesisir. Sebagai gambaran adalah kenaikan muka air laut yang terjadi dalam kurun waktu 100 tahun mendatang, maka terjadi kenaikan air laut sebesar 20 - 110 cm.

Manurung (2008) menyatakan bahwa implikasi kenaikan permukaan laut jelas telah menyebabkan pantai akan lebih mudah terkena banjir, abrasi, dan penggenangan (*inundation*) pantai-pantai yang

rendah. Kejadian itu terlihat dengan semakin seringnya banjir laut atau rob di pantai Semarang, Jakarta dan wilayah pesisir utara Jawa yang rata-rata sangat landai.

Dampak yang berskala global ini akan sangat mahal dan bahkan dengan kemampuan teknologi yang ada saat ini pun tidak akan dapat mengatasinya. Brooks, *et al* (2006), memberikan gambaran tentang biaya yang dibutuhkan untuk mengatasi dampak dari kenaikan muka air laut setinggi 1 m adalah sebesar US\$ 13 triliun - 47 triliun setiap tahunnya hingga akhir abad 21, dengan asumsi pelaksanaan kegiatan perlindungan yang optimal. Susandi, dkk (2008) memberikan gambaran terkait kenaikan muka air laut yang terjadi di Banjarmasin, dengan kenaikan muka air laut sebesar 0,934 m berdampak pada luas daerah genangan yang mencapai 2.581 km² dengan kerugian ekonomi dari lahan sebesar US\$ 0,69 juta dan pemindahan 40.720 jiwa penduduk ke tempat yang lebih tinggi. Sutrisno, dkk (2005), melakukan penelitian di Pulau Muaraulu di Delta Mahakam, menunjukkan hasil kenaikan muka laut yang terjadi berkisar antara 15 - 75 mm/tahun dengan laju akumulasi sedimen sebesar 15 - 22 mm/tahun, dan dari pemodelan yang dilakukan menunjukkan hasil setiap 1 cm kenaikan muka laut rata-rata berdampak pada pengurangan garis pantai sebesar 1,23 - 4,84 meter, 0,71 - 5,07 ha tambak udang hilang, dan kerugian ekonomi dari tambak udang sebesar Rp 80.000 - Rp 9.420.000 per ha per tahun.

Besarnya biaya yang harus dikeluarkan untuk pengelolaan kawasan pesisir mengindikasikan besarnya kerugian yang ditimbulkan akibat bencana di kawasan pesisir, khususnya kenaikan muka air laut. Dalam pengelolaan kawasan pantai ini, Brooks, *et al.* (2006) memberikan masukan dari penelitian yang dilakukan, tindakan yang paling utama dalam meminimalisasi dampak dari kenaikan air laut adalah mengelola sistem lingkungan alami yang ada dan tindakan dalam meningkatkan pengembangan secara fisik dan ekologi, dengan mempertimbangkan aspek ekonomi, sosial, lingkungan dan aspek dinamis lainnya. Gao dan Collins (1995), menyatakan bahwa prinsip dalam pengelolaan kawasan pantai harus disesuaikan dengan alam, dimana aktivitas manusia tidak boleh merusak keseimbangan lingkungan dan karakteristik perubahan pantai yang bersifat konstan, haruslah menyesuaikan dengan perubahan yang bersifat alami.

Tindakan yang dilakukan untuk mengatasi kenaikan muka air laut ini haruslah sejalan dengan keberadaan lingkungan. Aspek alam menjadi sangat penting, dimana hal ini menjadi indikator

utama dalam pengelolaan kawasan pesisir. Manurung (2008) menyatakan bahwa strategi yang harus ditempuh dalam menghadapi kenaikan permukaan laut ini adalah bersifat pendekatan penyesuaian (adaptasi) sebab adaptasi lebih tepat daripada mengatasi apalagi melawan. Dengan melakukan penyesuaian dengan alam maka dana yang dibutuhkan dalam pengelolaan kawasan pesisir akibat kenaikan muka air laut juga dapat ditekan seminimal mungkin. Seperti yang disarankan Susandi, dkk (2008) dalam penelitiannya di Banjarmasin, dimana tindakan yang direkomendasikan adalah dengan melakukan tindakan adaptasi berupa pembuatan tanggul di pinggir Sungai Barito, relokasi penduduk di sekitar sungai ke daerah yang lebih tinggi serta pembangunan rumah panggung.

IPCC merekomendasikan empat strategi adaptasi untuk perencanaan daerah pantai, yaitu (1) manajemen perencanaan kawasan pantai harus memperhitungkan faktor kenaikan permukaan laut; (2) identifikasi daerah-daerah rawan terhadap kenaikan permukaan laut; (3) pengembangan pantai tidak meningkatkan kerentanan terhadap kenaikan permukaan laut; dan (4) kesiapsiagaan dan mekanisme respons terhadap kenaikan permukaan laut ini harus dikaji kembali.

Suprijanto (2005), memberikan respon yang hampir sama terkait dengan studi yang dilakukannya, yakni perlunya disusun pedoman umum penataan ruang kawasan kota pantai dan pedoman teknis penataan ruang untuk masing-masing tipe pemanfaatan kawasan kota pantai, seperti pedoman teknis penataan kawasan permukiman di kota tepi pantai; pedoman teknis penataan kawasan rekreasi di kota tepi pantai; dan lain-lain. Pengembangan kawasan kota tepi air pada umumnya dan tepi laut/pantai pada khususnya perlu mengantisipasi dampak timbal balik antara pembangunan fisik dan kerusakan bentang alam. IAGI (Ikatan Ahli Geologi Indonesia) juga mendesak sesegera mungkin Pemerintah Pusat mengatur Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) daerah yang akrab dengan memperhitungkan faktor bencana alam sehingga dapat memperkecil kerugian yang dihasilkan oleh bencana (BPPT, 2008).

