

Kondisi Kesehatan dan Variasi Spasial Karakteristik Populasi *Rhizophora apiculata* Pada Kawasan Industri Perminyakan dan Non Industri Di Provinsi Riau

*(Health Conditions and Spatial Variations in *Rhizophora apiculata* Population Characteristics in the Petroleum Industry Area and Non-Industry in Riau Province)*

^{1,2*)} Syahrial, ³⁾ Dietrieck G Bengen, ³⁾ Tri Prartono, ⁴⁾ Bintal Amin

¹⁾ Wahana Alam Bahari Jl. Syech Umar Kelurahan Pangkalan Sesai - Dumai Barat, Dumai 28824

²⁾ Belukap Mangrove Club Jl. HR. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru Tampan, Pekanbaru 28293

³⁾ Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan, Institut Pertanian Bogor Jl. Agatis, Kampus IPB Dramaga, Bogor, Jawa Barat 16680

⁴⁾ Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Riau, Jl. Bina Widya Km 12,5 Simpang Baru, Kampus UNRI Panam, Pekanbaru, Riau 28293

^{*)} Korespondensi : syahrial.bmc@gmail.com

Diterima : 31 Oktober 2018 / Disetujui : 31 Januari 2019

ABSTRAK

Lingkungan laut saat ini mulai tercemar dan secara langsung mempengaruhi biota yang ada di sekitarnya. Kajian kondisi kesehatan dan variasi spasial karakteristik populasi *Rhizophora apiculata* dilakukan pada ekosistem mangrove di sekitar kawasan industri perminyakan dan non industri Provinsi Riau. Penelitian ini bertujuan sebagai data dasar evaluasi terhadap pengelolaan mangrove di Provinsi Riau. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan transek garis yang ditarik dari titik acuan (tegakan mangrove terluar) dengan arah tegak lurus garis pantai sampai ke daratan dan dibuat petak contoh dengan ukuran 10x10 m². Sampel daun, buah dan bunga diambil secara acak berdasarkan petak contoh yang dibuat. Kemudian diawetkan dengan alkohol 70% dan diberi label. Selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk diukur morfometrik dan dihitung jumlah stomatanya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa populasi *R. apiculata* di semua stasiun dalam kondisi yang tidak sehat. Selain itu, kompetisi individual dan daya adaptasi yang dimiliki populasi *R. apiculata* sangat rendah yakni berkisar antara 09.53 – 17.27% dan menggambarkan pertumbuhan yang lebih mengelompok serta kompetisi antar individunya sangat tinggi. Hasil analisis diskriminan memperlihatkan bahwa variabel morfometrik yang paling mencirikan antara populasi *R. apiculata* pada kawasan industri perminyakan dengan non industri adalah panjang tangkai daun. Berdasarkan hasil analisis PCA, variabel yang paling menentukan baik buruknya kondisi kesehatan populasi *R. apiculata* adalah parameter logam berat Pb, pH, suhu dan DO perairan.

Kata kunci : kesehatan, *Rhizophora apiculata*, mangrove, kawasan industri, Riau

ABSTRACT

*The current marine environment has begun to be polluted and will directly affect the biota around it. The study of health conditions and spatial variations in the characteristics of the population of *Rhizophora apiculata* was carried out in the mangrove ecosystem around the oil and non-industrial areas of Riau Province. This study aims at a baseline for evaluating mangrove management in Riau Province. Sampling is carried out using line transects drawn from the reference point (outermost mangrove stands) in a direction perpendicular to the coastline to the mainland and sample plots made with a size of 10 X 10 m². Samples of leaves, fruits, and flowers are taken randomly based on the sample plots made. Then preserved with 70% alcohol and labeled. The preserved samples were taken to the laboratory to measure morphometrics and calculate the number of stomats. The results showed that the population of *R. apiculata* at all stations was in an unhealthy condition. In addition, individual competition and adaptability possessed by the population of *R. apiculata* are very low, ranging from 09.53 - 17.27% and illustrating more group growth and very high competition among individuals. Furthermore, the discriminant analysis shows that the morphometric variables that most characterize the population of *R. apiculata* in the oil industry with non-industrial areas are the length of the stem. Based on the results of PCA analysis, the variables that most determine the poor health of the population of *R. apiculata* are the parameters of Pb heavy metals, pH, temperature and DO waters.*

Keywords : *health, *Rhizophora apiculata*, mangrove, industrial area, Riau.*

PENDAHULUAN

Hutan mangrove merupakan hutan yang unik, berfungsi sebagai daerah asuhan bagi fauna akuatik, habitat penting bagi biota ikan, krustasea, makro dan mikrofauna yang tergabung dalam jaringan makanan (Kaewtubtim *et al.* 2016). Kemudian keberadaan hutan mangrove juga secara signifikan dapat mengurangi jatuhnya korban yang disebabkan oleh tsunami (Bayas *et al.* 2011), menstabilkan garis pantai dengan mengurangi ketinggian dan energi ombak (Barbier 2012, McIvor *et al.* 2012a, McIvor *et al.* 2012b, Spalding *et al.* 2014, Marois dan Mitsch 2015, Sandilyan dan Kathiresan 2015), mengubah kekeruhan perairan melalui perangkap sedimen (Satheeshkumar dan Khan 2012, Gillis *et al.* 2014) hingga bermanfaat secara langsung maupun tidak langsung terhadap sosio-ekonomi penduduk sekitarnya (Bayen 2012, Alongi 2014, Huxham *et al.* 2015, Sarno *et al.* 2015).

Holguin *et al.* (2006) menyatakan bahwa ekosistem mangrove yang ada di muka bumi saat ini sedang mengalami tekanan. Hal ini salah satunya disebabkan oleh ancaman urbanisasi dan industrialisasi yang telah memaksakan bahan kimia berbahaya, baik itu dari pertanian, budidaya kolam, tumpahan minyak, air limbah maupun limbah industri (MacFarlane *et al.* 2007, Vane *et al.* 2009, Polidoro *et al.* 2010, Chaudhuri *et al.* 2014). Selain itu, aktivitas-aktivitas manusia yang utama sebagai penggerak rusaknya hutan mangrove dapat berupa peningkatan populasi, pembangunan pesisir, memuncaknya desakan ekonomi, konversi industri pertanian dan perikanan skala kecil, pengambilan hasil hutan yang berlebihan, erosi, sedimentasi, pendangkalan akibat pertanian dan deforestasi terestrial (Gilman *et al.* 2008, Walters *et al.* 2008).

Menurut Polidoro *et al.* (2010) kehilangan mangrove global sudah mencapai 30-50% sejak tahun 1960, dengan laju deforestasinya mencapai 1-2.1% per tahun (Donato *et al.* 2011) dan pada tahun 2100 hutan mangrove akan hilang sekitar 10-15% akibat dari perubahan iklim (Alongi 2008), sehingga akan berdampak terhadap kerentanan masyarakat pesisir maupun kekayaan negara berkembang (Barbier 2014, Spalding *et al.* 2014). Selain itu, juga berdampak terhadap keamanan pangan (UNEP 2014) dan menyebabkan kerugian yang signifikan terhadap perikanan pesisir, dimana hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem yang paling produktif dalam skala global bersamaan dengan terumbu karang dan hutan lainnya (Holguin *et al.* 2006).

