

Erosi Pantai, Ekosistem Hutan Bakau dan Adaptasi Masyarakat Terhadap Bencana Kerusakan Pantai Di negara Tropis

(Coastal Erosion, Mangrove Ecosystems and Community Adaptation to Coastal Disasters in Tropical Countries)

Aji Ali Akbar^{1,*}), Junun Sartohadi²⁾ , Tjut Sugandawaty Djohan³⁾, Su Ritohardoyo²⁾

¹⁾ Faculty of Engineering Tanjungpura University Pontianak, 78124

²⁾ Faculty of Geography Gadjah Mada University Yogyakarta, 55281

³⁾ Faculty of Biology Gadjah Mada University Yogyakarta, 55281

^{*}) author correspondence. Hp: 081352078555. E-mail: aji.ali.akbar.2011@gmail.com.

ABSTRAK

Tulisan ini bertujuan untuk mengkaji terjadinya kerusakan lingkungan pantai di negara tropis dan sebagian negara subtropis akibat perilaku manusia. Perilaku manusia yang menyebabkan kerusakan lingkungan adalah memanfaatkan sumberdaya alam pesisir tanpa memperhatikan keberlanjutan sumber daya alam dan daya dukung lingkungannya. Kerusakan lingkungan pantai yang umum terjadi di negara tropis dan sebagian subtropis adalah erosi pantai dan degradasi ekosistem hutan bakau. Kerusakan lingkungan pantai ini akibat alih fungsi lahan menjadi jaringan jalan, permukiman, lahan pertanian/ perkebunan, pertambangan, dan pertambangan pasir. Kerusakan lingkungan pantai mempengaruhi kondisi sosial ekonomi masyarakat setempat seperti hilangnya badan jalan, permukiman, lahan pertanian, dan fasilitas umum akibat abrasi pantai. Upaya penanggulangan kerusakan lingkungan pantai sebagai bagian dari adaptasi manusia mempertahankan kehidupannya berupa pembangunan pemecah gelombang (breakwaters) dan rehabilitasi ekosistem hutan bakau. Upaya penanggulangan bencana tersebut tentunya membutuhkan biaya yang besar dan waktu lama daripada upaya pencegahan. Oleh karena itu, perubahan pola pikir baik pemerintah dan masyarakat dalam memanfaatkan, mengelola dan melestarikan sumber daya alam perlu ditingkatkan melalui perbaikan informasi, ilmu pengetahuan, dan strategi perencanaan yang holistik.

Kata kunci: erosi pantai, kerusakan ekosistem hutan bakau, alih fungsi lahan, pemecah gelombang, rehabilitasi

ABSTRACT

This paper aims to assess the coastal degradation in tropical and subtropical countries in part due to human behavior. Human behavior is causing coastal degradation is to utilize natural resources without regard to the sustainability of coastal natural resources and the carrying capacity of the environment. Degradation of coastal common in most tropical and subtropical countries are coastal erosion and degradation of mangrove ecosystems. This coastal degradation as a result of land conversion into roads, settlements, agricultural/ plantation, aquaculture, and sand mining. Coastal degradation affects the socio-economic conditions of local communities such as loss roads, settlements, land and public facilities as a result of coastal erosion. Efforts to cope to the coastal degradation as part of human adaptation to sustain life in the form of construction of breakwaters and rehabilitation of mangrove ecosystems. The disaster relief certainly require a plenty of cost and time than prevention. Therefore, changes in the mindset of both the government and the public in using, managing and conserving natural resources should be increased through improvement of information, knowledge, and holistic planning strategies.

Keywords: coastal erosion, mangrove ecosystem degradation, land use, breakwaters, rehabilitation

Cara sitasi: Akbar,A.,A., Sartohadi., J., Djohan, T.S. and Ritohardoyo, S. (2017). Erosi Pantai, Ekosistem Hutan Bakau dan Adaptasi Masyarakat Terhadap Bencana Kerusakan Pantai Di negara Tropis. Jurnal Ilmu Lingkungan,15(1),1-10, doi:10.14710/jil.15.1.1-10

1. PENDAHULUAN

Lingkungan pesisir berperan penting dalam kehidupan manusia di negara - negara Asia Pasifik, karena hampir 70 % populasi manusia atau sekitar 3 milyar orang di negara tersebut mendiami daerah pesisir (Kay dan Alder 2005). Degradasi lingkungan kepesisiran banyak terjadi di daerah yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi seperti di Beijing (Yan dan Xu 2010), Mumbai (Kulkarni dkk. 2010),

Jakarta (Ward dkk. 2011), dan Semarang (Marfai dkk. 2008a), seperti terjadinya erosi pantai. Erosi pantai merupakan salah satu dinamika pantai yang terjadi secara alami (Bird 2008; Alongi 2008). Berdasarkan konsep neraca sedimen oleh Bird (2008), terjadinya erosi pantai akibat ketidak-seimbangan masukan dan hilangnya material di lokasi tersebut. Faktor alami yang mempengaruhi erosi pantai adalah faktor klimatologi (Day dkk. 2008; Parvin dkk. 2008; Bird

2008; Day dkk. 2008) dan tektonik (Marfai dan King 2008; Marfai dkk. 2008a,b; Parvin dkk. 2008; Kulkarni dkk. 2010; Marshall dkk. 2011; Ward dkk. 2011). Pantai dapat mengalami erosi dan akresi yang terjadi silih berganti menurut waktu secara alami. Namun demikian, erosi pantai yang diperparah akibat aktivitas manusia mengalih-fungsikan ekosistem pantai seperti hutan bakau, padang lamun, dan gumuk pasir menjadi lahan pertanian lahan kering, permukiman, dan ekstensifikasi pertambakan merupakan permasalahan serius di daerah pesisir.

Prilaku manusia mengalih-fungsikan ekosistem pantai hanya untuk tujuan ekonomi semata tanpa mempertimbangkan pengaruh negatif jangka panjang (longterm effect). Namun, ketika erosi pantai akibat faktor alam, intervensi dilakukan reklamasi pantai ditujukan pada pembangunan manusia dengan pertimbangannya adalah kepentingan ekonomi yang terancam (Ghazali 2006). Di negara – negara tropis dan sebagian negara subtropis, kerusakan lingkungan pesisir yang mendominasi adalah erosi pantai dan kerusakan ekosistem hutan bakau. Kerusakan lingkungan pesisir dalam jangka panjang mengakibatkan penurunan kondisi sosial ekonomi masyarakat dengan indikasi hilang dan rusaknya: lahan pertanian, permukiman penduduk, dan sarana – prasarana publik (Akbar dkk. 2008).

Tanggapan pemerintah dan masyarakat sebagai upaya merehabilitasi lingkungan pesisir adalah mengkonstruksi pemecah gelombang (breakwaters), dan menanam *Rhizophora* sp. di areal pantai yang mengalami erosi. Upaya rehabilitasi ini bertujuan untuk melindungi badan jalan, permukiman, dan lahan pertanian penduduk. Pengetahuan, persepsi, serta partisipasi pemerintah – masyarakat sangat mempengaruhi tingkat keberhasilan rehabilitasi lingkungan pesisir. Rehabilitasi lingkungan pesisir bertujuan pula memulihkan kondisi sosial ekonomi masyarakat setempat. Masyarakat yang memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi maka dapat mengelola sumber daya alam yang terbatas guna memenuhi kebutuhan hidupnya. Adanya penguatan kapasitas masyarakat dan program kerja yang terintegrasi antara pemerintah-LSM-akademisi-Masyarakat, akan berperan penting dalam meningkatkan keberhasilan rehabilitasi ekosistem pantai. Disamping penguatan kapasitas masyarakat, ketersediaan data dan informasi yang lengkap mengenai kepesisiran akan membantu pengelolaan sumberdaya pesisir.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, kajian ini mempertanyakan 1) faktor alami apa saja yang mempengaruhi terjadinya erosi pantai dan kerusakan ekosistem hutan bakau? 2) Bagaimana perilaku manusia yang menyebabkan kerusakan alami pantai menjadi lebih parah? 3) Faktor apa saja yang mempengaruhi manusia untuk melakukan adaptasi terhadap kerusakan lingkungan? 4) Bagaimana pengelolaan rehabilitasi dan konservasi sumber daya alam pesisir?.