Berangkat dari hasil penelitian dan pemikiran para pakar di atas, maka dalam penelitian ini akan mengkaji lebih dalam potensi bencana yang terjadi di wilayah Kabupaten Tuban, yaitu kenaikan muka air laut (*sea level rise*) sebagai dasar dalam memberikan rekomendasi terhadap perubahan penggunaan lahan di wilayah pesisir Kabupaten Tuban, menyesuaikan dengan wilayah yang

terancam bencana kenaikan muka air laut (*sea level rise*), dengan melakukan tindakan relokasi, adaptasi dan proteksi.

METODE

Analisis karakteristik penggunaan lahan menggunakan data peta Rupa Bumi Indonesia, dan Citra Satelit NOAA dengan menghasilkan luasan penutup lahan, kemudian membuat *layout* peta penutup lahan wilayah pesisir Kabupaten Tuban dengan perangkat lunak Arc GIS. Perubahan pola penggunaan lahan di wilayah penelitian didasarkan pada perhitungan perubahan luasan masing-masing jenis penggunaan lahan di wilayah penelitian dan dideskripsikan tentang pola perubahan yang ada untuk masing-masing jenis penggunaan lahan yang ada. Hasil dari analisa ini adalah terbentuknya peta perubahan pola penggunaan lahan yang merupakan peta pemanfaatan lahan dalam kurun waktu tahun 2001-2010.

Data DEM (*Digital Elevation Model*) yang dipergunakan dalam penelitian ini memanfaatkan data ketinggian (kontur) wilayah pesisir Kabupaten Tuban untuk data DEM daratan, yang didapatkan dari peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1 : 25.000 dan citra satelit SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*). Sedangkan untuk data DEM lautan diperoleh dengan memanfaatkan data bathymetri lingkungan perairan wilayah pesisir Kabupaten Tuban, didapatkan dari peta Lingkungan Perairan Indonesia (LPI) skala 1 : 50.000, dan diperhitungkan dengan perhitungan kenaikan muka air laut (SLR) untuk tahun 2050 dan tahun 2100.

Tahapan dalam analisa kerentanan dan bencana di wilayah penelitian ditetapkan dengan mempertimbangkan kriteria Kerentanan Fisik, Kerentanan Sosial, dan Kerentanan Ekonomi, yang mengacu kepada hasil penelitian Gornitz, dkk (1997), Nur Miladan (2009), dan Keputusan Menteri PU No. 378/KPTS/1987).

Untuk menghitung besarnya indeks kerentanan digunakan rumus sebagai berikut :

$$IKSLR = \frac{FG+FK+FP+FR+FT+FJ+FA+FB+SK+SW+SU+EU+EK}{13}$$

Keterangan :

- IKSLR = Indeks Kerentanan *Sea Level Rise*
- FG = Geomorfologi Pantai
- FK = Kenaikan muka air laut relatif mm/tahun
- FP = Rata rata pasang surut (m)
- FR = Tinggi gelombang rata rata
- FT = Topografi (m)
- FJ = Jaringan jalan
- FA = Jaringan air bersih
- FB = Kawasan terbangun

- SK = Kepadatan penduduk (jiwa/ha)
- SW = Presentase penduduk wanita
- SU = Presentase usia tua dan balita
- EU = Keberadaan lokasi usaha/ perdagangan
- EK = Prosentase Keluarga Miskin

Penetapan zonasi menurut pedoman umum penataan ruang pesisir dan pulau-pulau kecil yang diterbitkan oleh Departemen Kelautan dan Perikanan yang mengacu pada keputusan menteri perikanan dan kelautan No : KEP. 34/MEN/2002, yaitu penetapan :

- a. Zona inti merupakan zona konservasi berupa kawasan lindung, cagar alam, dan suaka alam. Fungsi kegiatan ini berhubungan langsung dengan laut atau ekosistem kelautan dan perikanan.
- b. Zona pemanfaatan terbatas berupa kawasan penyangga yang terdiri atas wilayah darat dan laut. Untuk wilayah darat berupa kawasan tambak dan untuk laut berupa kawasan budidaya terumbu karang, rumput laut, dan kegiatan pariwisata pantai. Untuk zona pemanfaatan terbatas perlu ada pembatasan jenis kegiatan dimana tidak boleh menimbulkan tarikan yang besar untuk menjaga keberlangsungan ekosistem pesisir.

- c. Zona bebas / zona lain sesuai peruntukkan berupa kegiatan yang tidak berhubungan langsung dengan laut seperti kegiatan perkotaan.

Penetapan Zonasi ini juga mempertimbangkan beberapa kegiatan proteksi, akomodasi dan relokasi bagi wilayah yang memungkinkan untuk diterapkan (IPCC, 1990), serta menerapkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 64 Tahun 2010 tentang Mitigasi Bencana Di Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil, kegiatan struktur/fisik untuk mitigasi terhadap jenis bencana kenaikan paras muka air laut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Kenaikan Muka Air Laut

Prediksi kenaikan muka air laut menurut beberapa hasil penelitian yang dapat dijadikan rujukan, maka posisi muka air laut tertinggi di wilayah penelitian dapat diprediksi pada tahun 2100 yaitu 2121,20 mm (Nurmaulia, dkk. 2005). Penetapan skenario kenaikan muka air laut dengan asumsi gerakan pasang surut diramalkan terhadap suatu Muka Surutan (*chart datum*) yang letaknya 11 dm (1,1 meter) di bawah muka air laut rata-rata (*Mean Sea Level*).