Terlepas dari hal di atas, pencemaran minyak sering terjadi di ekosistem mangrove dan telah memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhannya. Baker (1982) menyatakan bahwa efek jangka pendek dari tumpahan minyak yang akut adalah lebih cenderung menyebabkan kematian pada anakan mangrove dan defoliasi pada daun. Selain itu, penyebab kerusakan ekosistem mangrove dari cemaran minyak lebih mengarah ke gangguan fisik (Soemodihardjo dan Soeroyo 1994) seperti kecepatan tumbuh, penurunan produktivitas (Saenger *et al.* 1983) dan terjadinya defoliasi maupun kematian (Bilal 1989). Menurut Mastaller (1996) pada umumnya ada dua bentuk kerusakan mangrove yang diakibatkan oleh pencemaran minyak yaitu 1) pohon mangrove akan mengalami defoliasi dalam jangka waktu 1-2 bulan dan selanjutnya menyebabkan kematian jika terjadi tumpahan dalam skala besar, dan 2) terjadi pengaruh *sub-letal* seperti terbukanya kanopi, penurunan laju pertumbuhan serta perubahan dalam komposisi jenis mangrove jika terjadi tumpahan di sedimen pada skala kecil.

Selain itu, Soemodihardjo dan Soeroyo (1994) menambahkan bahwa pencemaran minyak yang akut pada mangrove akan menutup seluruh sistem perakarannya, sehingga terjadi penyumbatan total lentisel-lentisel akar napas dan akhirnya mangrove menjadi mati. Kemudian Clark (1986) menyatakan bahwa pengaruh minyak terhadap penutupan sistem perakaran mangrove akan menurunkan tingkat oksigen dalam ruang akar sebesar 1-2% selama 2 hari. Sementara Setyono dan Soetarto (2008) menyatakan bahwa tumpahan minyak CPO (*Crude Palm Oil*) yang menutupi permukaan air akan menyebabkan penurunan konsentrasi DO dan menaikkan COD maupun BOD serta meninggikan daya hantar listrik, sehingga mempengaruhi proses adaptasi hutan mangrove.

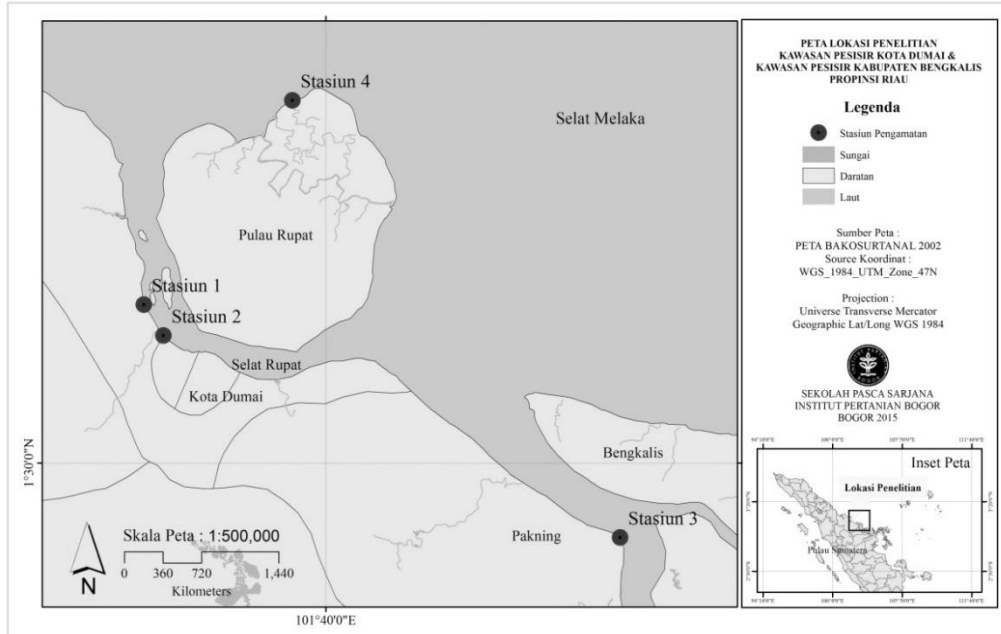
Mengingat pentingnya ekosistem mangrove bagi kehidupan biota pesisir dan laut serta padatnya aktivitas industri minyak di Provinsi Riau, maka kajian kondisi kesehatan dan variasi spasial karakteristik populasi *Rhizophora apiculata* sangat perlu dilakukan sebagai data dasar mengevaluasi pengelolaan mangrove di Provinsi Riau dan Indonesia umumnya

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan November hingga Desember 2014 di pesisir pantai Kota Dumai dan Kabupaten Bengkalis (Gambar 1). Stasiun 1 adalah ekosistem mangrove di sekitar KID Lubuk Gaung yang merupakan kawasan industri CPO (Kota Dumai), Stasiun 2 di ekosistem mangrove sekitar KID Bukit Kapur Raksa yang merupakan gabungan kilang minyak Pertamina Refinery Unit

II Dumai, Chevron dan industri CPO (Kota Dumai). Sementara Stasiun 3 adalah ekosistem mangrove di sekitar KIBB yang merupakan kilang minyak Pertamina UP II Pakning (Kabupaten Bengkalis) dan Stasiun 4 adalah ekosistem mangrove di Tanjung Medang Rupert Utara yang merupakan kawasan alami mangrove, dimana tidak ada aktivitas industri di sekitarnya (Kabupaten Bengkalis).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di ekosistem mangrove sekitar lokasi kawasan industry perminyakan Kota Dumai dan Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan alat rol meter, buku identifikasi mangrove Noor *et al.* (2006), data sheet, kamera, GPS Garmin Montana 650, *water quality meter* (suhu, DO, salinitas, pH), ORP meter Lutron 203, *eckman grab* dan *cool box*. Sementara alat yang digunakan saat di laboratorium adalah *caliper*, *petri disc*, silet, objek glass, cover glass, mikroskop, *hand counter*, oven, alat penumbuk (mortar), ayakan bertingkat, kertas saring whattman No. 1, *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS) Perkin Elmer 3110, timbangan analitik dan gelas ukur. Kemudian bahan yang digunakan selama penelitian adalah alkohol 70%, aquades, larutan HNO₃ teknis 70%, *baycline*, safranin 1%, gliserin 30%, HClO₄, Natrium Sulfat (Na₂SO₄), pelarut petroleum ether 125 ml dan sampel sedimen.

Pengumpulan Data Lapangan

Data kondisi populasi Rhizophora apiculata

Pengambilan sampel dilakukan menggunakan transek garis yang ditarik dari titik acuan (tegakan mangrove terluar) dengan arah tegak lurus garis pantai sampai ke daratan dan dibuat petak contoh dengan ukuran 10x10 m² (Bengen 2004). Penarikan transek garis dilakukan pada tiap stasiun. Tiap stasiun terdiri dari 3 transek dan tiap transek terdiri dari 3 plot, sehingga jumlah plot untuk semua stasiun sebanyak 36 plot. Kemudian sampel daun, buah dan bunga *R. apiculata*

diambil secara acak berdasarkan petak contoh yang dibuat dan diawetkan dengan alkohol 70% serta diberi label. Selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk diukur morfometrik dan dihitung jumlah stomatanya.