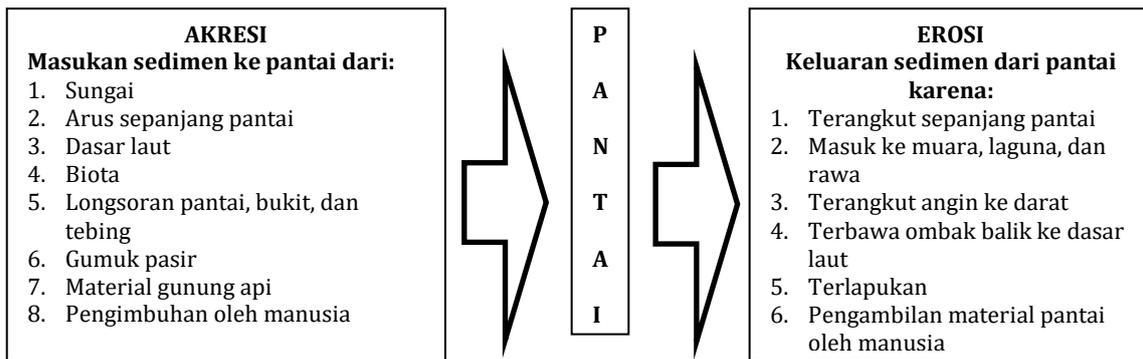
2. METODE PENELITIAN

Kajian ini menggunakan pendalaman literatur dengan mengintegrasikan konsep pada pemikiran Mitsch dan Gosselink (2000) dalam buku *WETLANDS* tentang ekosistem hutan bakau (mangrove ecosystem) dengan konsep konservasi dalam *BIOLOGI KONSERVASI* oleh Indrawan dkk. (2007). Mitsch dan Gosselink (2000) menyatakan bahwa suatu vegetasi sangat dipengaruhi habitatnya, dan hubungannya saling mempengaruhi. Sedangkan, Indrawan dkk. (2007) menyatakan bahwa konservasi harus dapat memperhatikan kesejahteraan sosial ekonomi masyarakat. Kedua konsep ini apabila diintegrasikan secara komprehensif dalam multi dimensi spasial dan temporal, akan menghasilkan suatu konsep yang terintegrasi dan komprehensif berdasarkan ruang fisik, ruang sosial budaya ekonomi masyarakat, dan temporal. Guna mepedalam kajian ini pengkayaan literatur berupa jurnal terkini menggunakan domain jurnal Scopus dan Elsevier, selanjutnya untuk literatur yang telah lama menggunakan domain JStor. Kata kunci yang digunakan untuk pencarian literatur adalah: coastal erosion, beach erosion, coastal abrasion, breakwater, mangrove degradation, , rehabilitation, adaptation.;

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Erosi Pantai – Erosi pantai merupakan perubahan dataran pantai yang menyebabkan mundurnya garis pantai (Bird 2008; Alongi 2008; Ongkosongo 2010). Faktor – faktor yang mempengaruhi erosi pantai adalah: 1) faktor klimatologi seperti perubahan iklim (Day dkk. 2008), badai (Parvin dkk. 2008), gelombang (Bird 2008; Marfai dkk. 2008a; Day dkk. 2008), peningkatan muka air laut (Day dkk. 2008), perpindahan sudut datang gelombang, pasang surut, dan ketidakseimbangan neraca sedimen (Bird 2008). 2) faktor tektonik, seperti: uplift dan subsidence; serta 3) faktor perilaku manusia yang mempercepat perubahan lingkungan (Marfai dan King 2008; Marfai dkk. 2008a,b; Parvin dkk. 2008; Day dkk. 2008; Kulkarni dkk. 2010; Marshall dkk. 2011; Ward dkk. 2011). Ketidakseimbangan neraca sedimen pantai terutama akibat aktivitas manusia penambangan pasir (Bird 2008), penanggulangan pantai (Ongkosongo 2010), dan konstruksi bendungan yang mengurangi sedimentasi dan mengganggu aliran air di muara sungai dan pantai (Palanques dan Guillen 1998).

Indikator pantai mengalami erosi, menurut Bird (2008) antara lain 1) pantai berbentuk cekung dengan tersingkapnya batuan dan lahan berlumpur di pantai, 2) tampak material batuan penyusun pantai belakang, dan 3) kenampakan zona vegetasi pantai terpotong erosi. Bentuk pantai banyak dipengaruhi naik – turun muka air laut, endapan sedimen dari material di sekitarnya, namun pengecualian pada proses pembentukan delta di muara sungai. Pengaruh geologi pantai menentukan pola singkapan batuan di pantai, dasar laut, bagian hulu, dan pergerakan kulit bumi.



Gambar 1. Neraca sedimen di pantai dimodifikasi dari Bird (2008). Neraca sedimen menggambarkan proses input dan output material pantai yang mempengaruhi dinamika pantai.

B. Pengaruh kondisi oseanografi terhadap erosi pantai – kondisi oseanografi dikaji berdasarkan parameter gelombang laut dan pembangkitnya, deformasi gelombang, gelombang pecah, serta arus laut; yang mempengaruhi erosi dan sedimentasi di pantai.

Gelombang laut dan pembangkitnya – Gelombang laut merupakan salah satu faktor yang menyebabkan erosi dan pengendapan di pantai. Gelombang laut dipengaruhi oleh luasan permukaan laut yang terkena angin – fetch (Pinet 2009), lamanya tiupan, dan kecepatan angin. Hal ini karena pada fetch sekitar 500 km dapat membangkitkan gelombang laut setinggi 20 m dengan kecepatan lebih dari 80 km / jam (Bird 2008). Angin dapat mengubah energi potensial angin menjadi energi kinetik air laut pada gelombang (Davidson-Arnot 2010). Pembangkitan gelombang dipengaruhi pula oleh gerak tektonik, dan gravitasi matahari – bulan (Garrison 2009).

Deformasi gelombang dan gelombang pecah – Perubahan cepat rambat gelombang karena adanya hambatan yang mempengaruhi bentuk gelombang disebut Deformasi gelombang. Deformasi gelombang antara lain refraksi gelombang. Refraksi gelombang terjadi karena pengaruh perubahan kejelukan dasar laut yang mengakibatkan garis puncak gelombang berbelok sejajar batimetri, arah gelombang juga berbelok ke arah tegaklurus batimetri, dan terjadinya gelombang pecah (breakers) di pantai (Pinet 2009).

Gelombang pecah dibedakan berdasarkan tinggi, panjang, dan sudut datang gelombang ke arah pantai (Pinet 2009), yaitu tipe: melimpah (spilling breakers), menunjam (plunging breakers), dan menyentak (surging breakers). Gelombang pecah dipengaruhi oleh (1) angin lokal, (2) perubahan muka air laut, (3) arus laut, (4) kemiringan dan topografi pantai, serta (5) bentuk garis pantai. Tipe melimpah dan tipe menyentak bersifat membangun pantai karena membawa sedimen ke pantai. Sebaliknya, tipe menunjam menyebabkan erosi pantai karena mempunyai energi gelombang balik (backswash) yang lebih besar daripada gelombang datangnya (swash) (Bird 2008).

