

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ekosistem Mangrove

Istilah mangrove sendiri belum diketahui jelas asal usulnya, namun ada yang mengatakan berasal dari perpaduan Bahasa Portugis dan Inggris. Dalam bahasa Portugis salah satu jenis pohon ini dikenal dengan sebutan “*mangue*” yang berarti tumbuhan dan istilah Inggris “*grove*” berarti belukar, maka jika disatukan menjadi “*mangrove*” atau “*mangrave*” (Macnae, 1968). Istilah mangrove lainnya yaitu “*mangi-mangi*” atau “*mangin*” dari bahasa Malay. Mangrove merupakan komunitas pepohonan yang mendiami kawasan pertemuan perairan muara sungai dan air laut, terdiri dari beberapa spesies pohon mangrove yang mampu bertahan dan tumbuh pada genangan air dan arus pasang surut (Pramudji, 2000). Kawasan hutan mangrove dunia memiliki luas sekitar 15.9 juta Ha, sedangkan luasan mangrove di Asia mencapai 7,441,000 Ha, dari luasan mangrove dunia 27 % ada di Indonesia (Giri *et al.*, 2011). Salah satu kawasan mangrove Jawa Timur yang terletak di Kota Surabaya terbagi dalam beberapa lokasi, diantaranya pantai Timur dan Utara Surabaya serta sepanjang Jembatan Suramadu dengan luas dan kepadatan mangrove yang berbeda. Kawasan pusat mangrove Wonorejo merupakan salah satu lokasi mangrove yang menjadi pusat ekowisata Surabaya yang memiliki luas lahan 73.10 Ha (Ula, 2016).

Ekosistem mangrove merupakan salah satu ekosistem yang terdiri dari lingkungan biotik dan abiotik yang saling berinteraksi membentuk suatu hubungan timbal balik. Adapun beberapa aspek penunjang dalam suatu ekosistem, diantaranya fisika, kimia dan biologi. Aspek biologi yang ada dalam ekosistem

mangrove terdiri dari serasah, dekomposisi, ekstraksi mineral oleh mikroalga dan aktivitas lainnya yang saling berasosiasi satu sama lain (Utomo *et al.*, 2019)

Peranan mangrove dalam ekosistem diantaranya adalah sebagai penghubung dan penyeimbang antara ekosistem laut dan darata, tempat asimilasi bahan buangan. Tingginya kandungan bahan organik di perairan maupun sedimen hutan mangrove memungkinkan dapat menjadi tempat pembibitan biota yang hidup di ekosistem mangrove (Pramudji, 2000). Mangrove juga berperan sebagai pembentuk lahan dan sebagai habitat alami beberapa satwa liar dan daerah untuk tumbuhnya beberapa biota akuatik tertentu (Utomo *et al.*, 2019). Selain itu, mangrove dimanfaatkan untuk kegiatan manusia seperti tambak ikan, lahan pertanian (Kristine *et al.*, 2013), bahkan sebagai tempat pembuangan sampah rumah tangga yang banyak ditemukan disekitarnya (Ula, 2016).

2.2 Mikroalga

Mikroalga merupakan organisme mikroskopis, uniseluler yang diklasifikasikan sebagai mikroorganisme eukariotik atau cyanobakteria prokariotik (Day *et al.*, 1999), yang terbagi menjadi empat kelompok yaitu alga keemasan (*Chromophyta*), alga hijau (*Chlorophyta*), alga merah (*Rhodophyta*) dan ganggang biru-hijau (*Cyanophyta*) yang diperkirakan ada 800,000 spesies yang ditemukan baik di air laut maupun air tawar, namun hanya 40,000 – 50,000 yang dapat terdeskripsikan, sehingga memiliki potensi untuk dimanfaatkan (Morançais *et al.*, 2018). Mikroalga yang ditemukan pada perairan disebut juga fitoplankton, yang memiliki peranan sebagai organisme yang mampu mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik melalui fotosintesis dan dapat menunjang produktivitas