Tabel 1 Kenaikan Muka Air Laut dari Hasil Perhitungan

| Tahun | IPCC (2001) | | IOC UNESCO (2006) | | Bakosurtanal (2008) | | Nurmaulia, dkk (2005) | |
|-------|---------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | Kenaikan (mm) | Posisi Muka Air Laut (mm) | Kenaikan (mm) | Posisi Muka Air Laut (mm) | Kenaikan (mm) | Posisi Muka Air Laut (mm) | Kenaikan (mm) | Posisi Muka Air Laut (mm) |
| 2008 | 2,00 | 1.100,00 | 3,00 | 1.100,00 | 7,00 | 1100,00 | 11,10 | 1.100,00 |
| 2100 | 2,00 | 1.284,00 | 3,00 | 1.376,00 | 7,00 | 1744,00 | 11,10 | 2.121,20 |

Sumber : Hasil Perhitungan

Wilayah yang tergenang pada tahun 2100 seluas 565,80 Ha (2,26 % dari total wilayah penelitian), dengan wilayah yang paling banyak tergenang adalah Kecamatan Palang seluas 216,17 Ha. Empang/kolam (199,13 Ha) dan rumput/tanah kosong (122,20 Ha) menjadi penggunaan lahan

dengan luasan terbesar yang berpotensi tergenang air laut. Penggunaan lahan Permukiman berpotensi tergenang air laut seluas 115,90 Ha. Sehingga perlu adanya skenario penanggulangan dampak kenaikan muka air laut, baik berupa rencana zonasi maupun perlindungan wilayah pesisir.

Tabel 2 Luas Penggunaan Lahan Tergenang Tahun 2100

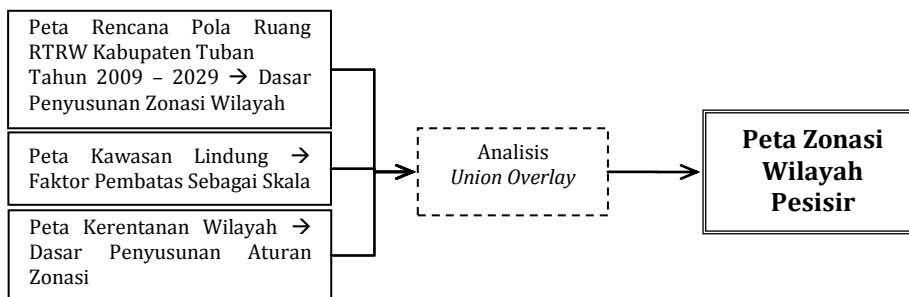
| No. Penggunaan Lahan | Luas Penggunaan Lahan Tergenang | | | | | Total | |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------|-------------------|---------------------|---------------|
| | Palang | Taban | Jenu | Tambakboyo | Bancar | m ² | ha |
| 1 Permukiman | 412.148,81 | 48.174,80 | 100.412,11 | 523.361,79 | 74.932,56 | 1.159.030,07 | 115,90 |
| 2 Perdagangan dan Jasa | 50.879,58 | 9.397,16 | 0,00 | 14.300,09 | 2.557,28 | 77.134,11 | 7,71 |
| 3 Industri/Pergudangan | 0,00 | 0,00 | 6.806,67 | 0,00 | 0,00 | 6.806,67 | 0,68 |
| 4 Sawah Irigasi | 0,00 | 0,00 | 130.017,28 | 127.260,93 | 3.989,77 | 261.267,98 | 26,13 |
| 5 Sawah Tadah Hujan | 4.984,59 | 0,00 | 6.789,06 | 16.381,18 | 0,00 | 28.154,84 | 2,82 |
| 6 Tegalan/Ladang | 11.620,45 | 908,24 | 426.739,93 | 137.479,75 | 158.912,03 | 735.660,40 | 73,57 |
| 7 Kebun | 18.503,96 | 7.778,59 | 15.645,43 | 0,00 | 7.852,58 | 49.780,56 | 4,98 |
| 8 Empang/Kolam | 1.537.871,40 | 0,00 | 344.772,89 | 28.885,11 | 79.802,39 | 1.991.331,79 | 199,13 |
| 9 Rumput/Tanah Kosong | 111.255,15 | 37.764,19 | 245.071,70 | 630.807,37 | 197.126,71 | 1.222.025,11 | 122,20 |
| 10 Semak Belukar | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 24.093,05 | 24.093,05 | 2,41 |
| 11 Rawa | 0,00 | 0,00 | 34.549,69 | 0,00 | 0,00 | 34.549,69 | 3,45 |
| 12 Sungai | 14.466,76 | 0,00 | 29.178,27 | 1.596,29 | 22.962,43 | 68.203,74 | 6,82 |
| Jumlah (m²) | 2.161.730,70 | 104.022,97 | 1.339.983,03 | 1.480.072,50 | 572.228,81 | 5.658.038,01 | 565,80 |
| Jumlah (Ha) | 216,17 | 10,40 | 134,00 | 148,01 | 57,22 | 565,80 | |
| Luas Wilayah (Ha) | 8.696,36 | 1.109,45 | 8.094,54 | 2.648,88 | 4.474,44 | 25.023,67 | |
| % Terhadap Luas Wilayah | 2,49 | 0,94 | 1,66 | 5,59 | 1,28 | 2,26 | |

Sumber : Hasil Perhitungan

Zonasi Kawasan Pesisir Sebagai Upaya Antisipasi Dampak Kenaikan Muka Air Laut

Penentuan zonasi di kawasan pesisir difungsikan untuk pengaturan pemanfaatan dan penggunaan lahan di kawasan pesisir agar tidak terjadi konflik antar penggunaan lahan. Penentuan zonasi wilayah pesisir didasarkan atas Rencana Penggunaan lahan di wilayah penelitian, wilayah terancam kenaikan muka air laut, keberadaan kawasan lindung dan kerentanan wilayah. Peta Rencana Pola Ruang RTRW Kabupaten Tuban Tahun 2009 - 2029 sebagai dasar dalam penyusunan peta zonasi (*zoning map*) wilayah pesisir Kabupaten Tuban, dengan mempertimbangkan aspek-aspek penggunaan lahan eksisting dan peta rencana pola ruang yang telah disusun dalam RTRW Kabupaten

Tuban Tahun 2009 - 2029. Sebagai faktor pembatas adalah peta kawasan lindung yang telah disesuaikan dengan keberadaan kawasan lindung di wilayah penelitian, dan apapun yang terdapat di peta zonasi (*zoning map*) dari proses sebelumnya akan menjadi prioritas bagi kawasan lindung untuk menyesuaikan menjadi peta zonasi (*zoning map*) sebagai proses akhir. Keberadaan peta kerentanan wilayah lebih diarahkan kepada penyusunan aturan zonasi (*zoning text*), sehingga menjadi dasar pertimbangan dalam penentuan apa yang boleh dan bisa dikembangkan dalam suatu zona tertentu sehingga menjadi dasar yang terpenting bagi pelengkap keberadaan peta zonasi (*zoning map*) yang telah disusun.