Arus laut – Arus laut merupakan aliran air akibat bangkitan tiupan angin, pasang surut, perbedaan konsentrasi air, perbedaan suhu air, dan aliran air sungai yang bermuara di laut. Arus laut akibat pasang surut (pasut) air laut merupakan efek gaya gravitasi bulan dan matahari terhadap bumi sepanjang pantai. Rotasi bulan menyebabkan pasut jenis semidiurnal dimana terjadi dua kali pasang tertinggi dan dua kali surut terendah pada siklus 25 jam. Rotasi matahari terhadap bumi mengakibatkan pasang surut tipe diurnal yang terjadi satu kali pasang tertinggi dan surut terendah setiap 24 jam seperti terjadi di laut Karibia, perairan utara Jawa, dan perairan Filipina. Periode pasang surut dalam waktu satu hari (24 jam) lebih lambat 50 menit setiap hari (Bird 2008). Efek gaya gravitasi bulan diperkirakan 2,2 kali lebih besar daripada pengaruh gaya gravitasi matahari (Triatmodjo 2012).

Kecepatan arus pasut di pantai yang terbuka sekitar 3 km/jam, sebaliknya ketika melewati celah antar pulau atau memasuki muara sungai maka kecepatannya melebihi 20 km/jam. Kuat arus tertinggi terjadi ketika pasang purnama (spring tides) karena terjadi perpindahan massa air yang sangat besar. Kuat arus akibat pasut tidak memberikan efek yang besar terhadap perubahan morfologi pantai, tetapi arus pasut membawa sedimen sepanjang daerah dekat – pantai (nearshore) yang berperan penting sebagai agen pembentuk topografi (Bird 2008).

C. Ekosistem Hutan Bakau – Ekosistem hutan bakau (mangrove) merupakan komunitas tumbuhan yang melindungi daerah pesisir tropis dan subtropis dari gelombang, badai, tsunami, dan erosi (Blasco dkk. 1996; Ewel dkk. 1998; Rönnbäck 1999; Sathirathai dan Barbier 2001; Mazda dkk. 2006; Thampanya dkk. 2006; Walters dkk. 2008). Penamaan hutan bakau berdasarkan penjelasan Djohan dkk. (2015) mengenai penyebutan oleh nenek moyang Bangsa Indonesia untuk hutan di daerah rawa pasang surut muara sungai dan pantai. Sedangkan kata “mangrove” berasal dari kata “mangue” untuk pohon dalam bahasa portugis, dan grove untuk tegakan dalam

bahasa Inggris (Mitsch dan Gosselink 2000). Peran hutan bakau sebagai pelindungi pantai karena sistem perakaran dan batang vegetasi bakau yang dapat mereduksi kuat arus dan energi gelombang. Struktur hutan bakau spesies *Sonneratia* dengan ketebalan 100 m, sistem perakarannya mampu mereduksi energi gelombang hingga 45%, bahkan ketika tinggi gelombang hingga tajam maka susunan daunnya mampu mereduksinya hingga 50% (Mazda dkk. 2006).

Efisiensi mereduksi energi gelombang oleh hutan bakau tergantung pada spesies penyusun ekosistem, kondisi komunitas vegetasi, kedalaman air, dan kondisi gelombang yang terjadi (Mazda dkk. 2006; Walters dkk. 2008) yang saling bersinergis. Hutan bakau juga berfungsi menjaga kualitas air (Rönnbäck 1999) serta mendukung perikanan di ekosistem pesisir dan lepas pantai (Rönnbäck 1999; Walters dkk. 2008). Selain itu, hutan bakau bermanfaat langsung sebagai sumber bahan makanan, bahan bangunan, bahan bakar, dan bahan obat-obatan (Walters dkk. 2008).

Valuasi peran hutan bakau menjaga kestabilan lahan dan melindungi pantai tererosi di Thailand diprediksi sebesar US\$ 11,67 m⁻¹ dengan ketebalan vegetasi hutan bakau 75 m. Nilai ini lebih menguntungkan daripada mengkonstruksi bangunan pemecah gelombang berbiaya US\$ 875 m⁻¹. Keuntungan finansial bersih dari tambak udang selama lima tahun di Thailand bervariasi antara US\$ 7700 - 8300 ha⁻¹tahun⁻¹ (Sathirathai dan Barbier, 2001). Namun dampak dari konstruksi tambak yaitu kondisi tanah sangat asam, padat, dan miskin hara sehingga sulit untuk kegunaan lainnya (Ewel dkk. 1998; Rönnbäck 1999; Walters dkk. 2008). Setiap 1 km² tambak intensif minimal merusak 1,44 km² ekosistem hutan bakau (Thampanya dkk. 2006) dengan waktu merestorasi hutan bakau pasca tambak selama 6 - 20 tahun (Sathirathai dan Barbier 2001). Berarti, umur merestorasi hutan bakau pasca tambak lebih besar 400% daripada umur produktifnya. Pembukaan ekosistem hutan bakau yang sangat luas dapat mengurangi jumlah dan kualitas benih alami untuk budidaya tambak, serta masuknya spesies baru intruder dan membawa penyakit kedalam ekosistem (Rönnbäck 1999).

D. Penyebab Kerusakan Ekosistem Hutan Bakau - Perubahan lingkungan pantai yang ekstrim dapat memperparah kerusakan hutan bakau meskipun ekosistem ini mempunyai daya adaptasi tinggi. Hutan bakau mampu beradaptasi (Alongi 2008) karena mempunyai: 1) cadangan nutrisi yang dapat mengembalikan nutrisi yang hilang, 2) nilai dekomposisi mikroba dan nutrisi yang tinggi, 3) kontrol biotik yang efisien, 4) kemampuan merekonstruksi dan merehabilitasi diri pasca bencana, 5) banyak spesies kunci yang dapat merestorasi dan memulihkan ekosistem, serta 6) memiliki persistensi yang tinggi. Kemampuan Hutan bakau merehabilitasi secara alami (Smith dkk. 1994;

Alongi 2008) diperkirakan dalam kurun waktu hingga 17 bulan (Roth 1992). Kemampuan adaptasi hutan bakau ini memiliki keterbatasan terhadap efek peningkatan muka air laut, peningkatan kadar CO₂ di atmosfer, peningkatan suhu dan perubahan pola cuaca (Alongi 2008), badai (Roth 1992; Sherman dkk. 2001), halilintar (Smith dkk. 1994); kejadian uplift dan subsidence, serta tenaga air yang menyebabkan erosi dan sedimentasi (Blasco dkk. 1996; Alongi 2008).

Angin ribut, badai dan halilintar - Periode kerusakan hutan bakau akibat angin ribut, badai, dan halilintar mempengaruhi rendahnya komposisi struktur vegetasi untuk mencapai klimaks (Roth 1992), distribusi umur dan ukuran pohon, komposisi hutan bakau, biomassa hutan bakau, keragaman jenis hayati, struktur kanopi, dan suksesi komposisi spesies (Sherman dkk. 2001). Dinamika pemulihan hutan bakau menunjukkan bahwa densitas pohon menurun dengan bertambahnya umur, sehingga hutan bakau memiliki kerapatan yang rendah tetapi diameter individu yang semakin besar. Disamping itu, perubahan iklim juga mengakibatkan 10 - 15 % kerusakan hutan bakau (Alongi 2008).