Data kualitas perairan

Pengukuran kualitas perairan dilakukan dengan cara insitu, dimana pengukuran dilakukan dengan cara mengambil contoh air pada masing-masing stasiun pengamatan. Parameter kualitas perairan yang diukur meliputi suhu perairan, pH, salinitas dan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen/DO*) menggunakan *water quality meter*, sementara Oksidasi Reduksi Potensial (ORP)/potensial redoks perairan diukur menggunakan ORP Meter Litron 203.

Data kualitas sedimen (TPH, trigliserida dan logam berat Pb)

Sampel sedimen perairan diambil menggunakan *eckman grab* pada daerah intertidal dengan kedalaman air 5-10 m. Setiap stasiun dibagi atas tiga titik pengambilan sampel dengan jarak titik sampling ± 500 m. Sampel sedimen yang didapat dimasukkan ke dalam kantong plastik, kemudian diikat dan dimasukkan ke dalam *cool box*. Selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dianalisis konsentrasi *Total Petroleum Hydrocarbon* (TPH), trigliserida dan logam berat Pb.

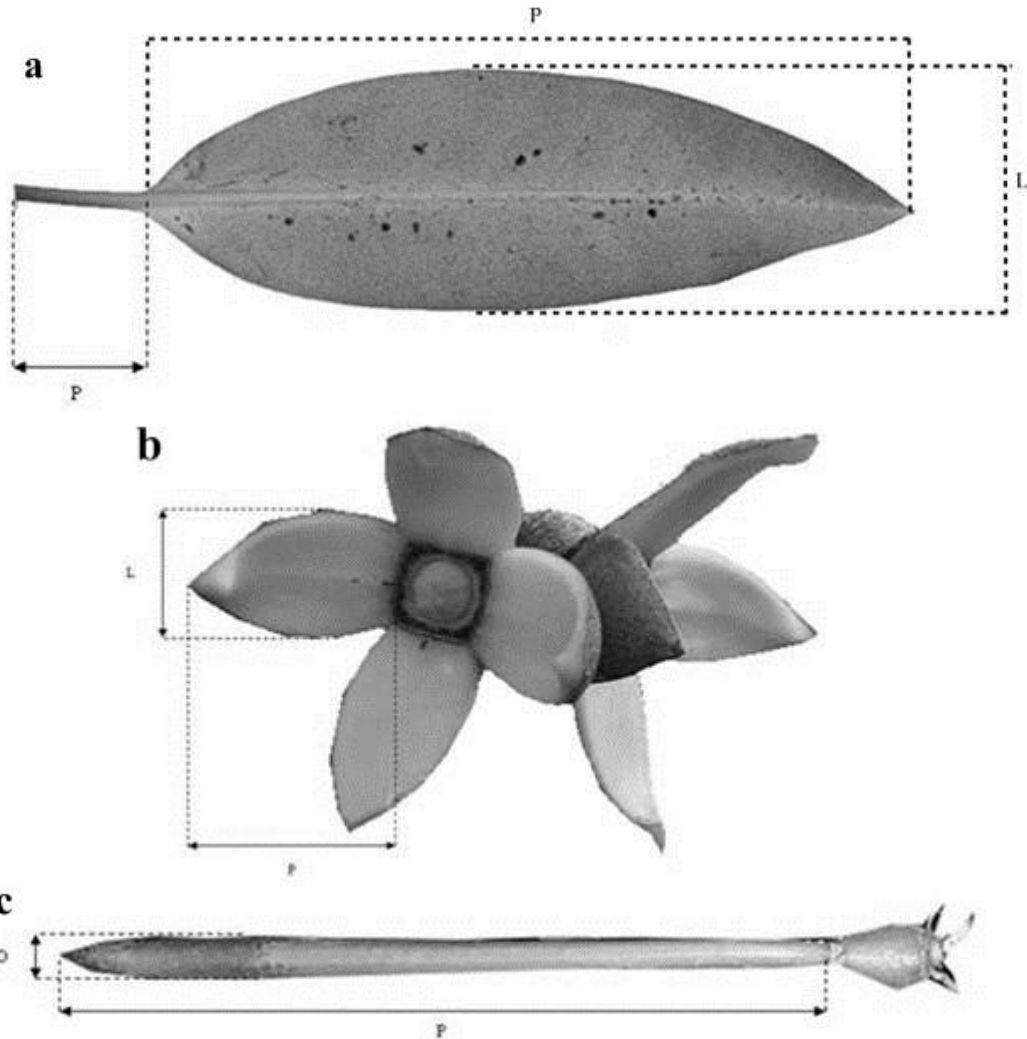
Pengumpulan Data di Laboratorium

Data Morfometrik *Rhizophora apiculata*

Pengukuran morfometrik *R. apiculata* dilakukan pada setiap sampel yang diambil dengan menggunakan *caliper* dan teknik pengukurannya dapat dilihat pada Gambar 2.

Penghitungan Jumlah Stomata Daun

Pembuatan preparat stomata dilakukan dengan mencuci terlebih dahulu sampel daun *R. apiculata* menggunakan aquades, kemudian direndam dengan HNO₃ teknis 70% hingga lunak dan dicuci lagi dengan aquades. Daun diletakkan ke wadah *petri disc* (bagian belakang) selanjutnya dikikis hingga transparan menggunakan silet. Hasil kikisan tersebut direndam ke aquades sekitar ± 1 menit dan direndam pada baycline ± 2 menit sampai klorofil/zat warna sayatan menghilang dan sayatannya direndam ke aquades lagi. Kemudian di letakkan di atas objek glass dan ditetaskan 1 tetes zat pewarna safranin 1%. Sayatan yang telah ditetaskan dengan pewarna safranin, dibersihkan dengan aquades 5-10 tetes, kemudian ditetaskan gliserin 30% sebanyak 1 tetes dan ditutup dengan cover glass. Sayatan atau preparat siap diamati di bawah mikroskop. Selanjutnya, dihitung jumlah stomata daun menggunakan *hand counter* dan dituliskan ke lembaran data sheet (Sass 1951; Lestari 2006; Yulia dan Juliarni 2007; Damayanti 2007; Fatonah *et al.* 2013). Penghitungan jumlah stomata dilakukan sebanyak 5 bidang pandang dan tiap lembaran daun dibagi menjadi tiga (3) bagian pengamatan yaitu pangkal, tengah dan ujung daun.



Gambar 2. Pengukuran morfometrik (a) panjang daun, lebar daun dan panjang tangkai daun, (b) panjang, lebar dan mahkota bunga; serta (c) panjang dan diameter buah *R. apiculata* (Kitamura *et al.* 1997)

Analisis logam berat Pb

Sampel diambil lebih kurang 150 gram pada masing-masing titik pengambilan sampel, kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80⁰C sampai dicapai berat konstan. Sedimen yang telah kering, kemudian digerus dengan menggunakan alat penumbuk (mortar) dan selanjutnya diayak dengan menggunakan ayakan bertingkat untuk mendapatkan fraksi sedimen kecil dari 63 mikron, selanjutnya sampel didestruksi dalam kombinasi larutan HNO₃ dan HClO₄ dengan perbandingan 4:1 yang menggunakan *block digester* pada suhu rendah (40⁰C) selama 1 jam dan kemudian suhu dinaikan menjadi 140⁰C selama 3 jam. Sampel sedimen yang terdestruksi secara sempurna, kemudian didinginkan dan diencerkan dengan aquades menjadi 40 ml dan disaring dengan kertas whattman No. 1 (untuk menghindari penyumbatan pipa kapiler pada saat analisis sampel dengan AAS) dan disimpan dalam botol sampel (Mucha *et al.* 2003; Yap *et al.* 2002), kemudian sampel dianalisis kandungan logam beratnya satu per satu menggunakan AAS.

