

Ekosistem Mangrove dan Mitigasi Pemanasan Global

Anisa Fitria^{1*}, Ghesang Dwiyanoto¹

¹Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Rawamangun, RT.11/RW.14, Rawamangun, Jakarta Timur

Kata Kunci:

mitigasi,
ekosistem mangrove,
pemanasan global

Abstrak

Pemanasan global berdampak pada kehidupan di dunia dan dirasakan oleh seluruh makhluk hidup. Salah satu penyebab terjadinya pemanasan global adalah peningkatan emisi karbon dioksida. Ekosistem mangrove memiliki fungsi seperti hutan lainnya yaitu menyerap karbon dan juga berperan penting dalam mitigasi pemanasan global. Penelitian ini dilakukan untuk mengulas dan mengetahui pentingnya ekosistem mangrove dalam mitigasi pemanasan global. Metode penelitian yang digunakan studi literatur atau kajian pustaka dengan mengkaji beberapa artikel terkait. Studi literatur digunakan sebagai metode pengumpulan data dengan melakukan penggabungan beberapa data penelitian yang tercantum dalam artikel ilmiah yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan untuk mendapatkan suatu pemecahan masalah. Penelitian relevan dikumpulkan oleh penulis kemudian dikaji lebih dalam untuk membahas kembali peran ekosistem bagi mitigasi pemanasan global. Hasilnya ekosistem mangrove memiliki potensi mitigasi yang sangat besar sebagai solusi untuk mengatasi bencana yang disebabkan oleh perubahan iklim akibat pemanasan global.

Keywords:

mitigation,
mangrove ecosystems,
global warming

Abstract

Global warming has an impact on life in the world and is felt by all living things. One of the causes of increasing global warming is an increase in carbon dioxide emissions. Mangrove ecosystems have functions like other forests that contain carbon and are also important in mitigating global warming. This research aims to review and discuss the importance of the mangrove ecosystems in global mitigation. The research method used is the study of literature or literature review by examining several related articles. Literature study as a data collection method by combining some research data collected in scientific articles that are relevant to the research that might out to get a solution to the problem. Relevant research collected by the author is then reviewed for re-discussion of ecosystems to mitigate global warming. The mangrove ecosystem has enormous mitigation potential as solutions to overcome disasters caused by climate change due to global warming.

* Penulis koresponden: anisafitria_pbio17s1@mahasiswa.unj.ac.id

1 PENDAHULUAN

Pemanasan global adalah peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi akibat efek gas rumah kaca, seperti emisi karbon dioksida dari pembakaran bahan bakar fosil atau dari deforestasi. Pemanasan global berdampak pada kehidupan di dunia dan dirasakan oleh seluruh makhluk hidup. Pemanasan global dapat berdampak pada perubahan iklim dan juga kenaikan muka air laut. Akibat dampak tersebut dapat terjadi bencana alam seperti erosi, banjir dan pergeseran lahan basah serta perubahan kualitas air (Asadi, Semedi, & Soegianto, 2019). Salah satu penyebab terjadinya pemanasan global adalah peningkatan emisi karbon dioksida. Nasprianto (2016) mengungkapkan bahwa ekosistem yang terdapat pada kawasan pesisir termasuk Mangrove memiliki peran yang sangat penting terhadap total budget karbon. Ekosistem Mangrove adalah salah satu ekosistem di kawasan pesisir yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut (Tomlinson, 1986). Ekosistem Mangrove dapat hidup dengan baik dalam wilayah pesisir, sehingga ekosistem ini dapat mendukung lingkungan pantai. Ekosistem Mangrove memiliki fungsi seperti hutan lainnya yaitu menyerap karbon (Nasprianto, 2016). Ekosistem mangrove berfungsi sebagai pencegah abrasi, produsen bagi biota laut lainnya dan juga sebagai upaya mitigasi dari pemanasan global. Ekosistem Mangrove memiliki kemampuan untuk menyimpan karbon lebih banyak dibandingkan hutan lainnya. Sutaryo (2009), mengungkapkan, Mangrove menyerap karbon dioksida dari atmosfer untuk proses fotosintesis yang kemudian akan diubah menjadi karbon organik dalam bentuk biomassa.