Muka air laut - Peningkatan muka air laut normal kisaran 5 - 15 mm tahun⁻¹ terjadi sejak zaman es mencair 18.000 tahun yang lalu (Alongi 2008). Kejadian subsidence sebesar 20 - 100 mm tahun⁻¹ (Marfai dan King 2007) dapat meningkatkan muka air laut sebesar 53 mm tahun⁻¹ di Paparan Sunda utara Jawa (Alongi 2008). Peningkatan muka air laut yang tidak normal seperti di utara Jawa, dapat memusnahkan hutan bakau secara masal karena hutan bakau hanya mampu merespon peningkatan muka air laut sekitar 10 - 15 mm tahun⁻¹ (Jimenez dkk. 1985). Kematian ribuan hektar hutan bakau di Gambia karena setiap minggu mengalami peningkatan muka air laut sekitar 1 cm (Blasco dkk. 1996). Pola adaptasi hutan bakau cenderung menuju daratan ketika terjadi peningkatan muka air laut. Terjadinya uplift menyebabkan hutan bakau tersukses oleh vegetasi daratan karena hilangnya penggenangan oleh pasang surut laut (Alongi 2008).

Erosi dan sedimentasi - Erosi pantai merupakan salah satu penyebab kerusakan hutan bakau (Jimenez dkk. 1985; Rönnbäck 1999). Erosi pantai dapat dipengaruhi akibat penggerusan pasang surut (Jimenez dkk. 1985), besaran fetch, panjang pantai, serta diperparah aktivitas manusia mengkonstruksi tambak udang dan bendungan serta merusak daerah aliran sungai (Thampanya dkk. 2006). Akselerasi sedimentasi yang tinggi juga menyebabkan kematian masal hutan bakau. Kematian ini karena sedimentasi mengurangi pertukaran udara pada sistem perakaran (Jimenez dkk. 1985) dimana lentisel di pneumatophores, akar, dan semai hutan bakau tertutup sedimen (Ewel dkk. 1998). Tanpa dampak ekstrim aktivitas manusia tersebut, erosi dan sedimentasi merupakan suatu siklus alami yang menyebabkan hutan bakau hadir dan menghilang (Jimenez dkk. 1985; Alongi 2008).

Bendungan dan tambak intensif – Aktivitas manusia, berwujud perluasan permukiman, pembuatan jaringan jalan, perluasan lahan pertanian – tambak udang intensif, dan pembangunan bendungan; telah memperparah kerusakan ekosistem hutan bakau (Ewel dkk.1998; Rönnback 1999; Sathirathai dan Barbier 2001; Thampanya dkk. 2006; Walters dkk. 2008). Perluasan tambak udang intensif mengakibatkan rusaknya 50% luasan hutan bakau (Rönnback 1999; Primavera dan Esteban 2008; Walters dkk. 2008). Perubahan lingkungan secara luas mengurangi kelestarian dan meningkatkan resiko kepunahan spesies (Erwin 2009).

Konstruksi bendungan menyebabkan kurangnya suplai air tawar di muara sehingga salinitas menjadi lebih tinggi dan suplai sedimen berkurang (Erwin 2009). Perubahan salinitas berpengaruh terhadap komposisi vegetasi hutan bakau sebagai respon terhadap perubahan salinitas. Kurangnya suplai sedimen di muara menyebabkan erosi menjadi lebih besar (Thampanya dkk. 2006; Erwin 2009). Besarnya erosi menyebabkan degradasi lahan dan mematikan hutan bakau. Upaya pemulihan hutan bakau secara alami sulit terjadi karena dampak aktivitas manusia menyebabkan hutan bakau rusak secara kronis yang mengubah sistem ekologi (Jimenez dkk. 1985) karena neraca erosi – sedimentasi alami terganggu (Bird 2008)

Tambak udang intensif telah menyebabkan degradasi hutan bakau beberapa dasawarsa terakhir (Blasco dkk.1996; Ewel dkk. 1998; Rönnback 1999; Sathirathai dan Barbier 2001; Thampanya dkk. 2006; Walters dkk. 2008). Tingginya harga pasar dan meningkatnya permintaan komoditi udang *Peneaus* merupakan faktor utama ledakan tambak (Rönnback 1999; Thampanya dkk. 2006; Walters dkk. 2008). Siklus produktif tambak yang hanya lima tahun mengakibatkan ekstensifikasi tambak baru tanpa merehabilitasi tambak non produktif (Sathirathai dan Barbier, 2001), malahan di Kalbar siklus tambaknya berkisar 3 – 4 tahun (Akbar dkk. 2008). Bekas tambak menyebabkan tanah menjadi asam dan sulit direhabilitasi (Ewel dkk. 1998), polusi air dan degradasi lahan (Sathirathai dan Barbier 2001). Erosi pantai dapat terjadi akibat kegagalan konstruksi bangunan pantai (Saengsupavanich dkk. 2009).

E. Adaptasi Masyarakat Pesisir—Adaptasi merupakan upaya manusia mengubah kondisi dan struktur mereka secara responsif hingga mampu memelihara keseimbangan sistem alamiah dalam menghadapi perubahan lingkungan. Semakin tinggi tingkat adaptasi manusia, maka semakin besar kemampuannya untuk mempertahankan kehidupannya dan mempengaruhi kelangsungan hidup makhluk lainnya (Rapaport 1999). Namun demikian, adanya perbedaan morfologi suatu wilayah mempengaruhi perbedaan respon manusia (Gilman dkk. 2007). Respon penting manusia terhadap perubahan lingkungan dalam wujud adaptasi dengan meningkatkan kemampuannya guna mengatasi

kedinamisan lingkungan. Perubahan lingkungan seperti terjadinya perubahan garis pantai lebih cepat terjadi karena faktor antropogenik (Palanques dan Guillen 1998). Tingkat dinamika pesisir yang tinggi memerlukan respon masyarakat pesisir yang baik (Marfai dkk. 2008a). Kenyataannya, untuk menentukan solusi yang tepat pada masalah yang spesifik dan merangkai hubungan empiris antara proses dan perubahan merupakan upaya yang tidak mudah dalam pengelolaan daerah pesisir (Bird 2008), sehingga seringkali menimbulkan konflik untuk menentukan metode penanggulangan kerusakan pantai (Saengsupavanich dkk. 2009).

Kajian perilaku adaptif manusia terhadap lingkungannya dapat berupa kajian tanggapan atau respon manusia dengan unit analisis berupa tanggapan dan hasil tanggapannya (Vayda dan McCay 1975). Sasaran pada kajian adaptasi ini lebih ditentukan oleh kondisi permasalahan yang muncul, pelaku atau subyek yang mempengaruhi, obyek yang terpengaruh, dan siapa yang memberikan respon (McCay 1978). Wujud dari tanggapan individu atau kelompok masyarakat berdasarkan pengalaman, pengetahuan, kuantitas dan kualitas sumberdaya alam, serta waktu yang tersedia (Ritohardoyo dkk. 2014). Pengetahuan yang luas mengenai dinamika, multifungsi, dan keterkaitan antar ekosistem berguna untuk mencapai tujuan program restorasi, substitusi, dan berkelanjutan dalam mengatasi kerusakan lingkungan (Moberg dan Ronnback 2003).

Kajian perilaku dan sikap manusia merupakan kajian penting dalam pembahasan adaptasi manusia, selain konsep tanggapan. Kajian perilaku dan sikap manusia perlu ditelaah karena sikap dan perilaku merupakan refleksi dari potensi pendorong yang ada dalam jiwa manusia untuk bereaksi terhadap perubahan lingkungan. Manusia secara individu masih dipengaruhi oleh norma dan konsep yang berlaku dalam masyarakatnya. Oleh karena berkaitan dengan kejiwaan manusia, maka pengaruh mekanisme mental dalam mengevaluasi dan membentuk pandangan yang akan mewarnai perasaan untuk berperilaku dan merespon perubahan lingkungan. Perilaku dan sikap manusia dapat menjelaskan mengapa manusia dapat berperilaku berbeda pada situasi dan kondisi lingkungan yang sama (Azwar 2011).