Perhitungan kandungan logam berat Pb sedimen berdasarkan Yap *et al.* (2002) dilakukan dengan rumus:

$$C = \frac{A \times V}{G}$$

Dimana :

C : Konsentrasi yang sebenarnya dari sampel ($\mu\text{g/g}$)

A : Nilai konsentrasi AAS ($\mu\text{g/ml}$)

V : Volume sampel (ml)

G : Berat sampel (gr)

Analisis sampel minyak

Prosedur analisis kandungan minyak sedimen dilakukan dengan menggunakan metode *soxhlet* (Woodman dalam Sudarmadji *et al.* 1997). Prinsip kerjanya adalah sampel sedimen yang telah diperoleh, ditimbang terlebih dahulu menggunakan timbangan analitik yang dialaskan dengan kertas saring dalam keadaan 0 (nol) gram, kemudian sebanyak 500 gr sampel sedimen diletakkan di atas kertas saringan dan diberi larutan Natrium Sulfat (Na_2SO_4) 1 gr, sehingga didapat berat sampel. Selanjutnya labu ditimbang untuk mendapatkan berat kosong dan *soxhlet* dipanaskan terlebih dahulu. Sampel yang telah ditimbang, kemudian dimasukkan ke dalam timbel ekstraksi *soxhlet* dan pendingin dialirkan melalui kondensor. Tabung ekstraksi dipasang pada alat distilasi *soxhlet* dengan pelarut petroleum ether 125 ml per sampel selama 5 jam, kemudian dipindahkan ke dalam gelas ukur untuk dilihat sisa larutan yang terpakai. Hasil ekstraksi minyak dalam labu dimasukkan ke oven untuk pengeringan selama 2 jam dengan suhu 70°C sampai berat konstan. Berat residu dalam labu kemudian ditimbang untuk dinyatakan sebagai berat minyak.

Analisis TPH dan trigliserida dengan GC-MS

Minyak yang diperoleh dari hasil analisis metode *soxhlet*, selanjutnya dianalisis untuk mengetahui konsentrasi TPH dan trigliseridanya menggunakan kromatografi gas-spektrometer massa (GC-MS). Analisis TPH dengan GC-MS menggunakan kolom BD5 dilakukan dengan kondisi suhu kolom 60°C , suhu detector 300°C , suhu injector 270°C , suhu deprogram awal 60°C , selanjutnya dinaikkan $15^\circ\text{C}/\text{menit}$ - 510°C , waktu analisis dibutuhkan selama 30 menit, tekanan 80.2 kpa, laju alir 1.32 ml/menit, split ratio 200 dan linear velocity 41.7 ml/menit. (Munawar dan Zaidan 2013).

Analisis trigliserida dilakukan menggunakan kolom Rtx-5MS dengan panjang 30 m dan diameter dalam kolom 0.25 mm, dimana kondisi temperatur oven kolom 100°C ; temperatur injektor 300°C ; tekanan gas pembawa 22 kPa, laju alir total 80 ml/menit, laju alir kolom 0.50 ml/menit, rasio split 153, program temperatur 100°C (ditahan selama 5 menit), dinaikkan dengan laju $10^\circ\text{C}/\text{menit}$ sampai dengan 270°C (ditahan selama 8 menit), temperatur sumber ion 250°C , temperatur interface 300°C dan rentang deteksi m/z 30-600 (Tahir dan Yoeswono 2009).

Analisis Data

Kondisi kesehatan *Rhizophora apiculata*

Penentuan kondisi kesehatan *R. apiculata* diolah dengan suatu indeks menggunakan rumus Lugo (1978) :

1) Morfometrik daun

$$a = \frac{L}{P}$$

Dimana: a = bilangan konstan; L = lebar daun; P = panjang daun

2) Morfometrik bunga

$$a = \frac{L}{P}$$

Dimana: a = bilangan konstan; L = lebar bunga; P = panjang bunga

3) Morfometrik buah

$$a = \frac{D}{P}$$

Dimana: a = bilangan konstan; D = diameter buah; P = panjang buah

Hasil modifikasi Lugo (1978) bertujuan untuk melihat banyaknya populasi morfometrik yang terbentuk dan melihat pemencaran nilai-nilai morfometrik daun, bunga maupun buah yang tergambar pada grafik distribusi log normal. Grafik distribusi log normal adalah hubungan antara selang kelas morfometrik (daun, bunga dan buah) yang terletak pada sumbu X, sedangkan persentase kumulatif terletak pada sumbu Y. Kisaran grafik distribusi normal sumbu X antara 1 sampai 10 dan sumbu Y antara 0 sampai 100.

Garis linier merupakan pengertian logaritmik yang diupayakan membentuk perpotongan nilai tengah frekuensi kumulatif (μ) dan simpangannya (δ), kemudian interpolasi dilakukan dengan mengamati titik perpotongan garis bantu dengan sumbu X. Patahan-patahan yang terjadi dimungkinkan karena adanya perbedaan interpretasi pada variabel yang digunakan. Garis interpolasi lurus menunjukkan sistem yang masih baik, status komunitas masih seimbang dan tidak mengalami tekanan dari luar. Sementara garis interpolasi patah menunjukkan sistem pada kondisi rapuh (*multiple marginal*), status komunitas terganggu dan mengalami gangguan dari luar. Apabila populasi morfometrik yang terbentuk oleh garis linier sedikit, maka populasi mangrove semakin sehat karena morfometriknya relatif konstan. Sebaliknya, apabila populasi morfometrik yang terbentuk oleh garis linier banyak, maka populasi *R. apiculata* semakin tidak sehat.

Kompetisi individual dan daya adaptasi populasi *R. apiculata* berdasarkan pemencaran nilai-nilai morfometriknya digunakan koefisien keragaman (CV) dengan rumus (Walpole 1995) :

$$CV = \frac{St. Dev}{M} \times 100\%$$

Dimana:

CV = koefisien keragaman; M = rata-rata morfometrik; St. dev = simpangan baku

Apabila nilai koefisien keragaman semakin besar, maka populasi memiliki nilai morfometrik yang memencar dan dengan pemencaran tersebut kompetisi antar individu suatu populasi berkurang serta menunjukkan adanya daya adaptasi yang luas. Sebaliknya, semakin rendah nilai koefisien keragaman, maka menunjukkan populasi mengelompok dan dengan pengelompokan tersebut kompetisi antar individu suatu populasi sangat tinggi serta menunjukkan adanya daya adaptasi yang rendah.

Data variasi spasial karakteristik populasi

Untuk mengidentifikasi karakteristik populasi yang paling berperan terhadap variasi spasial *R. apiculata*, maka dilakukan dengan pendekatan analisis diskriminan (*Discriminant Analysis/DA*) (Bengen 2000). Dalam penelitian ini, faktor respon dikarakterisasikan oleh kawasan industri minyak dan non industri, sedangkan faktor penjas dikarakterisasikan oleh morfometrik *R. apiculata*. Kemudian analisis diskriminan menggunakan *Statistical Package for Social Science* (SPSS) versi 19.