Gambar 2 Konsep Zonasi Kawasan Pesisir

Rencana Pola Ruang RTRW Kabupaten Tuban Tahun 2009 - 2029

Berdasarkan Rencana Pola Ruang dalam RTRW Kabupaten Tuban 2009 - 2029, maka penggunaan lahan yang sangat dominan yaitu sawah (6.370,49 ha - 25,45 %) dan tegalan/ladang (3.897,98 ha - 15,58 %) yang menandakan pemerintah kabupaten Tuban masih mempertahankan kebijakan sektor pertanian sebagai dasar pengembangan wilayahnya. Namun yang perlu diperhatikan lebih

jauh adalah penggunaan lahan permukiman, dimana permukiman eksisting seluas 1.681,37 ha (6,72 %), rencana permukiman seluas 3.347,66 ha (13,38 %) dan lahan yang menjadi cadangan permukiman seluas 2.114,49 ha (8,45 %), menjadikan permukiman menjadi wilayah yang memiliki prosentase terluas di wilayah penelitian di akhir tahun rencana yaitu 7.143,51 ha (28,54 %).

Tabel 8 Rencana Pola Ruang Wilayah Pesisir Kabupaten Tuban Tahun 2009 - 2029

| No. | Rencana Pola Ruang | Luas (m ²) | Luas (ha) | Luas (%) |
|--------------|-------------------------------|------------------------|------------------|---------------|
| 1 | Danau | 49.402,14 | 4,94 | 0,02 |
| 2 | Empang | 8.026.289,02 | 802,63 | 3,21 |
| 3 | Hutan | 21.514.054,93 | 2.151,41 | 8,60 |
| 4 | Industri dan Pergudangan | 18.878.964,00 | 1.887,90 | 7,54 |
| 5 | Makam | 16.208,12 | 1,62 | 0,01 |
| 6 | Perdagangan dan Jasa | 22.540,64 | 2,25 | 0,01 |
| 7 | Permukiman | 16.813.655,82 | 1.681,37 | 6,72 |
| 8 | Pertambangan | 22.513.520,77 | 2.251,35 | 9,00 |
| 9 | PLTU | 736.979,66 | 73,70 | 0,29 |
| 10 | Sawah | 63.704.864,93 | 6.370,49 | 25,45 |
| 11 | Stadion | 27.885,27 | 2,79 | 0,01 |
| 12 | Sungai | 193.916,99 | 19,39 | 0,08 |
| 13 | Tegalan/Ladang | 38.979.819,99 | 3.897,98 | 15,58 |
| 14 | Rencana Industri Perikanan | 151.880,47 | 15,19 | 0,06 |
| 15 | Rencana Industri Pertambangan | 3.572.119,10 | 357,21 | 1,43 |
| 16 | Rencana Pelabuhan | 445.678,53 | 44,57 | 0,18 |
| 17 | Rencana Permukiman | 33.476.600,50 | 3.347,66 | 13,38 |
| 18 | Lahan Cadangan Permukiman | 21.144.882,35 | 2.114,49 | 8,45 |
| TOTAL | | 250.269.263,22 | 25.026,93 | 100,00 |

Sumber : RTRW Kabupaten Tahun 2009 - 2029

Kawasan Lindung

Kriteria penentuan kawasan lindung ini mengacu kepada peraturan perundangan yang berlaku, dalam hal ini Keppres No. 32 Tahun 1990. Kawasan lindung di wilayah studi terdiri dari empat kawasan, kawasan lindung bawahan, kawasan lindung setempat, kawasan cagar alam, kawasan rawan bencana dan kawasan ruang terbuka hijau (kawasan resapan).

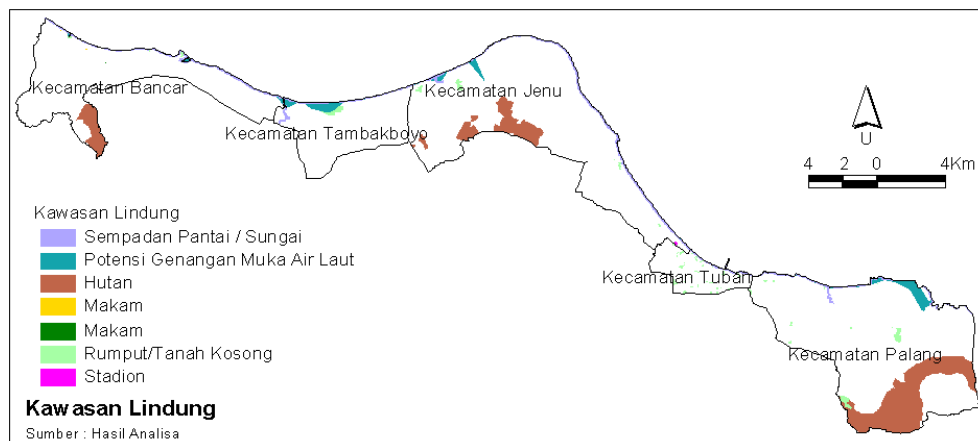
Kawasan lindung bawahan adalah kawasan yang memberikan perlindungan kawasan bawahannya terdiri dari kawasan hutan lindung, kawasan bergambut dan kawasan resapan air. Berdasarkan Pola Ruang RTRW Kabupaten Tuban 2009 - 2029, terdapat kawasan lindung di wilayah penelitian berupa kawasan hutan seluas 2.151,41 ha (8,60 %).