Ekosistem Mangrove di Indonesia memiliki banyak keanekaragaman jenis di antaranya adalah *Rhizophora* sp., *Avicenna* sp., *Sonneratia* sp., *Bruguiera* sp., *Xylocarpus* sp., *Ceriops* sp., dan *Exoecaria* sp. Ekosistem berperan baik bagi lingkungan maupun manusia. Ekosistem Mangrove memiliki peran yang sangat penting dalam mitigasi pemanasan global, oleh sebab itu diperlukan konservasi guna melindungi ekosistem Mangrove. Penelitian ini dilakukan untuk mengulas dan mengetahui pentingnya ekosistem mangrove dalam mitigasi pemanasan global.

2 METODE PENELITIAN

Artikel ini disusun menggunakan metode studi literatur dengan mengkaji beberapa artikel terkait. Studi literatur digunakan sebagai metode pengumpulan data dengan melakukan penggabungan beberapa data penelitian yang tercantum dalam artikel ilmiah yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan untuk mendapatkan suatu pemecahan masalah.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hutan mangrove adalah ekosistem hutan daerah pantai yang terdiri dari kelompok pepohonan yang bisa hidup dalam lingkungan berkadar garam tinggi. Nontji (2007), menyatakan bahwa daerah mangrove merupakan suatu tempat yang dinamis, dimana tanah lumpur dan daratan secara kontinu dibentuk oleh tumbuh-tumbuhan yang kemudian secara perlahan-lahan berubah menjadi daerah semi teresterial (semi daratan). Secara ringkas hutan mangrove dapat didefinisikan sebagai suatu tipe hutan yang tumbuh di daerah pasang surut (terutama di pantai yang terlindung, laguna, muara sungai) yang tergenang pasang dan bebas dari genangan pada saat surut yang komunitas tumbuhannya bertoleransi terhadap garam. Ada beberapa istilah lain dari hutan mangrove antara lain: Tidal Forest (hutan pasang surut), Coastal Woodland (kebun kayu pesisir), Hutan Payau, dan Hutan bakau (Subekti, 2009). Hutan mangrove memiliki beragam fungsi. Fungsi biologis hutan mangrove adalah sebagai sumber kesuburan perairan, tempat perkembangbiakan dan pegasuhan berbagai biota laut, tempat bersarangnya burung-burung (khususnya burung air), habitat berbagai satwa liar dan sumber keanekaragaman hayati (Khazali 2001).

Fungsi Mangrove

Ekosistem mangrove berfungsi sebagai habitat berbagai jenis satwa. Ekosistem mangrove berperan penting dalam pengembangan perikanan pantai (Heriyanto dan Subiandono, 2012) karena merupakan tempat berkembang biak, memijah, dan membesarkan anak bagi beberapa jenis ikan, kerang, kepiting, dan udang (Kariada dan Andin, 2014; Djohan, 2007). Hutan mangrove menyediakan perlindungan dan makanan berupa bahan organik ke dalam rantai makan

(Hogarth, 2001). Jenis plankton di perairan mangrove lebih banyak dibandingkan di perairan terbuka (Qiptiyah, dkk, 2008). Bagian kanopi mangrove pun merupakan habitat untuk berbagai jenis hewan darat, seperti monyet, serangga, burung, dan kelelawar (Supriharyono, 2009).

Menurut Noor dkk (2006), pada ekosistem mangrove yang tanahnya berpasir, umumnya didominasi oleh jenis *Sonneratia* sp., sedangkan jenis *Avicennia* sp. dan *Rhizophora* sp. cenderung mendominasi pada daerah yang berlumpur. Jenis-jenis yang mendominasi tersebut, termasuk ke dalam jenis mangrove mayor (Halidah, 2014). Hutan mangrove mempunyai manfaat ganda dan merupakan mata rantai yang sangat penting dalam memelihara keseimbangan biologi di suatu perairan. Selain itu hutan mangrove merupakan suatu kawasan yang mempunyai tingkat produktivitas tinggi. Tingginya produktivitas ini karena memperoleh bantuan energi berupa zat-zat makanan yang diangkut melalui gerakan pasang surut. Keadaan ini menjadikan hutan mangrove memegang peranan penting bagi kehidupan biota seperti ikan, udang, moluska dan lainnya. Selain itu hutan mangrove juga berperan sebagai pendaur zat hara, penyedia makanan, tempat memijah, berlindung dan tempat tumbuh (Schadu, 2012).