Sikap dan perilaku manusia – Sikap merupakan kondisi mental dalam menanggapi stimulan yang relatif mendadak dari perubahan lingkungan (Azwar 2011), sehingga sikap dikatakan sebagai tanggapan khusus terhadap suatu stimulus yang berasal dari persepsi, pendirian, dan perasaan manusia terhadap perubahan lingkungan. Sikap dapat berbentuk menolak atau menerima, serta konsep dikotomi lainnya. Oleh karena itu, sikap dapat merefleksikan perilaku manusia yang berpengaruh terhadap lingkungannya.

Salah satu teori untuk memprediksi perilaku manusia adalah “Teori perilaku terencana”. Teori ini dikembangkan oleh Ajzen (Azwar 2011). Faktor niat

tetap merupakan inti teori perilaku terencana ini, namun teori ini menambahkan determinan niat yaitu kendali perilaku yang dihayati (*perceived behavioral control*), selain sikap dan norma subyektif. Sikap terhadap perilaku, menurut teori perilaku terencana, dipengaruhi oleh keyakinan dan pengaruh berbagai keyakinan yang akan menentukan niat dan perilaku tertentu. Kualitas penyerapan informasi seseorang tergantung dimensi kejiwaan dan persepsi terhadap lingkungannya yang tercermin pada keterkaitan persepsi, sikap, niat, dan perilaku yang membentuk tatanan perilakunya (Ancok 2004). Kerusakan pantai seperti kerusakan hutan bakau terjadi karena masyarakat kurang memiliki pengetahuan dan informasi tentang peran penting hutan bakau, sehingga pengelolaannya terabaikan dan tereksplorasi (Ewel dkk. 1998; Rönnbäck 1999; Sathirathai dan Barbier 2001; Thampanya dkk. 2006).

Persepsi manusia – Persepsi dipengaruhi pengetahuan, semakin baik pengetahuan seseorang maka semakin tinggi persepsinya terhadap sesuatu (Ritohardoyo dkk. 2014). Persepsi merupakan proses pembentukan kesan berdasarkan pengamatan atau penalaran terhadap sesuatu yang mempengaruhi fisik dan psikologis sehingga persepsi sangat subyektif. Persepsi mempunyai implikasi terhadap tatanan perilaku sosial yang mempengaruhi kehidupan lingkungan sosial dan biofisik. Jika persepsi positif yang ditimbulkan oleh suatu obyek, maka obyek itu dapat memotivasi tatanan perilaku positif masyarakat terhadap lingkungannya, dan sebaliknya. Wujud persepsi positif terhadap kerusakan lingkungan pesisir adalah tingginya kesadaran masyarakat dalam bentuk partisipasi penanaman hutan bakau seperti di pesisir Thailand karena hutan bakau merupakan sumber kehidupan mereka (Barbier 2006).

Refleksi dari persepsi adalah sikap terhadap perilaku yang terbentuk. Penilaian persepsi berbanding lurus dengan sikap. Disamping itu, persepsi normatif akibat dari perilaku berbeda dengan persepsi akibat perilaku individu, karena persepsi normatif merupakan persepsi terhadap sesuatu oleh orang lain yang dapat mempengaruhi persepsi seseorang. Persepsi normatif akan menimbulkan norma subyektif yang mempengaruhi niat yang melahirkan perilaku seseorang, namun dapat saja terjadi kemungkinan ketidaksesuaian antara sikap dengan perilaku, maupun norma subyektif dengan perilaku. Misalnya ada sikap positif seseorang terhadap pelebaran jalan, namun karena uang ganti terhadap lahan tidak sesuai dengan harapannya, maka niat untuk mendapatkan uang penggantian lahan tersebut ditolaknya. Pada kasus pembebasan lahan tersebut, tindakan penolakan melepaskan lahan dengan uang pengganti yang tidak sesuai harapan merupakan suatu bentuk perilaku. Berdasarkan uraian diatas, dapat dikaji bahwa kedudukan niat dalam mendukung perilaku adalah variabel antara dari faktor – faktor persepsi, sikap, dan norma yang ada dalam masyarakat (Koentjaraningrat 2000; Azwar 2011). Perbedaan

persepsi normatif, persepsi individu, sikap dan perilaku ini dapat menyebabkan terjadinya konflik dalam menentukan metode dalam merehabilitasi kerusakan lingkungan pantai (Saengsupavanich dkk. 2009).

Macam konsep tanggapan berlandaskan pada lima permasalahan pokok dalam kehidupan manusia yang dikenal sebagai kerangka Kluckhohn (Koentjaraningrat 2000) yaitu (1) tanggapan terhadap alam, merupakan respon manusia menghadapi alam dan persepsi tentang alam; (2) tanggapan terhadap hakekat hidup, yang mana semua manusia mempunyai konsep tentang hakekat hidup, arti hidup, tujuan hidup dan bagaimana menjalaninya; (3) tanggapan terhadap sesama manusia, ditunjukkan bahwa peradaban manusia yang menganggap mengikuti budaya leluhurnya adalah yang terbaik; (4) tanggapan terhadap pekerjaan sebagai pemenuhan kebutuhan, kehormatan, dan aktualisasi diri; serta (5) tanggapan tentang waktu, dahulu, sekarang dan masa depan. Perilaku manusia merupakan cerminan jiwa melalui persepsi, sikap, dan tanggapan terhadap perubahan dan tantangan dari lingkungan.

F. Penanggulangan erosi pantai – Penanggulangan erosi dapat menggunakan upaya rekayasa sipil, penghijauan dan pendekatan sosial. Rekayasa sipil seperti dinding pantai (*seawall*), tameng pantai (*revetment*), sekat pantai (*bulkhead*), groin, jetty, dan pemecah gelombang (*breakwaters*) (Ongkosongo, 2010). Pembuatan bangunan pantai harus disesuaikan dengan kondisi lingkungan fisik setempat (Triatmodjo 2012), karena kesalahan dalam suatu konstruksi mengakibatkan kerugian yang lebih besar.

Menurut Badola dan Husain (2005) besarnya biaya merenovasi setiap rumah akibat badai dan gelombang di permukiman pantai yang terlindungi: hutan bakau, bangunan pelindung pantai, dan tanpa perlindungan pantai, berurutan US\$33.31; US\$ 44.02 dan US\$153.74. Akibat salah mendisain bangunan pelindung pantai tersebut menyebabkan biaya dampak sosial ekonomi pasca bencana lebih parah di permukiman yang terlindungi bangunan pantai daripada permukiman yang terlindungi hutan bakau dan tanpa perlindungan. Hal ini karena tertahannya aliran air surut sehingga menggenangi dan merusak persawahan dan permukiman.

Di Cina, dinding pantai dan *revetment* sangat efektif untuk menghentikan erosi pantai skala lokal, namun upaya ini hampir pasti mengubah besaran transport sedimen sepanjang pantai, dan hasilnya adalah erosi yang lebih parah (Luo dkk. 2015). Bahkan bangunan pantai di Taiwan yang dirancang untuk melindungi pantai selama 50 tahun, saat ini tidak berfungsi dengan baik karena beberapa lokasi pantai terjadi erosi yang parah walaupun ada bangunan pantainya (Yang dkk. 2010). Prediksi dan manajemen evolusi garis pantai dibutuhkan untuk melindungi pantai, dengan perhitungan jangka panjang dan pendek pengaruhnya sebagai bahan pertimbangan akan ada atau tanpa bangunan pantai (Barbaro dan

Foti 2013). Selain itu, pembuatan breakwaters untuk melindungi pantai Bongpyeong, di Korea Selatan bukan cara yang terbaik untuk melindungi erosi pantai karena membuat erosi disisi pantai yang lain (Kim dkk. 2014).