Kawasan perlindungan setempat di wilayah studi terdiri dari sempadan pantai (Pedoman Pemanfaatan Ruang Tepi Pantai yang di keluarkan

oleh Dirjen Tata Ruang, 2007) dan sempadan sungai (Peraturan Menteri PU No. 63 Tahun 1993 tentang Garis Sempadan Sungai, Daerah Manfaat Sungai, Daerah Penguasaan Sungai dan Bekas Sungai).

Perlindungan terhadap kawasan rawan bencana alam dilakukan untuk melindungi manusia dan kegiatannya dari bencana yang disebabkan oleh alam maupun secara tidak langsung oleh perbuatan manusia. Sesuai dengan pembahasan penelitian ini rawan bencana di wilayah studi adalah ancaman kenaikan muka air laut yang di sebabkan oleh pemanasan global dan gelombang pasang. Wilayah tergenang pada tahun 2050 seluas 457,54 ha dan pada tahun 2100 seluas 565,80 ha.

Kawasan ruang terbuka hijau di wilayah studi merupakan lahan makam dan lapangan olah raga (3,75 Ha), dan rumput tanah kosong (337,55 Ha). Kedua jenis penggunaan lahan ini merupakan lahan resapan air di wilayah studi.



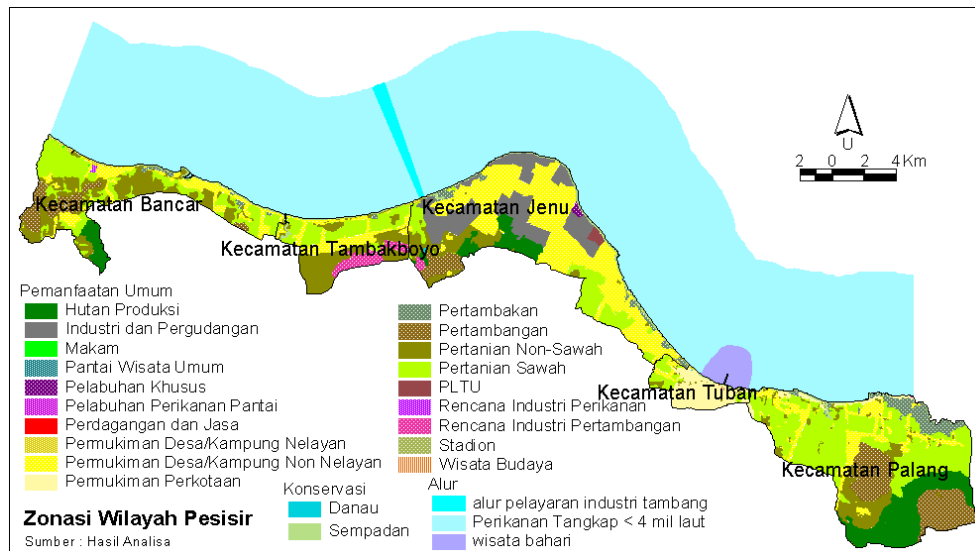
Gambar 1 Kawasan Lindung Wilayah Penelitian

Kerentanan Wilayah Penelitian

Analisa Kerentanan Wilayah ini diperoleh dengan melakukan proses *overlay/superimpose* terhadap data spasial faktor penyusun Kerentanan Fisik, Kerentanan Ekonomi dan Kerentanan Sosial, dengan membagi setiap kerentanan menjadi 5 kelas yang telah di tentukan, maka dengan mengacu pada jarak interval tersebut jumlah nilai dalam setiap kelas kerentanan, hingga didapatkan wilayah yang memiliki tingkat kerentanan yang berbeda. Hasil analisa ini menunjukkan bahwa wilayah pesisir Kabupaten Tuban memiliki tingkat kerentanan wilayah yang cukup tinggi.

Hal ini dapat ditunjukkan dengan keberadaan wilayah-wilayah yang berbatasan langsung dengan pantai memiliki indeks kerentanan tinggi, rentan tinggi (3,02 – 3,30) dan sangat rentan (3,30 – 3,58). Hal ini dipengaruhi oleh aspek fisik wilayah pesisir yang memiliki kelandaian rendah. Sedangkan wilayah yang memiliki tingkat kerentanan yang sedang (2,73 – 3,02), terdapat di wilayah Kecamatan Jenu, memiliki tingkat kelandaian pantai yang curam. Hal ini mengindikasikan bahwa wilayah pesisir Kabupaten Tuban memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap potensi bahaya kenaikan muka air laut di wilayah penelitian.

Arahan Zonasi Wilayah Pesisir



Gambar 2 Zonasi Wilayah Pesisir

Peta Zonasi (*zoning map*) dihasilkan dari proses *overlay* dari peta Rencana Pola Ruang RTRW Kabupaten Tuban Tahun 2009 – 2029 dan peta Kawasan Lindung Wilayah Pesisir Kabupaten Tuban. Masing-masing arahan pemanfaatan zona sesuai dengan ketentuan mengenai penyusunan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K) Kab/Kota yang dikeluarkan oleh Direktorat Tata Ruang Laut Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil Direktorat Jenderal Kelautan Pesisir Dan Pulau-pulau Kecil Kementerian Kelautan Dan Perikanan Tahun 2010.

Kawasan Pemanfaatan Alur terdiri atas 3 (tiga) wilayah alur, yaitu Alur Pelayaran Perikanan Tangkap < 4 mil Laut (44.592,15 ha), Alur Pelayaran Industri Tambang (431,71 ha), dan Alur

Pelayaran Wisata Bahari (601,96 ha). Kawasan pemanfaatan alur ini didapatkan dengan memanfaatkan wilayah pengelolaan laut kabupaten/kota menurut UU No. 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Kawasan Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, yaitu 4 mil laut yang merupakan sepertiga dari wilayah pengelolaan pemerintah propinsi (12 mil laut).