Faktor penentu kesehatan populasi *Rhizophora apiculata*

Untuk menentukan faktor-faktor yang menentukan baik buruknya kondisi kesehatan populasi *R. apiculata* antara kawasan industri perminyakan dan kawasan non industri digunakan analisis statistik multivariabel yang didasarkan pada analisis komponen utama (*Principle Component Analysis/PCA*) menggunakan SPSS versi 19. PCA adalah suatu analisis yang menjelaskan struktur varian-kovarian dari suatu himpunan variabel yang melalui beberapa kombinasi linear dari variabel-variabel tersebut (Johnson dan Wichern 2007). Kemudian PCA bertujuan untuk mengekstraksi data kualitas lingkungan menjadi suatu informasi dalam bentuk matriks yang memiliki kemiripan atau hubungan antar atribut dan dalam bentuk grafik yang mudah diinterpretasikan (Bengen 2000; Pradhan *et al.* 2009).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi kesehatan *Rhizophora apiculata*

Gambar 3-6 memperlihatkan adanya dua garis linier yang saling tidak bersambungan atau terjadi patahan, baik itu pada daun, bunga maupun buah. Hal ini menunjukkan populasi *R. apiculata* di semua stasiun dalam kondisi yang tidak sehat, diduga disebabkan oleh aktivitas-aktivitas yang ada di lokasi penelitian. Tekanan terbesar pada zona pesisir di wilayah perairan Asia Timur (Indonesia, Malaysia, Filipina, Singapura dan Thailand) terutama disebabkan oleh pertambangan mineral industri, pengeboran dan produksi minyak, eksploitasi hutan untuk kayu bakar, konversi lahan pertanian dan akuakultur, bahan bakar rumah tangga, arang, deforestasi, pembangunan pesisir maupun pencemaran (Fortes 1988).

Kompetisi individual dan daya adaptasi yang dimiliki populasi *R. apiculata* berdasarkan pemencaran nilai-nilai morfometriknya ditabulasi pada Tabel 1. Tabel 1 memperlihatkan rendahnya nilai rata-rata koefisien keragaman morfometrik daun, bunga dan buah di semua stasiun yakni berkisar antara 09.53 – 17.27%. Hal ini menunjukkan pertumbuhan populasi *R. apiculata* lebih mengelompok dan kompetisi antar individunya sangat tinggi, sehingga menyebabkan daya adaptasi populasi *R. apiculata* lebih rendah. Nurhamiyawan *et al.* (2013) menyatakan bahwa terjadinya kompetisi dalam suatu ekosistem adalah untuk memperebutkan kebutuhan hidup yang sama, dalam hal ini, kebutuhan hidup mangrove yang sering diperebutkan dapat berupa unsur hara, air tawar maupun cahaya matahari.

Tabel 1. Nilai koefisien keragaman *R. apiculata* berdasarkan pemencaran morfometrik

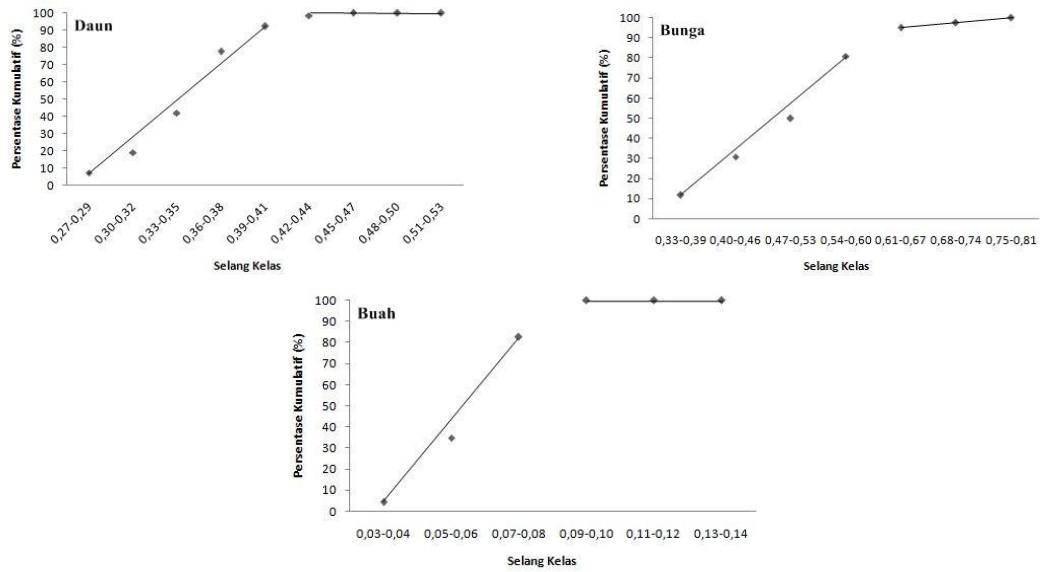
| Morfometrik | Stasiun Pengamatan | | | |
|------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Stasiun 1 (%) | Stasiun 2 (%) | Stasiun 3 (%) | Stasiun 4 (%) |
| Daun | 10.96 | 08.54 | 10.95 | 11.58 |
| Bunga | 18.68 | 19.98 | 12.72 | 13.26 |
| Buah | 22.17 | 00.07 | 15.92 | 17.74 |
| Rata-Rata | 17.27 | 09.53 | 13.19 | 14.19 |

Variasi spasial karakteristik populasi *Rhizophora apiculata*

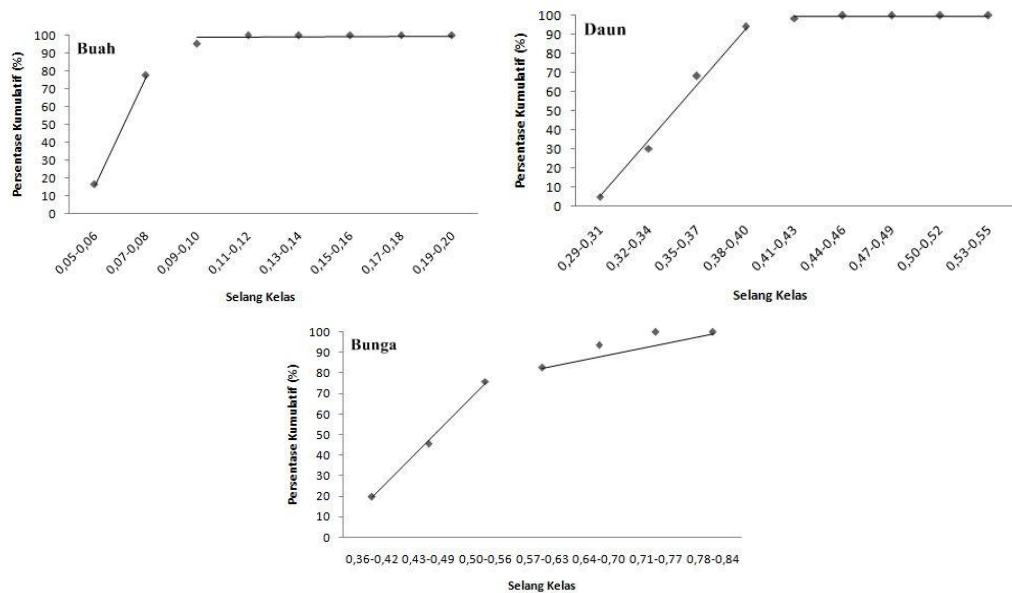
Hasil olahan data kualitatif dan kuantitatif menggunakan analisis diskriminan terhadap 253 sampel morfologi *R. apiculata*, diperoleh 129 sampel di kawasan industri minyak dan 124 sampel di kawasan non industri. Fungsi diskriminan antara kawasan industri minyak dengan non industri dalam penelitian ini adalah:

$$D = -1.708 (\text{konstan}) + 0.110 (X1) - 4.729 (X2) + 2.348 (X3) + 4.051 (X4) - 0.168 (X5) + 1.085 (X6)$$