G. Rehabilitasi ekosistem hutan bakau

Rehabilitasi hutan bakau merupakan upaya untuk mengembalikan fungsi hutan bakau seperti semula (Field 1998; Primavera dan Esteban 2008; Walters dkk. 2008), umumnya dengan penanaman. Berbagai upaya telah dilakukan untuk merehabilitasi hutan bakau sehingga mempunyai fungsi seperti semula, yang tergantung pada tujuan dan metode pendekatannya (Field 1998). Menurut Field (1998) ada tiga metode pendekatan merehabilitasi hutan bakau berdasarkan tujuannya yaitu 1) metode konservasi dan pembentukan bentang lahan bertujuan mengembalikan nilai konservasi atau bentuk lahan suatu wilayah. 2) Metode sistem multiguna untuk kelestarian hasil, pendekatan ini hanya dilakukan jika degradasi hutan bakau telah mempengaruhi kegunaan lahan. 3) Metode perlindungan daerah pesisir berupa penanaman hutan bakau di daerah yang rawan badai, angin ribut, pasang surut, dan erosi untuk menjaga kestabilan lahan dan perlindungan pantai. Kriteria pengukuran kesuksesan kegiatan rehabilitasi hutan bakau adalah efektivitas, tingkat biodiversitas hayati dan efisiensi (Field 1998; Walton dkk. 2007; Primavera dan Esteban 2008). Namun demikian, tingkat keberhasilan rehabilitasi hutan bakau di berbagai negara berkembang tidak lebih dari 20% (Primavera dan Esteban 2008).

Kegagalan rehabilitasi hutan bakau – Beberapa faktor yang mempengaruhi kegagalan rehabilitasi hutan bakau adalah pemilihan lokasi penanaman yang tidak sesuai, penggunaan spesies tanaman yang tidak tepat untuk penanaman, kurangnya pengetahuan silvikultur petugas lapangan, dan kurangnya koordinasi yang baik antar pemerintah-penyandang dana-masyarakat (Primavera dan Esteban 2008). Field (1998) menambahkan bahwa kegagalan tersebut terjadi karena program rehabilitasi lebih berorientasi pada kepentingan manusia, kekurangan semai alami, sampah dan gangguan dinamika hidrologi di lokasi penanaman, serta kurangnya publikasi informasi dan referensi kegagalan rehabilitasi terdahulu. Mengkonservasi hutan bakau mempunyai nilai manfaat jangka panjang yang lebih besar daripada nilai finansial eksploitasi hutan bakau menjadi tambak, pembuatan bendungan dan kegunaan lain dalam jangka pendek (Sathirathai dan Barbier 2001).

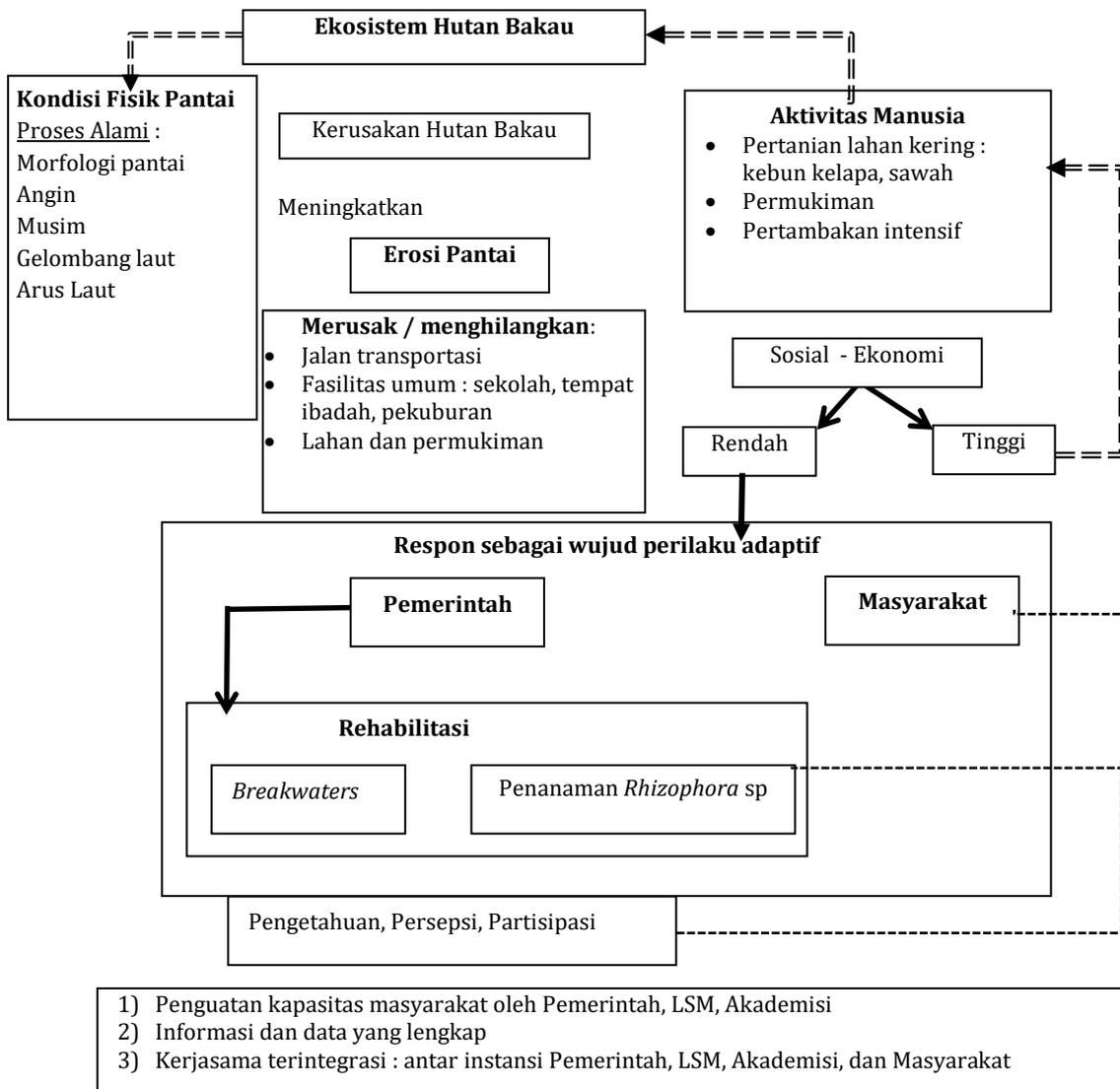
Kerusakan lingkungan pantai di negara tropis: erosi pantai dan ekosistem hutan bakau; pada

prinsipnya terjadi secara alami. Kerusakan lingkungan pantai diperparah oleh perilaku ekonomi manusia dalam memperluas lahan pertanian, permukiman, jaringan jalan, dan pertambangan di ekosistem pantai dan hutan bakau yang memiliki kerentanan terhadap gangguan yang ekstrim. Dampak kerusakan lingkungan pantai akibat perilaku manusia tersebut menyebabkan jaringan jalan, sarana – prasarana publik, permukiman, lahan pertanian, dan pertambangan yang telah dibangun menjadi rusak, bahkan hilang tergerus abrasi pantai. Rusak dan hilangnya aksesibilitas jalan, sarana – prasarana publik, serta harta kepemilikan merupakan salah satu faktor utama menurunnya tingkat sosial ekonomi masyarakat pesisir. Upaya penanggulangan erosi pantai dan rehabilitasi ekosistem hutan bakau membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang tidak sedikit (Akbar dkk. 2016a,b), sehingga keuntungan ekonomi sesaat dapat berdampak pada kesengsaraan kehidupan manusia pada waktu yang lama pada masa yang akan datang.