Aturan Zonasi (Zoning Text)

Penerapan aturan zonasi (*Zoning Text*) di wilayah pesisir Kabupaten Tuban mempertimbangkan faktor kerentanan wilayah pesisir, hingga didapatkan arahan yang terbaik kawasan pemanfaatan yang terdapat di wilayah pesisir Kabupaten Tuban.

Tabel 10 Aturan Zonasi Wilayah Pesisir Kabupaten Tuban

| No. | Kawasan Pemanfaatan | Arahan Pemanfaatan | | Keterangan |
|-----|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---|
| | | Zona | Sub-Zona | |
| 1. | Pemanfaatan Umum | Perikanan Budidaya | Pertambakan | [] Kawasan budidaya tambak yang di rencanakan merupakan wilayah tambak yang sudah ada, konsep budidaya dapat berupa tambak peneluran bibit ataupun pembiakan. Hewan yang dibudidayakan berupa hewan air laut dan air tawar, terutama ikan, udang, serta kerang. [] Tambak yang terdapat di wilayah Kecamatan Palang, tepatnya di Desa Karangagung, Pliwetan, Gepokrejo dan Ketambul perlu memperhatikan komposisi dan kualitas air, terkait dengan wilayah yang jauh dari pantai, dan disesuaikan dengan bibit yang dibudidayakan. [] Bagi tambak yang terdapat di wilayah potensi kenaikan muka air laut dilakukan kegiatan proteksi dengan pembangunan <i>sea wall</i> . [] Pengaturan permukiman nelayan yang ada dengan tidak menambah permukiman baru lagi, batas permukiman sesuai dengan batas yang telah ditetapkan, aktifitas budidaya di kawasan permukiman juga di atur lebih ketat agar tidak mengganggu ekosistem kawasan penyangga sebagai kawasan intertidal antara kawasan pesisir dengan kawasan perkotaan. [] Bagi permukiman yang terdapat di wilayah potensi kenaikan muka air laut dilakukan kegiatan proteksi dengan pembangunan <i>sea wall</i> . |
| | | | Permukiman Desa/Kampung Nelayan | |
| | | Permukiman Desa/Kampung Non Nelayan | Permukiman Desa/Kampung Non Nelayan | |

Lanjutan Tabel 10

| No. | Kawasan Pemanfaatan | Arahan Pemanfaatan | | Keterangan | |
|-------|--|--------------------|----------------------|--|--|
| | | Zona | Sub-Zona | | |
| 2. | Konservasi | Sempadan | Permukiman Perkotaan | Merupakan wilayah yang terdapat di wilayah pusat kota ibukota Kabupaten Tuban di Kecamatan Tuban. Bagi permukiman yang terdapat di wilayah potensi kenaikan muka air laut dilakukan kegiatan proteksi dengan pembangunan <i>sea wall</i> . | |
| | | | Industri | Rencana Industri Perikanan | Kawasan yang telah ditetapkan RTRW Kabupaten Tuban 2009 – 2029, bagi pengembangan kawasan industri perikanan terpadu di wilayah Kecamatan Bancar tepatnya di Desa Bulujowo, sebagai industri pengolahan hasil laut dan sumber daya alam wilayah tersebut. |
| | | | | Industri Pertambangan | Kegiatan industri yang ada merupakan industri pengolahan batu kapur atau industri pengolahan bahan galian golongan C, di wilayah Kecamatan Tambakboyo (Desa Dasin, Merkambang dan Suwir) dan Kecamatan Jenu (Desa Karangasem) sebagai sumber bahan baku bagi industri semen. |
| | | | | Industri dan Pergudangan | Kegiatan industri dan pergudangan yaitu kawasan gudang bagi transit barang dari luar Kabupaten Tuban, berada di Kecamatan Jenu (Desa Sugihwaras). |
| | | | | PLTU | Berada di Kecamatan Jenu (Desa Wadung dan Kaliuntu), direncanakan sebagai kawasan khusus bagi pengembangan PLTU. |
| | | | Pariwisata | Wisata Budaya | Berupa kawasan pariwisata yang telah ditetapkan oleh pemerintah Kabupaten Tuban, yakni Kawasan Wisata Sunan Bonang di Kecamatan Tuban. Merupakan salah satu tujuan wisata utama rangkaian ziarah Wali Songo di Pulau Jawa. |
| | | | | Pantai Wisata Umum | ☑ Berupa kawasan pariwisata yang telah ditetapkan oleh pemerintah Kabupaten Tuban, yakni Kawasan Wisata Pantai Boom di Kecamatan Tuban. ☑ Kegiatan proteksi dengan pembangunan <i>sea wall</i> perlu dilakukan guna mempertahankan fisik pantai. |
| | | | Pelabuhan | Pelabuhan Khusus | ☑ Merupakan kawasan pelabuhan khusus yang direncanakan di wilayah Kecamatan Jenu (Desa Mentoso) yang berfungsi untuk memenuhi kebutuhan PLTU. |
| | | | | | ☑ Kawasan pelabuhan khusus yang sudah ada di wilayah Kecamatan Jenu (Desa Socorejo), untuk memenuhi kebutuhan distribusi industri semen milik PT. Semen Gresik. |
| | | | | Pelabuhan Perikanan Pantai | Kawasan pelabuhan perikanan terdapat di wilayah Kecamatan Palang (Desa Karangagung) dan Kecamatan Bancar (Desa Bulujowo), yang masuk dalam kawasan rawan bencana terdapat beberapa pengecualian dengan ketentuan syarat : a. Tidak ada penambahan bangunan lagi selain bangunan eksisting pelabuhan perikanan yang ada saat ini b. Konsep akomodasi sebagai upaya mengantisipasi dampak kenaikan muka air laut dengan peninggian bangunan pelabuhan perikanan. |
| | | | Pertanian | Pertanian Non-Sawah | Rencana kawasan pertanian lahan kering berupa kawasan pertanian : kacang tanah, kedelai, jagung, mangga, pisang, umbi-umbian |
| | | | | Pertanian Sawah | Rencana kawasan pertanian lahan basah berupa kawasan pertanian : a. Sawah, padi sepanjang tahun b. Sawah tadah hujan, padi di musim hujan dan sebagai pertanian non-sawah di musim kering |
| | | | Hutan | Hutan Produksi | Merupakan kawasan hutan berupa hutan jati, yang ditetapkan oleh pemerintah Kabupaten Tuban dalam RTRW Kabupaten Tuban tahun 2009-2029 |
| | | | Fasilitas Umum | Perdagangan dan Jasa Stadion | Merupakan kawasan di perkotaan yang berfungsi sebagai pusat perdagangan dan jasa. Merupakan sarana olahraga dan dapat berfungsi sebagai kawasan lindung untuk lahan resapan air/ruang terbuka hijau, terdapat di wilayah Kecamatan Jenu (Desa Sugihwaras). |
| Makam | Merupakan kawasan lindung yang berfungsi sebagai kawasan resapan air. ☑ Kawasan sempadan pantai, ditarik sejauh 75 – 100 m dari garis pasang tertinggi, merupakan kawasan tidak terbangun dan tidak diperbolehkan adanya aktifitas budidaya selain yang berhubungan dengan pesisir, jika terdapat aktifitas budidaya diupayakan tidak menimbulkan tarikan yang besar terhadap aktifitas budidaya yang lainnya. Kawasan ini diupayakan berupa kawasan hutan mangrove. ☑ Kawasan sempadan sungai di kawasan kota sejauh 3 m, dan sungai di luar kota sejauh 50 m diupayakan menjadi kawasan sabuk hijau/ruang terbuka hijau guna menjaga kelestarian dan fisik sungai, serta fungsi dari sungai. | | | | |