Menurut Sri Subekti (2009), hutan mangrove memiliki 4 fungsi spesifik yang dapat mempengaruhi kualitas perairan pesisir yaitu:

1. Kemampuannya mensuplai nutrisi bagi perairan di sekitarnya. Dalam kajian yang dilakukan oleh ecoton tercatat lebih dari 7 ton/ha/tahun serasah (daun kering) diproduksi oleh ekosistem mangrove di pesisir Surabaya hasil ini setara dengan produktivitas ekosistem mangrove umumnya yang tersebar dari daerah tropis sampai sub tropis serasah mangrove memainkan peranan penting dalam proses ini karena serasah mengandung 40% senyawa larut dalam air yang diubah menjadi biomassa bakteri kurang dari 8 jam setelah gugur ke perairan mangrove. Hal ini membuat kawasan mangrove sering dikunjungi oleh beragam satwa untuk mendapatkan nutrisi. Sebanyak 90% dari jumlah ikan yang ditangkap dalam jarak 10 km dari pantai mengandung fragmen mangrove dalam ususnya (Subekti, 2009).
2. Mangrove sebagai habitat burung air. Sebagai ekosistem yang subur dan kaya akan nutrisi membuat kawasan ini ramai dikunjungi oleh beragam satwa seperti burung (Subekti, 2009).
3. Keberadaan mangrove berperan penting dalam siklus hidup beberapa biota yang bernilai ekonomis seperti kepiting, udang, bandeng dan ikan laut lainnya, karena pada masa bertelur dan memijahkan anaknya sebagian besar biota-biota itu bersiklus di kawasan pesisir yang bermangrove, baru setelah mereka dewasa akan kembali ke laut lepas. Hal ini dapat ditunjukkan dengan tingginya populasi zooplankton (mata rantai penting dalam jaring-jaring makanan. Keberadaannya dapat menghubungkan antara produsen I dengan konsumen I) organisme ini sebagian besar akan tumbuh dewasa menjadi jenis ikan, udang, kepiting dan kerang (Subekti, 2009).
4. selain itu beberapa jenis pohon mangrove seperti Pohon Baku (*Rhizophora mucronata*) dan Pohon Api-api (*Avicennia marina*) memiliki kemampuan dalam mengakumulasi (menyerap dan menyimpan dalam organ daun, akar dan batang) logam berat pencemar, sehingga keberadaan mangrove di perairan payau tersebut berperan untuk menyaring dan mereduksi tingkat pencemaran logam berat di perairan laut (Subekti, 2009).

Ekosistem mangrove memiliki potensi mitigasi yang sangat besar untuk mengatasi bencana yang disebabkan oleh perubahan iklim akibat pemanasan global. Berdasarkan data yang disampaikan oleh Mudiaryso et al (2015), dikatakan bahwa vegetasi ekosistem mangrove merupakan penyerap gas rumah kaca, terutama gas karbon yang cukup tinggi.

Pemanasan global

Pemanasan global adalah meningkatnya suhu rata-rata permukaan bumi akibat jumlah emisi gas rumah kaca di atmosfer. Pemanasan global dapat memberikan dampak terjadinya perubahan iklim global yaitu pada proses penguapan, pembentukan awan, pola hujan dan kecepatan angin (Subekti, 2009).

Mangrove adalah suatu komunitas tumbuhan atau suatu individu jenis tumbuhan yang membentuk komunitas tersebut di daerah pasang surut. Hutan mangrove adalah tipe hutan yang secara alami dipengaruhi oleh pasang surut air laut, tergenang pada saat

pasang naik dan bebas dari genangan pada saat pasang rendah. Ekosistem mangrove adalah suatu sistem yang terdiri atas lingkungan biotik dan abiotik yang saling berinteraksi di dalam suatu habitat mangrove (Subekti, 2009). Sejak tahun 1880, bumi telah menghangat 0.6-0.8 °C dan itu diproyeksikan akan meningkat 2-6 °C pada tahun 2100 dan sebagian besar disebabkan oleh manusia (Houghton et al., 2001). Peningkatan suhu atmosfer dan laut tidak mempunyai pengaruh yang besar terhadap ekosistem mangrove, karena tingkat perubahan yang diproyeksikan jauh lebih rendah dari pada tingkat adaptasi mangrove terhadap perubahan yang terjadi sehingga hal ini masih dapat ditolerir oleh ekosistem mangrove (Field 1995).