H. Pengelolaan sumber daya alam pesisir terintegrasi dan komprehensif

Pengelolaan sumber daya alam pesisir dapat dicapai dengan berprinsip pada pendekatan konservasi kontemporer dan pengelolaan bencana yang terintegrasi dan komprehensif secara spasial – temporal. Pendekatan konservasi kontemporer menekankan pada perlindungan dan rehabilitasi lingkungan biologi, fisika, dan kimia tanpa mengabaikan aspek kesejahteraan sosial dan ekonomi masyarakat. Selanjutnya, pendekatan pengelolaan bencana berprinsip bahwa suatu program pengelolaan bencana harus mampu melindungi dan menjauhkan masyarakat dari bencana tersebut.

Pencapaian pendekatan konservasi kontemporer dan pengelolaan bencana dapat dilakukan dengan memperhatikan kesinergisan aspek waktu, ruang lingkungan biofisikimia, dan ruang sosial ekonomi budaya masyarakat secara terpadu dan menyeluruh. Berdasarkan prinsip konservasi dan pengelolaan bencana tersebut menekankan bahwa penerapan teknologi untuk perlindungan pantai seperti breakwaters, jetty, revertment (Ongkosongo 2010) dan penanaman hutan bakau, bukan hanya untuk kepentingan sesaat kepada masyarakat yang menderita saja. Penerapan teknologi tersebut harus juga dapat memitigasi secara keseluruhan kawasan tidak hanya di lokasi yang bermasalah saja, namun juga untuk seluruh kawasan, baik pantai maupun daratan. Hal ini karena sistem lingkungan berupa keterkaitan dan saling mempengaruhi.



Gambar 2. Sinergis erosi pantai dan kerusakan ekosistem hutan bakau telah mengakibatkan kerusakan lingkungan pesisir. Perilaku adaptif masyarakat menghadapi kerusakan lingkungan mempengaruhi kondisi sosial ekonomi masyarakat setempat.
 → : Pengaruh langsung, ...→ : Pengaruh tidak langsung, ==→ : Timbal balik (feedback)

4. KESIMPULAN

Sistem di alam dapat berjalan secara alamiah membentuk kesetimbangan, sehingga tidak dikenal konsep kerusakan lingkungan karena faktor alam. Kerusakan lingkungan terjadi karena ulah campur tangan manusia yang mengakibatkan kesetimbangan alam terganggu. Disamping itu, konsep kerusakan lingkungan yang lebih dikenal apabila gangguan yang terjadi pada alam berimplikasi terhadap kehidupan manusia. Apabila gangguan manusia melebihi daya dukung lingkungan alam maka alam tidak mampu untuk merehabilitasi secara alami, sehingga dibutuhkan campur tangan manusia untuk memperbaiki alam tersebut. Namun kurangnya informasi, lemahnya metode yang tepat, tidak adanya kajian strategi penanggulangan kerusakan lingkungan jangka pendek – panjang, konflik antar institusi dan ketidak sinergisan antar komponen masyarakat; serta lebih dominannya kepentingan ekonomi manusia

sesaat, mengakibatkan upaya rehabilitasi kerusakan lingkungan menyebabkan kerusakan lingkungan yang lebih parah.

DAFTAR PUSTAKA

Akbar, A. A., Djohan, T.S. dan Sartohadi, J. 2008. Ekosistem Mangrove dan Abrasi di Pesisir Kalimantan Barat. Forum Geografi, 22 (1): 60 – 71.
 Akbar, A. A., J. Sartohadi, T. S. Djohan, dan S. Ritohardoyo. 2016a. The role of breakwaters on the rehabilitation of coastal and mangrove forests in West Kalimantan, Indonesia (published in progress).
 Akbar, A. A., T. S. Djohan, J. Sartohadi, dan S. Ritohardoyo. 2016b. Penanaman Rhizophora sp. dan Kolonisasi Avicennia marina di Sekitar Bangunan Pemecah Gelombang Pantai Kalimantan Barat (Writing in progress).
 Alongi, D.M. 2008. Mangrove forests: resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 76 :1-13.
 Ancok, D. 2004. Psikologi Terapan: Mengupas Dinamika Kehidupan Umat Manusia. Penerbit Darussalam, Yogyakarta.