Lanjutan Tabel 10

| No. | Kawasan Pemanfaatan | Arahan Pemanfaatan | | Keterangan |
|-----|---------------------|--------------------|--------------------------------|---|
| | | Zona | Sub-Zona | |
| 3. | Alur Pelayaran | Konservasi | Danau | ☒ Kawasan yang semula merupakan permukiman nelayan diupayakan dengan mengadopsi konsep oleh IPPC sebagai upaya mengantisipasi dampak kenaikan muka air laut maka di lakukan strategi proteksi, yaitu dengan membangun (<i>sea wall</i>) dilakukan secara hati-hati dengan tetap mempertimbangkan proses alam yang terjadi sesuai dengan prinsip " <i>working with nature</i> ". |
| | | Perairan | | Kawasan Konservasi Danau, menjadi daerah <i>catchment area</i> / daerah tangkapan air yang terdapat di wilayah sekitarnya. |
| | | Alur Pelayaran | Pelayaran | Area tangkap ikan dan rajungan dengan menggunakan alat tangkap tradisional dan yang lebih modern, dengan kapasitas tangkapan dari kecil hingga menengah, lokasi tangkapan berada di laut lepas dengan kedalaman laut 0 - 20 m dan berjarak 0 - 4 mil laut dari bibir pantai. |
| | | | Perikanan Tangkap < 4 mil Laut | |
| | | | Pelayaran Industri Tambang | Alur pelayaran khusus bagi pelayaran industri tambang dan PLTU. |
| | | | Pelayaran Wisata Bahari | Merupakan alur pelayaran yang dimanfaatkan untuk menunjang kegiatan wisata di Pantai Boom. |

Yang menjadi perhatian utama dalam penerapan Aturan Zonasi (*Zoning Text*) ini adalah keberadaan wilayah-wilayah di sepanjang pesisir pantai yang memiliki aturan tersendiri yang mengikat. Hal tersebut sejalan dengan penetapan teknologi adaptasi kenaikan muka air laut di wilayah pesisir sesuai dengan rekomendasi IPCC (1990), yaitu :

- Akomodatif, dengan Peningkatan Sistem Drainase Permukiman Nelayan. Keberadaan saluran drainase disepanjang jalan-depan permukiman yang menghubungkan dengan saluran drainase primer (sungai) dan dibawah jalan raya, telah melindungi wilayah permukiman ini dari kenaikan muka air laut yang terjadi di setiap angin barat. Dapat mempercepat aliran air menuju saluran primer (sungai) dan pantai.
- Proteksi, dengan pembangunan *sea wall* di wilayah permukiman. Pembangunan *sea wall* ini dimaksudkan untuk melindungi permukiman padat penduduk yg terdapat di wilayah pantai. Hal ini dikarenakan permukiman yang ada telah menjadi permukiman yang sangat *massive* dan mempertahankan sebagai fungsi wilayah permukiman dengan menerapkan aturan yang ketat sehingga tidak ada pengembangan wilayah permukiman baru dan penataan aktivitas budidaya secara jelas.
- Proteksi, dengan pembangunan *sea wall* di wilayah pantai yang berbatasan langsung dengan jalan arteri - pantura karena dapat menghindarkan rusaknya jalan arteri - pantura dari bahaya yang datang dari tengah laut, berupa potensi abrasi dari serangan gelombang pasang dan kenaikan muka air laut.
- Proteksi, dengan perlindungan alami dengan penghijauan kawasan pantai. Optimalisasi lahan yang sempit dengan menanam tanaman pelindung seperti pohon bakau, dapat

memberikan perlindungan yang nyata terhadap struktur keras yang ada di belakangnya. Meskipun membutuhkan waktu yang cukup lama untuk bertumbuh, namun sangat efektif dan bermanfaat bagi ekosistem pantai dari pada mengandalkan proteksi dari struktur keras saja, dan dapat memberikan dampak yang baik dalam perlindungan konstruksi jalan dan jembatan di jalur arteri - pantura.