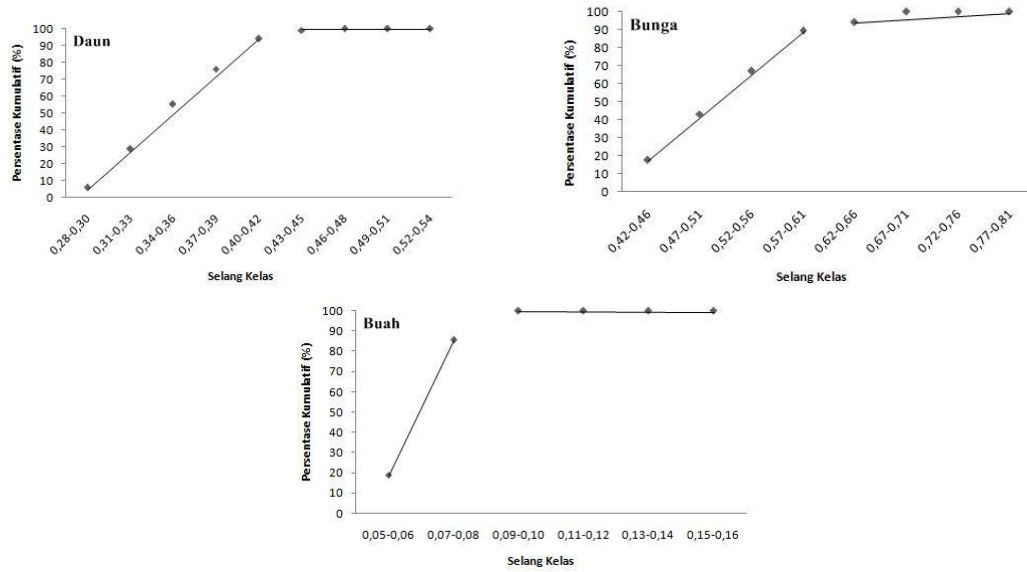
Keterangan: D: skor diskriminan; X1: panjang buah; X2: diameter buah; X3: panjang kelopak bunga; X4: lebar kelopak bunga; X5: panjang daun; X6: panjang tangkai daun.



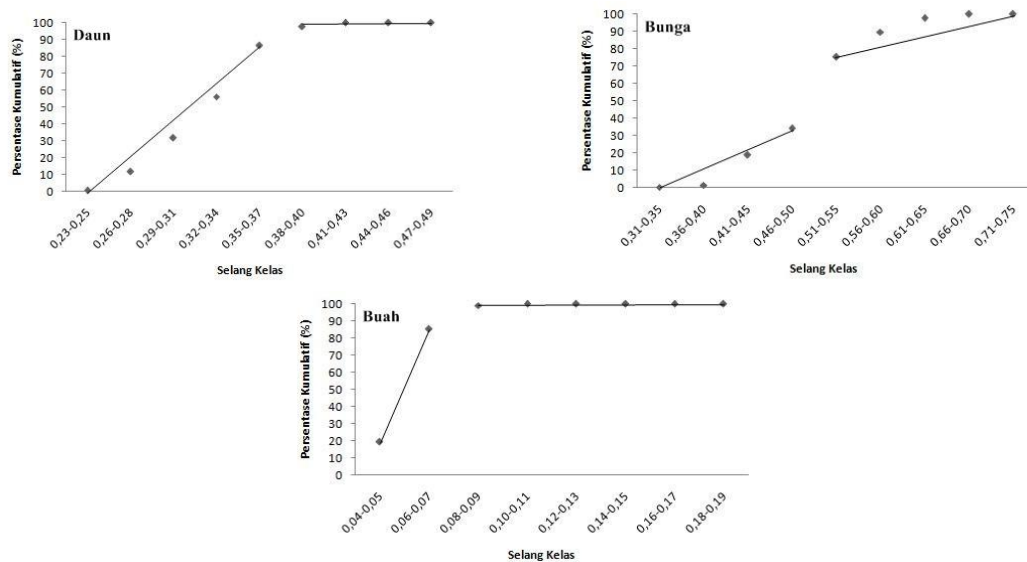
Gambar 3. Grafik distribusi normal morfometrik *R. apiculata* Stasiun 1



Gambar 4. Grafik distribusi normal morfometrik *R. apiculata* Stasiun 2



Gambar 5. Grafik distribusi normal morfometrik *R. apiculata* Stasiun 3



Gambar 6. Grafik distribusi normal morfometrik *R. apiculata* Stasiun 4

Peranan masing-masing variabel dalam fungsi diskriminan dapat diketahui dari nilai koefisien baku (terstandarisasi) dan struktur matriks yang ada. Tabel 2 memperlihatkan bahwa pada kolom koefisien baku terdapat nilai yang positif (X1, X3, X4 dan X6) dan ada nilai yang negatif (X2 dan X5). Koefisien baku bernilai positif menggambarkan bahwa semakin besar nilai koefisien baku dari suatu variabel bebas (prediktor), maka semakin besar pula *discriminating power* dari variabel yang bersangkutan. Kondisi sebaliknya terjadi pada variabel dengan koefisien baku yang bernilai negatif. Berdasarkan hal tersebut, maka diketahui bahwa variabel yang paling mencirikan antara kawasan industri minyak dan kawasan non industri adalah panjang tangkai daun ($X6 = 0.577$). Hal ini disebabkan tingginya kerapatan populasi *R. apiculata* di kawasan non industri serta respon untuk mendapatkan cahaya yang cukup. Onrizal (2005) menyatakan

bahwa daun-daun mangrove yang berada pada tajuk teratas, maka secara tajam posisinya condong dan kadang-kadang posisinya mendekati vertikal, sedangkan daun yang berada jauh atau di antara tajuk, posisinya cenderung horizontal, sehingga radiasi sinar matahari hanya terseleksi sepanjang permukaan fotosintetik saja.