Carbon sink

Kerusakan dan penurunan luas ekosistem mangrove berhubungan dengan penyerapan dan penyimpanan karbon guna pengurangan kadar CO₂ di udara. Tanaman mangrove akan mengubah CO₂ di udara melalui proses fotosintesis yang kemudian didistribusikan ke organ tumbuhan lainnya, seperti batang, daun, akar, buah, dsb. Dinilhuda et al.(2018), menyebutkan bahwa kemampuan penyerapan CO₂ oleh mangrove tergantung kepada produksi dan kepadatan biomassa tegakan jenis pohon. Tanaman mangrove menyerap dan menyimpan lebih tinggi sampai 20 kali lipat dibandingkan vegetasi hutan yang tumbuh di daratan. Penyimpanan karbon pada ekosistem mangrove termasuk juga pada biomassa yang dihasilkan dan habitat mangrove sampai kedalaman di bawah 30 cm yang akan tersimpan dalam kurun waktu yang panjang. Sebagai penyerap dan penyimpan karbon, mangrove dapat menyimpan karbon lebih banyak dari hampir semua ekosistem di bumi, sehingga ekosistem ini dapat berperan penting pula dalam upaya mitigasi pemanasan global. Hampir 40% dari biomassa pohon adalah karbon, dimana melalui proses fotosintesis dapat menyerap karbon dioksida dari atmosfer dan mengubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat). Penyimpanan karbon pada ekosistem mangrove dapat dalam biomassa vegetasinya seperti dalam batang, daun, akar, umbi, buah dan lainnya. Estimasi potensi penyimpanan karbon dalam vegetasi mangrove sebagai mitigasi pemanasan global, menjadikan indikator penting bagi konservasi ekosistem mangrove (Dinilhuda et al., 2018)

Semakin tua umur suatu tegakan, akan semakin banyak cadangan karbon yang disimpannya. Jenis-jenis kayu keras, umumnya akan lebih banyak menyimpan karbon dibandingkan kayu-kayu lunak. Oleh karena itu, kandungan karbon untuk setiap jenis vegetasi mangrove akan berbeda satu dengan yang lainnya, tergantung kepada massa jenis kayu. Semakin tinggi massa jenis kayu, semakin banyak kandungan biomassa. Semakin besar kandungan biomassa, maka kandungan karbon tersimpan juga akan semakin besar. Selama pohon atau tegakan itu hidup, maka proses penyerapan karbon dioksida dari atmosfer terus berlangsung (Senoaji, 2016).

Dengan kemampuan mangrove dalam menyimpan karbon, maka peningkatan emisi karbon di alam tentu dapat lebih dikurangi (Asadi et al., 2019). Jadi dalam hal ini habitat mangrove merupakan tempat pembenaman karbon (carbon sinks) yang besar. Menurut beberapa literatur, carbon sinks, atau carbon dioxide sinks, adalah reservoir atau tempat untuk menyimpan atau menyerap gas karbon dioksida yang terdapat di atmosfer bumi. Hutan dan laut adalah tempat alamiah di bumi ini yang berfungsi untuk menjadi tempat menyerap gas karbon dioksida. Beberapa ahli di negara-negara maju saat ini banyak yang aktif meneliti tentang proses ini dan berharap menemukan sebuah cara efektif untuk membuat sebuah proses buatan dalam rangka mengurangi laju perubahan iklim global (mitigasi pemanasan global). Hutan yang sedang tumbuh (hutan yang masih muda) akan berfungsi sangat baik sebagai carbon sinks, karena vegetasi di sana secara cepat akan menyerap banyak gas karbon dioksida pada proses fotosintesa dalam rangka tumbuh dan berkembangnya vegetasi (Nahak, Wonlele, & Kunci, 2002).