KESIMPULAN

Berdasarkan paparan di atas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Kenaikan muka air laut sesuai dengan hasil perhitungan, menyebabkan wilayah dengan potensi tergenang pada tahun 2100 (1.021 mm) seluas 565,80 ha, dengan wilayah permukiman (115,90 ha) menjadi wilayah yang menjadi perhatian utama karena hampir seluruh kegiatan masyarakat terdapat di wilayah permukiman.
- b. Berdasarkan hasil analisa Kerentanan Wilayah, diperoleh bahwa sebagian besar wilayah yang memiliki kerentanan sedang hingga kerentanan sangat tinggi terdapat di wilayah pesisir yang berbatasan langsung dengan pantai.
- c. Perlu dilakukan kegiatan Akomodatif dan Proteksi yang sistematis, agar wilayah pesisir di Kabupaten Tuban dapat terlindungi dan penggunaan lahan yang ada dapat bertahan serta berfungsi sesuai dengan yang ada saat ini.

Mengingat terbatasnya data yang tersedia dan peraturan perundangan yang menaungi kebijakan perwilayahan di kawasan pesisir, maka perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait penetapan zonasi di daratan dan perairan, dimana masih menjadi perdebatan terkait dengan pemanfaatan zona dan integrasi dengan wilayah di sekitarnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Pimpinan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya yang telah memfasilitasi sehingga selesainya penelitian ini. Secara khusus penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Budiono, Isnani Srawonowati dan Wahyu Eko Adi Saputro yang telah terlibat aktif dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- BPPT 2008, IAGI : Tata Ruang Wilayah Pesisir Teluk dan Pantai Perlu Dibenahi. [http : //www.coastal-hazard.blogspot.com/](http://www.coastal-hazard.blogspot.com/) diakses 19 April 2014
- Brooks, N., Nicholls, R., Hall, J., 2006. *Sea Level Rise : Coastal Impacts and Responses*. Berlin : Norwich.
- Direktorat Jenderal Cipta Karya Departemen Pekerjaan Umum, 1987. Pengesahan 33 Standar Konstruksi Bangunan Indonesia. Keputusan Menteri PU No. 378/KPTS/1987. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Penataan Ruang Departemen Pekerjaan Umum, 2007. *Pedoman Pemanfaatan Ruang Tepi Pantai*. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Penataan Ruang Departemen Pekerjaan Umum. 1993. Garis Sempadan Sungai, Daerah Manfaat Sungai, Daerah Penguasaan Sungai dan Bekas Sungai. Peraturan Menteri PU No. 63 Tahun 1993. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Pesisir dan Pulau-pulau Kecil Departemen Kelautan dan Perikanan. 2004. *Pedoman Mitigasi Bencana Alam Di Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil*. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Pesisir dan Pulau-pulau kecil Departemen Kelautan dan Perikanan, 2002. *Pedoman Umum Penataan Ruang Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil*. Keputusan Menteri Perikanan dan Kelautan No. KEP. 34/MEN/2002. Jakarta.
- Direktorat Tata Ruang Laut Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil Direktorat Jenderal Kelautan Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil, 2010. *Penyusunan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil RZWP3K Kab/Kota*. Jakarta.
- Fahruri, S., 2007. Studi Tata Guna Lahan Kawasan Pesisir Teluk Prigi-Trenggalek Berbasis Indeks Kerentanan Bencana. Tesis Magister Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Gao, S., and Collins, M.B., 1995. On The Physical Aspects Of The 'Design With Nature' Principle In Coastal Management. *Jurnal Ocean & Coastal Management*, Vol. 26, No. 2, pp. 163-175.
- Gornitz,V., T.W. Beaty, R.C. Daniels, 1997. *A Coastal Hazards Database of The U.S.* Westcost. Tennessee.
- Laporan Akhir Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Tuban Tahun 2009 – 2029. Tuban. Lembaga Presiden. 1990. Pengelolaan Kawasan Lindung. Keputusan Presiden No. 32 Tahun 1990. Jakarta.
- Manurung, Parluhutan. 2008. Ancaman Global Warming Kian Nyata. Artikel Iptek pada Kementerian Riset dan Teknologi. [http : //www.ristek.go.id/](http://www.ristek.go.id/) diakses 11 April 2014
- Miladan, Nur 2009. Kajian Kerentanan Wilayah Pesisir Kota Semarang Terhadap Perubahan Iklim. Tesis Magister Teknik Pembangunan Wilayah Dan Kota Universitas Diponegoro. Semarang.
- Nurmaulia, S.L., Prijatna, K., Darmawan, D., Sarsito, D.A., 2005. Studi Awal Perubahan Kedudukan Muka Laut (Sea Level Change) Di Perairan Indonesia Berdasarkan Data Satelit Altimetri Topex (1992-2002), *Jurnal Ilmiah Geomatika*. Vol.11 No.2, Des 2005.
- Suprijanto, Iwan., 2005. Karakteristik Spesifik, Permasalahan Dan Potensi Pengembangan Kawasan Kota Tepi Laut/Pantai (Coastal City) Di Indonesia. *Proceeding - Studi Dampak Timbal Balik Antar Pembangunan Kota dan Perumahan di Indonesia dan Lingkungan Global*.
- Susandi, A., Herlianti, I., Tamamadin, M., 2008. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Ketinggian Muka Laut Di Wilayah Banjarmasin. [http : //armisusandi.com](http://armisusandi.com) (diakses 15 April 2014)
- Sutrisno, D., Pariwono, J., Rais, J., Kusumastanto, T., 2005. Dampak Kenaikan Muka Laut Pada Pengelolaan Delta : Studi Kasus Penggunaan Lahan Tambak Di Pulau Muaraulu Delta Mahakam, *Jurnal Ilmiah Geomatika*. Vol. 11 No. 1, September 2005
- Undang-Undang RI No. 27 Tahun 2007, Pengelolaan Kawasan Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. Jakarta
- Yanuar, Yan Yan., 2008. Studi Kerentanan Bencana Alam Wilayah Pesisir Pantai Barat Kabupaten Serang Provinsi Banten Berbasis Sistem Informasi Geografis. Tesis Magister Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.