Tabel 2 Ringkasan hasil analisis diskriminan

| Konst. = -1,708 | Wilks' Lambda | F-value | p-level | Koefisien Baku | Struktur Matriks |
|----------------------------|--------------------------|----------------|----------------|---------------------------|-----------------------------|
| Variabel | | | | | |
| X ₁ | 0.966 | 8.826 | 0.003 | 0.398 | 0.215 |
| X ₂ | 0.776 | 72.256 | 0.000 | -0.711 | -0.614 |
| X ₃ | 0.851 | 43.981 | 0.000 | 0.397 | 0.479 |
| X ₄ | 0.864 | 39.398 | 0.000 | 0.288 | 0.454 |
| X ₅ | 0.995 | 1.383 | 0.241 | -0.520 | -0.085 |
| X ₆ | 0.972 | 7.339 | 0.007 | 0.577 | 0.196 |

Pengaruh kualitas lingkungan terhadap populasi Rhizophora apiculata

Hasil analisis PCA memperlihatkan bahwa terdapat 3 variabel yang menentukan baik buruknya kondisi kesehatan populasi *R. apiculata*, baik itu pada kawasan industri perminyakan maupun pada kawasan non industri. Variabel pertama ditentukan oleh parameter logam berat Pb, pH, suhu dan DO. Sementara variabel kedua ditentukan oleh parameter TPH dan trigliserida, sedangkan variabel ketiga ditentukan oleh salinitas dan potensial redoks (Tabel 3).

Selanjutnya, Tabel 3 juga memperlihatkan bahwa variabel pertama memiliki nilai varian yang tinggi bila dibandingkan dengan variabel yang lain, sehingga parameter logam berat Pb, pH, suhu dan DO merupakan faktor utama yang menentukan baik buruknya kondisi kesehatan populasi *R. apiculata* pada kawasan industri perminyakan dan kawasan non industri Provinsi Riau. Forstner dan Muller (1981) menyatakan bahwa sedimen laut di daerah pesisir yang berdekatan dengan daerah industri, biasanya tercemar oleh logam berat dengan jumlahnya lebih tinggi daripada yang disebabkan secara alami. Kemudian Chan (1995) dan Chen *et al.* (2007) menyatakan bahwa aktivitas dari pelabuhan maupun industri dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap peningkatan konsentrasi logam berat di kawasan sekitarnya

Tabel 3 Ringkasan Analisis Komponen Utama (PCA) populasi *R. apiculata* pada kawasan industri perminyakan dan non industri di Provinsi Riau

| Principal Component (PC) | Nama Variabel | Faktor Loading | Varian yang dijelaskan (%) |
|-------------------------------------|--------------------------|---------------------------|---|
| 1 | Logam berat Pb | 0.905 | 33.36 |
| | pH | 0.871 | |
| | Suhu | -0.685 | |
| | DO | -0.599 | |
| 2 | TPH | 0.983 | 30.34 |
| | Trigliserida | 0.982 | |
| 3 | Salinitas | 0.916 | 15.57 |
| | Potensial Redoks | 0.590 | |

KESIMPULAN

Kondisi kesehatan populasi *R. apiculata* di kawasan industri perminyakan Provinsi Riau dan kawasan non industri banyak mengalami tekanan atau gangguan dari luar, komunitasnya terganggu dan sistemnya rapuh. Kemudian variabel yang paling mencirikan antara populasi *R. apiculata* di kawasan industri minyak dengan kawasan non industri adalah panjang tangkai daun, sedangkan variabel yang paling menentukan baik buruknya kondisi kesehatan populasi *R. apiculata* antar dua kawasan adalah parameter logam berat Pb, pH, suhu dan DO

DAFTAR PUSTAKA

- Alongi DM. 2008. Mangrove forests: Resilience, protection from tsunamis, and responses to global climate change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 76:1-13.
- Alongi DM. 2014. Carbon cycling and storage in mangrove forests. *Annual Review of Marine Science* 6:195–219.
- Baker JM. 1982. Mangrove swamps and the oil industry. *Oil and Petrochemical Pollution* 1:5-22.
- Barbier EB. 2012. Progress and challenges in valuing coastal and marine ecosystem services. *Review of Environmental Economics and Policy* 6(1):1–19.
- Barbier EB. 2014. A global strategy for protecting vulnerable coastal populations. *Science* 345(6202):1250-1251.
- Bayas JCL, Marohn C, Dercon G, Dewi S, Piepho HP, Joshi L, Noordwijk MN, Cadisch G. 2011. Influence of coastal vegetation on the 2004 tsunami wave impact in west Aceh. *Proceedings of The National Academy of Sciences* 108(46):18612–18617.
- Bayen S. 2012. Occurrence, bioavailability and toxic effects of trace metals and organic contaminants in mangrove ecosystems: A review. *Environment International* 48:84-101.
- Bengen DG. 2000. *Teknik Pengambilan Contoh dan Analisis Data Biofisik Sumberdaya Pesisir*. PKSPL-IPB. Bogor (ID): IPB Pr.
- Bengen DG. 2004. *Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan IPB. Bogor.
- Bilal J. 1989. Long and short term effects of oil pollution on marine ecosystem in ASEAN region. *Proceedings Joint CCOP/ASCOPE/NECOR Workshop on Regional (ASEAN) Oil Spill Contingency Planning/Oil Drift Model, Environmental Impact Analysis and Water Effluent from Platforms/Refineries*. 1989 October 9-14.
- Chan KM. 1995. Metallothionein: Potential biomarker monitoring heavy metal pollution in fish around Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin* 31:411 - 415.

- Chaudhuri P, Nath B, Birch G. 2014. Accumulation of trace metals in grey mangrove *Avicennia marina* fine nutritive roots: The role of rhizosphere processes. *Marine Pollution Bulletin* 79:284-292.
- Chen C, Kao C, Chen C, Dong C. 2007. Distribution and accumulation of heavy metals in sediments of Kaoshiung Harbor, Taiwan. *Chemosphere* 66:1431 - 1440.
- Clark RB. 1986. *Marine pollution*. Oxford (ENG): Claredon Pr.
- Damayanti F. 2007. Analisis jumlah kromosom dan anatomi stomata pada beberapa plasma nutfah Pisang (*Musa* sp.) asal Kalimantan Timur. *Bioscientiae* 4(2):53-61.
- Donato DC, Kauffman JB, Murdiyarso D, Kurnianto S, Stidham M, Kanninen M. 2011. Mangroves among the most carbon-rich forests in the tropics. *Nature Geoscience* 4:293-297.
- Fatonah S, Asih D, Mulyanti D, Iriani D. 2013. Penentuan waktu pembukaan stomata pada gulma *Melastoma malabathricum* L. di perkebunan Gambir Kampar, Riau. *Biospecies* 6(2):15-22.
- Forstner U, Muller G. 1981. Concentrations of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in river sediments: Geochemical background, man's influence and environmental impact. *Geojournal* 5(5):417- 432.
- Fortes MD. 1988. Mangrove and seagrass beds of East Asia: Habitats under stress. *Ambio* 17(3):207-213.
- Gillis LG, Bouma TJ, Jones CG, Katwijk MMV, Nagelkerken I, Jeuken CJL, Herman PMJ, Ziegler AD. 2014. Potential for landscape-scale positive interactions among tropical marine ecosystems. *Marine Ecology Progress Series* 503:289–303.
- Gilman EL, Ellison J, Duke NC, Field C. 2008. Threats to mangroves from climate change and adaptation option: A review. *Aquatic Botany* 89:237-250.
- Holguin G, Gonzalez-Zamorano P, De-Bashan LE, Mendoza R, Amador E, Bashan Y. 2006. Mangrove health in an arid environment encroached by urban development – A case study. *Science of The Total Environment* 363:260- 274.
- Huxam M, Emerton L, Kairo J, Munyi F, Abdirizak H, Muriuki T, Nunun F, Briers RA. 2015. Applying climate compatible development and economic valuation to coastal management: A case study of Kenya's mangrove forests. *Environmental Management* 157:168-181.
- Johnson R, Wichern D. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis*. 6th ed. New Jersey (NJ): Pearson Prentice Hall.
- Kaewtubtim P, Meeinkuirt W, Seepom S, Pichtel J. 2016. Heavy metal phytoremediation potential of plant species in a mangrove ecosystem in Pattani Bay, Thailand. *Applied Ecology and Environmental Research* 14(1):367-382.