Potensi penyerapan karbon dipengaruhi oleh kemampuan pohon untuk menyerap karbon melalui proses fotosintesis. Tumbuhan memerlukan karbon dioksida (CO₂) pada proses fotosintesis yang akan diserap dari udara di atmosfer. Karbon yang diserap akan tersimpan dalam bentuk biomassa tumbuhan (Rachmawati et al., 2014). Biomassa dari penyerapan karbon merupakan jasa hutan sebagai upaya pemulihan lingkungan dengan pengurangan CO₂ di udara. Kehilangan atau terdegradasinya ekosistem mangrove akan menjadi sumber karbon dalam jumlah besar untuk efek rumah kaca (Sondak et al., 2015).

Mangrove bagi mitigasi pemanasan global

Pemanasan global adalah meningkatnya suhu rata-rata permukaan bumi akibat jumlah emisi gas rumah kaca di atmosfer. Efek gas rumah kaca merupakan akumulasi gas rumah kaca hasil emisi yang memantulkan panas/energi di atmosfer bumi dengan pantulan tersebut, sehingga bumi mengalami peningkatan temperatur. Pemanasan global dapat memberikan dampak terjadinya perubahan iklim global yaitu pada proses penguapan (Asadi, 2019).

Mangrove mempunyai daya adaptasi fisiologis yang sangat tinggi, tahan terhadap lingkungan dengan suhu perairan yang tinggi, fluktuasi salinitas yang luas dan tanah yang anaerobik. Salah satu faktor yang penting dalam adaptasi fisiologis tersebut adalah system pengudaraan di akar-akarnya (Odum dan Johannes 1975). Dengan kemampuan mangrove dalam menyimpan emisi karbon hal ini berdampak dalam pengendalian perubahan iklim global. Mitigasi pemanasan global oleh mangrove merupakan tindakan aktif untuk mencegah/memperlambat terjadinya perubahan iklim/pemanasan global dan mengurangi dampak perubahan iklim/pemanasan global melalui upaya penurunan emisi gas rumah kaca, peningkatan penyerapan gas rumah kaca, penggunaan energi rendah emisi (Senoaji et al., 2016).

Penanaman kembali mangrove dapat berpengaruh terhadap perubahan iklim global serta meningkatkan perlindungan wilayah pantai dari banjir dan badai. Pemerintah melalui Kementerian Kelautan dan Perikanan melakukan penanaman mangrove di berbagai wilayah yang bekerjasama dengan berbagai sektor swasta (Kuswando, 2017). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh purnobasuki 2006, dari hasil penelitian menunjukkan bahwa dibandingkan dengan kebanyakan hutan tropis, ternyata hutan mangrove memiliki kemampuan menyimpan karbon lebih banyak.

4 PENUTUP

Mangrove memiliki beragam fungsi baik secara ekologis maupun mitigasi. Fungsi ekologis mangrove adalah sebagai tempat perlindungan dan pembesaran bagi juvenil ikan, kepiting, udang, dan moluska, serta tempat bersarang dan migrasi utama untuk ratusan spesies burung. Sedangkan fungsi dalam

mitigasi perubahan iklim adalah kemampuannya dalam penyimpanan karbon melalui penyerapan biologis CO₂ dan menyimpan karbon di dalam tanah. Mangrove memberi sumbangan sangat potensial untuk mengurangi emisi karbon dibanding hutan hujan tropis. Mangrove dapat menyimpan 3-5 kali lebih banyak karbon pada luasan areal yang sama dari pada hutan hujan sehingga mangrove bermanfaat bagi ekosistem dalam mitigasi pemanasan global.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada bapak Ade dosen pengampu mata kuliah yang telah memberi dukungannya dan juga berbagai pihak baik yang secara langsung maupun tidak langsung yang ikut dalam membantu penulisan artikel ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Asadi, M. A., Semedi, B., & Soegianto, A. (2019). Carbon storage of mangrove ecosystems in Pasuruan and Probolinggo Regency, East Java, Indonesia, (August). Ecology, Environment and Conservation Paper <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.1231.7.67045>
- Asrofi, A., & Ritohardoyo, S. (2017). Strategi Adaptasi Masyarakat Pesisir Dalam Penanganan Bencana Banjir Rob Dan Implikasinya Terhadap Ketahanan Wilayah, *Jurnal Ketahanan Nasional*. 23(2), 125–144.
- Dinilhuda, A., Akbar, A. A., & Jumiati, J. (2018). Peran Ekosistem Mangrove Bagi Mitigasi Pemanasan Global. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(2). <https://doi.org/10.26418/jtsft.v18i2.31233>
- Djohan, T.S., 2007. Distribusi Hutan Bakau di Laguna Pantai Selatan Yogyakarta. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 14(1):15-25.
- Ellison JC. 2000. How South Pacific mangroves may respond to predicted climate change and sealevel rise. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Field CD. 1995. Impacts of expected climate change on mangroves. *Hydrobiologia* 295:75-81.