- Azwar, S. 2011. Sikap Manusia: teori dan pengukurannya, Edisi ke 2. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Badola, R. and S.A. Hussain. 2005. Valuing ecosystem functions: an empirical study on the storm protection function of Bhitarkanika Mangrove Ecosystem, India. *Environmental Conservation* 31 (1): 85-92.
- Bárbaro, G. and Foti, G. 2013. Shoreline behind a Breakwater: Comparison between Theoretical Models and Field Measurements for the Reggio Calabria Sea. *Journal of Coastal Research* 29 (1): 216-224.
- Barbier, E. B. 2006. Natural Barriers to Natural Disasters: Replanting Mangroves after The Tsunami. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(3): 124-131.
- Bird, E. 2008. Coastal Geomorphology: an introduction, 2nd Edition. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester.
- Blasco, F., P. Saenger, and E. Janodet. 1996. Mangroves as indicators of coastal change. *Catena*, 27 (3-4): 167-178.
- Dahdouh-Guebas, F., S. Collin, D. Lo Seen, P. Roonback, D. Depommier, T. Ravishankar and N. Koedam. 2006. Analysing Ethnobotanical and Fishery-Related Importance of Mangroves of The East-Godavari Delta (Andhra Pradesh, India) for Conservation and Management Purpose. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 2: 24.
- Davidson-Arnot, R. 2010. An Introduction to Coastal Processes and Geomorphology. Cambridge University Press.
- Day, J.W., R. R. Christian, D. M. Boesch, A. Yáñez-Arancibia, J. Morris, R. R. Twilley, L. Naylor, L. Schaffner, and C. Stevenson. 2008. Consequences of Climate Change on the Ecogeomorphology of Coastal Wetlands. *Estuaries and Coasts*, 31:477-491.
- Dilley, R. S., and H. Rasid. 1990. Human Response to Coastal Erosion: Thunder Bay, Lake Superior. *Journal of Coastal Research*, 6 (4): 779 - 788.
- Djohan, S.T., P.M. Laksono, E. Anantasari, A.N. Utama, dan K. Suhesthiningsih. 2015. Kondisi Hutan Bakau Tebangan Masyarakat dan Industri Pulp di Batu Ampar, Kalimantan Barat. *Kawistara* 5 (2): 99 - 122.
- Erwin, K.L. 2009. Wetlands and global climate change: the role of wetland restoration in a changing world. *Wetlands Ecology Management* 17 :71-84.
- Ewel, K. C., R. R. Twilley, and J. E. Ong. 1998. Different kinds of mangrove forests provide different goods and services. *Global Ecology and Biogeography Letters* 7 (1): 83 - 94.
- Field, C.D. 1998. Rehabilitation of mangrove ecosystems: an overview. *Marine Pollution Bulletin* 37(8-12): 383-392.
- Garrison, T. 2009. *Essentials of Oceanography*, 5th Edition. Cengage Learning, Brooks, USA.
- Gilman, E., J. Ellison and R. Coleman. 2007. Assessment of mangrove response to projected relative sea-level rise and recent historical reconstruction of shoreline position. *Environmental Monitoring Assessment*, 124:105-130.
- Indrawan, M., Primarck, R. B., dan Supriatna, J. 2007. *Biologi Konservasi*. Edisi kedua. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Jimenez, J.A., A.E. Lugo, and G. Cintron. 1985. Tree mortality in mangrove forests. *Biotropica* 17(3): 177-185.
- Kay, R. dan Alder, J. 2005. *Coastal Planning and Management*, 2nd edition. Taylor & Francis, New York.
- Kim, I.H., Lee, H.S., Kim, J.H., Yoon, J.S., and Hur, D.S. 2014. Shoreline change due to construction of the artificial headland with submerged breakwaters. *Journal of Coastal Research* 72: 145 - 150.
- Koentjaraningrat. 2000. *Kebudayaan, Mentalitas, dan Pembangunan*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Kulkarni, V. A., T. G. Jagtap, N. M. Mhalsekar and A. N. Naik. 2010. Biological and environmental characteristics of mangrove habitats from Manori creek, West Coast, India. *Environmental Monitoring Assessment*, 168:587-596.
- Luo, S., Cai, F., Liu, H., Lei, G., Qi, H., and Su, Q., 2015. Adaptive measures adopted for risk reduction of coastal erosion in the People's Republic of China. *Ocean & Coastal Management*, 103: 134 - 145.
- Marfai, M. A. and L. King. 2008. Tidal inundation mapping under enhanced land subsidence in Semarang, Central Java Indonesia. *Natural Hazards*, 44:93-109.
- Marfai, M. A., A. Almohammad, S. Dey, B. Susanto and L. King. 2008a. Coastal dynamic and shoreline mapping: multi-sources spatial data analysis in Semarang Indonesia. *Environmental Monitoring Assessment*, 142:297-308.
- Marfai, M. A., L. King, L. P. Singh, D. Mardiatno, J. Sartohadi, D.S. Hadmoko, and A. Dewi. 2008b. Natural hazards in Central Java Province, Indonesia: an overview. *Environmental Geology*, 56:335-351.
- Marfai, M.A. and L. King. 2007. Monitoring land subsidence in Semarang, Indonesia. *Environmental Geology*, 53:651-659.
- Marshall, A., L. Robinson, and M.A. Owens. 2011. Coastal construction trends in response to coastal erosion: an opportunity for adaptation. *Journal Coastal Conservation*, 15:61-72.
- Mazda, Y., M. Magi, Y. Ikeda, T. Kurokawa and T. Asano. 2006. Wave reduction in a mangrove forest dominated by *Sonneratia* sp. *Wetlands Ecology and Management*, 14: 365 - 378.
- McCay, B.J. 1978. System Ecology, People Ecology, and the Anthropology of Fishing Communities. *Human Ecology*, 6: 307-422.
- Mitsch, W. J. and J. G. Gosselink. 2000. *Wetlands*, 3rd Edition. John Wiley & Sons, Inc., Canada.
- Moberg, F. and P. Ronnback. 2003. Ecosystem Services of The Tropical Seascape: Interactions, Substitutions and restoration. *Ocean and Coastal Management*, 46: 27 - 46.
- Ongkosong, O. S. R. 2010. *Kuala, Muara Sungai dan Delta*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta.
- Palanques, A. and J. Guillen. 1998. Coastal changes in The Ebro Delta: Natural and Human Factors. *Journal of Coastal Conservation* 4(1): 17 - 26.
- Parvin, G. A., F.Takahashi and R. Shaw. 2008. Coastal hazards and community-coping methods in Bangladesh. *Journal Coastal Conservation*, 12:181-193.
- Pinet, P. R. 2009. *Invitation to Oceanography*, 5th Edition. Jones and Bartlett Publisher, Sudbury.
- Primavera, J.H. and J.M.A. Esteban. 2008. A review of mangrove rehabilitation in the Philippines: successes, failures and future prospects. *Wetlands Ecology Management* 16: 345-358.
- Rappaport, R. A. 1999. *Ritual and Religion in The Making of Humanity*. Cambridge university Press.
- Ritohardoyo, S. 2011. Strategi peningkatan Pendapatan Penduduk Perdesaan Sekitar Hutan Mangrove (Kasus Kecamatan Kampung Laut Kabupaten Cilacap). *Patrawidya*, 12(1): 1 - 16.
- Ritohardoyo, S., F. D. Cahyadi, dan L. Nugrahaeni. 2014. Strategi adaptasi masyarakat terhadap banjir rob di permukiman pesisir Kota Pekalongan dalam Aspek Sosial Banjir Genangan (ROB) di Kawasan Pesisir, editor Ritohardoyo, S., Sudrajat, dan A. Kurniawan. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta, hal. 43 - 102.
- Rönback, P. 1999. The ecological basis for economic value of seafood production supported by mangrove ecosystems. *Ecological Economics* 29(2): 235 - 252.
- Roth, L.C. 1992. Hurricanes and mangrove regeneration: effects of hurricane Joan, October 1988, on the vegetation of isla del Venado, Bluefields, Nicaragua. *Biotropica*, 24(3): 375-384.
- Saengsupavanich, C., Chonwattana, S. and Naimsampao, T. 2009. Coastal erosion through integrated management: A case of Southern Thailand. *Ocean & Coastal Management* 52: 307-316.
- Sathirathai, S., and E. B. Barbier. 2001. Valuing mangrove conservation in Southern Thailand. *Contemporary Economic Policy* 19(2): 109-122.
- Sherman, R.E., T.J. Fahey and P. Martinez. 2001. Hurricane impacts on a mangrove forest in the dominican republic: damage patterns and early recovery. *Biotropica* 33 (3): 393-408.
- Smith, T.J., M.B. Robblee, H.R. Wanless and T.W. Doyle. 1994. Mangroves, hurricanes, and lightning strikes. *BioScience* 44(4): 256 - 262.
- Stewart, R. H. 2008. *Introduction To Physical Oceanography*.
- Thampanya, U., J.E Vermaat, S. Sinsakul, and N. Panapitukkul. 2006. Coastal erosion and mangrove progradation of Southern Thailand. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 68 (1-2): 75 - 85.
- Triatmodjo, B. 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset, Yogyakarta.

- Vayda, A.P. and B.J. McCay. 1975. New Direction in Ecology and Ecological Anthropology. *Annual Review of Anthropology*, 4: 293 – 306.
- Walters, B.B., P. Roonnbaack, J. M. Kovacs, B. Crona, S. A. Hussain, R. Badola, J.H.Primavera, E.B. Barbier, and F. Dahdouh-Guebas. 2008. Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany* 89: 220–236.
- Walton, M. E., L.L. Vay, H. Junemie, J.H. Lebata, J. Binas and J.H. Primavera. 2007. Assessment of the effectiveness of mangrove rehabilitation using exploited and non-exploited indicator species. *Biological Conservation* 138: 180 –188.
- Ward, P. J., M. A. Marfai, F. Yulianto, D. R.Hizbaron and J. C. J. H. Aerts. 2011. Coastal inundation and damage exposure estimation: a case study for Jakarta. *Natural Hazards*, 56:899–916.
- Yan, L. and Xu, X. 2010. Assessing the vulnerability of social–environmental system from the perspective of hazard, sensitivity, and resilience: a case study of Beijing, China. *Environment Earth Science*, 61:1179–1186.
- Yang, R., Y. Wu, H. Hwung, J. Liou, and I. V. Shugan. 2010. Current countermeasure of beach erosion control and its application in Taiwan. *Ocean & Coastal Management* 53: 552 – 561.