- Kitamura S, Chairil A, Amalyos C, Shigeyuki B. 1997. *Buku Panduan Mangrove di Indonesia - Bali dan Lombok*. Okinawa (JPN): JICA.
- Lestari EG. 2006. Hubungan antara kerapatan stomata dengan ketahanan kekeringan pada somaklon padi Gajahmungkur, Towuti dan IR 64. *Biodiversitas* 7(1):44-48.
- Lugo AE. 1978. Stress and Ecosystems, p. 62- 101. In: *Energy and Environmental Stress in Aquatic Systems*. U.S. DOE Symp.Ser. CONF-77 114.NTIS.
- MacFarlane GR, Koller CE, Blomberg SP. 2007. Accumulation and partitioning of heavy metals in mangroves: A synthesis of field-based studies. *Chemosphere* 69:1454-1464.
- Marois DE, Mitsch WJ. 2015. Coastal protection from tsunamis and cyclones provided by mangrove wetlands – a review. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management* 1:71-83.
- Mastaller M. 1996. Destruction of mangrove wetlands-causes and consequences. *Natural Resources and Development* 43(44):37-57.
- McIvor A, Moller I, Spencer T, Spalding M. 2012a. *Reduction of Wind and Swell Waves by Mangroves*. Natural Coastal Protection Series: Report 1. Cambridge Coastal Research Unit Working Paper 40. Published by The Nature Conservancy and Wetlands International. 27 p.
- McIvor A, Moller I, Spencer T, Spalding M. 2012b. *Storm Surge Reduction by Mangroves*. Natural Coastal Protection Series: Report 2 Cambridge Coastal Research Unit Working Paper 41. Published by The Nature Conservancy and Wetlands International. 35 p.
- Mucha AP, Vasconcelos MTSD, Bordalo AA. 2003. Macro benthic community in the Douro Estuary: Relations with trace metals and natural sediment characteristics. *Environmental Pollution* 121:169–180.
- Munawar, Zaidan. 2013. Bioremediasi limbah minyak bumi dengan teknik biopile di lapangan Klamono Papua. *Sains dan Matematika* 1(2):41-46.
- Noor YR, Khazali M, Suryadiputra INN. 2006. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. Bogor (ID):PHKA/WI-IP.
- Nurhamiyawan ENL, Prihandono B, Helmi. 2013. Analisis dinamika model kompetisi dua populasi yang hidup bersama di titik kesetimbangan tidak terdefinisi. *Buletin Ilmiah Matematika, Statistika dan Terapannya* 2(3):197-204.
- Onrizal. 2005. *Adaptasi Tumbuhan Mangrove pada Lingkungan Salin dan Jenuh Air*. Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Polidoro BA, Carpenter KE, Collins L, Duke NC, Ellison AM, Ellison JC, Farnsworth EJ, Fernando ES, Kathiresan K, Koedam NE, Livingstone SR, Miyagi T, Moore GE, Nam VN, Ong JE, Primavera JH, Salmo SG, Sanciangco JC, Sukardjo S, Wang Y, Yong JWH. 2010. The loss of species: Mangrove extinction risk and geographic area of global concern. *Plos One* 5(4):1-10.

- Pradhan UK, Shirodkar PV, Sahu BK. 2009. Physico-chemical characteristics of the coastal water off Devi estuary, Orissa and evaluation of its seasonal changes using chemometric techniques. *Current Science* 96(9):1203-1209.
- Saenger P, Hegerl J, Davie JDS. 1983. *Global Status of Mangrove Ecosystem*. Commission on Ecology Papers No.3. IUCN. Gland, Switzerland.
- Sandilyan S, Kathiresan K. 2015. Mangroves as bioshield: An undisputable fact. *Ocean and Coastal Management* 103:94-96.
- Sarno, Suwignyo RA, Dahlan Z, Mundandar, Ridho MR. 2015. Primary mangrove forest structure and biodiversity. *International Journal of Agriculture System* 3(2):135-141.
- Sass JE. 1951. *Botanical Microtechnique*. Iowa: Iowa State Coll Pr.
- Satheeshkumar P, Khan AB. 2012. Identification of mangrove water quality by multivariate statistical analysis methods in Pondicherry coast, India. *Environmental Monitoring and Assessment* 184:3761–3774.
- Setyono P, Soetarto ES. 2008. Biomonitoring degradasi ekosistem akibat limbah CPO di Muara Sungai Mentaya Kalimantan Tengah dengan metode elektromorf isozim esterase. *Biodiversitas* 9(3):232-236.
- Soemodihardjo S, Soeroyo. 1994. Dampak pencemaran terhadap komunitas mangrove. *Dalam: Seminar Pemantauan Pencemaran Laut*. 1994 Februari 07 – 09. Jakarta, Indonesia. Jakarta (ID). Hlm 92-98.
- Spalding MD, Ruffo S, Lacambra C, Meliane I, Hale LZ, Shepard CC, Beck MW. 2014. The role of ecosystems in coastal protection: Adapting to climate change and coastal hazards. *Ocean and Coastal Management* 90:50-57.
- Sudarmadji, Hargono S, Suhardi B. 1997. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta (ID): Liberty.
- Tahir I, Yoeswono. 2009. Optimasi proses transesterifikasi minyak sawit dengan methanol dan katalis KOH untuk pembuatan biodiesel. *Dalam: Seminar Nasional Kimia Jurusan Pendidikan FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta*. 17 Oktober 2009. Yogyakarta, Indonesia. Hal 179-184.
- [UNEP] United Nations Environment Programme. 2014. *The Importance of Mangroves to People: A Call To Action*. van Bochove J, Sullivan E, Nakamura T. (Eds). United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre, Cambridge.128 p.
- Vane CH, Harrison I, Kim AW, Moss-Hayes V, Vickers BP, Hong K. 2009. Organic and metal contamination in surface mangrove sediments of South China. *Marine Pollution Bulletin* 58:134–144.
- Walpole RE. 1995. *Pengantar Statistika: Edisi 3*. Jakarta (ID): Gramedia Pustaka Utama. 516 hal.
- Walters BB, Ronnback P, Kovacs JM, Crona B, Hussain SA, Badola R, Primavera JH, Barbier E, Dahdouh-Guebas F. 2008. Ethnobiology, socio-economics and management of mangrove forests: A review. *Aquatic Botany* 89:220-236.

- Yap CK, Ismail A, Tan SG, Omar H. 2002. Concentrations of Cu and Pb in the offshore and intertidal sediments of the west coast of Peninsular Malaysia. *Environment International* 28:467–479.
- Yulia ND, Juliarni. 2007. *Paraphalaenopsis laycockii* (M. R. Henderson) A. D. Hawkes: Tinjauan terhadap morfologi tanaman dan anatomi daun. *Buletin Kebun Raya Indonesia* 10(2):47-52.