- Halidah, 2014. *Avecennia marina* (Forssk.) Vierh. Jenis Mangrove yang Kaya Manfaat. *Info Teknis Eboni*, 11(1):37-44.
- Heriyanto, N.M., dan Subiandono, E., 2012. Komposisi dan Struktur Tegakan, Biomasa, dan Potensi Kandungan Karbon Hutan Mangrove di Taman Nasional Alas Purwo. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 9(1):023-032.
- Hogarth, P.J., 2001. *The Biology of Mangroves (Biology of Habitats)*. Oxford Univesity Press. Oxford.
- Houghton J, Ding Y, Griggs D, Noguer M, P. van der Linden, Dai X, Maskell K. Johnson C. 2001. *The Scientific Basis. Published for the Intergovernmental Panel on Climate Change*. USA: Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York.
- Kariada, T.M., dan Andin, I., 2014. Peranan Mangrove sebagai Biofilter Pencemaran Air Wilayah Tambak Bandeng, Semarang. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 21(2):188-194.
- Komiyama, A., Pongparn, S., dan Kato S., 2
- Nahak, P. G., Wonlele, T., & Kunci, K. (2002). Studi Perencanaan Mitigasi Bencana Tsunami di Daerah Wisata Pantai Tablolong, 83–89.
- Nicolas, J., & Schadu, W. (2012). *Pengelolaan Ekosistem Mangrove Berbasis Mitigasi (Kasus Pulau-Pulau Kecil Taman Nasional Bunaken)*.
- Noor, R., Khazali, Y.M., dan Suryadiputra, I.I.N., 2006. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. PHKA/WI-IP. Bogor.
- Rachmawati, Ditha; Setyobudiandi, Isdradjad; dan Hilmi, Endang. 2014. Potensi Estimasi Karbon Tersimpan Pada Vegetasi Mangrove Di Wilayah Pesisir Muara Gembong Kabupaten Bekasi. *Jurnal Omni-Akuatika*, 13(19), 85 – 91.
- Regency, P. (2006). Keragaman Burung Air di Kawasan Hutan Mangrove Peniti , Kabupaten Pontianak *Waterbirds diversity in Peniti mangrove forest , Pontianak Regency*, 7, 63–66.
- <https://doi.org/10.13057/biodiv/d070116>
- Schadu, Joshian. 2012. *Pengelolaan Ekosistem Mangrove Berbasis Mitigasi*. Bogor: Intitut Pertanian Bogor.
- Senoaji, G., Hidayat, F., Kehutanan, J., Bengkulu, U., Raya, J., & Limun, K. (2016). Peranan Ekosistem Mangrove Di Pesisir Kota Bengkulu Dalam Mitigasi Pemanasan Global Melalui Penyimpanan Karbon. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 23(3), 327–333.
- Sutaryo, D., 2009. *Penghitungan Biomassa, Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon*. Wetlands International Indonesian Program. Bogor.
- Subekti, S. (2009). Pemanasan Global Dan Upaya Pengelolaan Mangrove. *Majalah Ilmiah Universitas Pandanaran*. 7 (15).
- Supriharyono, 2009. *Konservasi Ekosistem Sumberdaya Hayati di Wilayah Pesisir dan Laut Tropis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Sondak, Calvyn, F.A. 2015. Estimasi Potensi Penyerapan Karbon Biru (Blue Carbon) oleh Hutan Mangrove Sulawesi Utara. *Journal of ASEAN Studies on Maritime Issues*, 1(1), 24–29.
- Tomlinson, P.B. 1986. *The botany of mangrove*. Cambridge University Press. Cambridge, London, New York, New Rochelle, Melbourne, Sydney: p. 413.
- Qiptiyah, M., Halidah, dan Rakman, M.A., 2008. Struktur Komunitas Plankton di Perairan Mangrove dan Perairan Terbuka di Kabupaten Sinjai, Sulawesi Selatan. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 5(2):137-143.