perairan (Ridho *et al.*, 2020). Mikroalga yang ditemukan diantara partikel sedimen disebut juga mikrofytobentos (MPB) dan diketahui memiliki kontribusi besar dalam ekosistem (Curry *et al.*, 2020). Mikroalga memiliki kemampuan untuk menangkap CO₂ dari atmosfer atau emisi gas buang, dan untuk menghilangkan nutrisi dari air, dimana karbon merupakan sumber yang penting untuk dijadikan metabolisme dan pertumbuhannya (Vale and Gonc, 2020). Selain itu, mikroalga memiliki kandungan karbohidrat, protein, vitamin dan mineral yang penting sehingga dapat dijadikan sebagai sumber daya yang dapat diaplikasikan untuk pakan ternak dan makanan manusia (Bawole *et al.*, 2017). Mikroalga dapat mengakumulasi lipid dalam jumlah tinggi sehingga dapat dijadikan untuk produksi biodiesel (Saranya *et al.*, 2018). Mikroalga juga memiliki kandungan asam amino esensial, antioksidan, pigmen dan vitamin yang dapat diaplikasi dalam industri obat-obatan dan kosmetik (Raj *et al.*, 2021).

2.3 Produktivitas Ekosistem Mangrove

Produktivitas ekosistem mangrove dapat terdiri dari komponen serasah yang berasal dari tumbuhan mangrove (daun, ranting, buah dan batang) yang terdekomposisi oleh bakteri sehingga menghasilkan unsur hara (nutrien) terlarut yang dimanfaatkan oleh fitoplankton, alga, maupun tumbuhan mangrove sendiri dalam proses fotosintesis. Serasah juga dapat dimanfaatkan oleh biota lain seperti ikan, udang, dan kepiting sebagai bahan makanannya (Pramudji, 2000).

Menurut Harahab (2010) serasah yang dihasilkan oleh tanaman mangrove mengandung Nitrogen (N) dan Fosfor (P) yang dapat membantu proses pertumbuhan mikroalga. Produktivitas perairan mangrove dapat ditunjang dengan

IR –PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

adanya air, substrat, dan nutrien sehingga komponen N dan P sangat berpengaruh dalam penentuan jumlah mikroalga, zooplankton, dan makrozoobentos di suatu perairan mangrove (Chindanonda *et al.*, 2019).

Produktivitas ekosistem mangrove sebanyak satu pertiga diduga berasal dari serasah mangrove (Kristensen dan Alongi, 2006), sedangkan dua pertiga diperkirakan dari sumber lain yaitu produksi allochthonous, yang dipengaruhi oleh mikro atau epifit bentik, makroalga dan fitoplankton yang memberikan masukan karbon organik dalam perairan (Bouillon *et al.*, 2004).

Fitoplankton merupakan mikroalga yang ditemukan di suatu perairan dan memiliki peranan sebagai produsen primer serta penghasil oksigen utama (Chindanonda *et al.*, 2019). Sebagai produsen primer, organisme ini mampu mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik melalui fotosintesis termasuk perairan mangrove (Yandra *et al.*, 2022), sehingga dapat menunjang produktivitas dari perairan tersebut (Ridho *et al.*, 2020).

MPB merupakan salah satu mikroalga bentik, uniseluler yang sebagian besar memiliki peran dalam produktivitas primer ekosistem rawa bakau dan hasil produksinya dapat melebihi fitoplankton di ekosistem tersebut (Hargrave *et al.*, 1983). Dominansi MPB di sedimen, utamanya mangrove, berasal dari mikroalga golongan diatom (Balasubramaniam *et al.*, 2017). Menurut Raymont (1980) MPB menjadi penyumbang dalam produksi primer pada ekosistem muara dengan presentase sebanyak 20% dari produksi laut dan 42% dari daerah subtidal. Underwood dan Kromkamp (1999) menyatakan bahwa MPB menjadi penyumbang

untuk produktivitas primer di ekosistem muara sebanyak 50%. Produksi MPB di ekosistem dapat terjadi apabila penetrasi cahaya yang cukup hingga ke permukaan sedimen (Kristensen dan Alongi, 2006). MPB merupakan salah satu alga yang berukuran mikroskopis, memiliki kloroplas, hidup diatas permukaan sedimen dan mampu melakukan fotosintesis (MacIntyre *et al.*, 1996).

MPB pada sedimen juga memiliki peran dalam jaring makanan di ekosistem mangrove (Jeslin *et al.*, 2021). MPB juga menjadi penghasil karbon utama bagi organisme trofik yang lebih tinggi dan makrofauna sehingga memainkan peran untuk kesejahteraan ekosistem mangrove (Stocks and Graslle, 2001), meskipun secara umum peranan MPB dalam suatu ekosistem masih minim diteliti (Chindanonda *et al.*, 2019)

Kelimpahan dan keragaman MPB merupakan kunci untuk stabilitas sedimen di daerah intertidal (Stal *et al.*, 2003). Bentuk dan fungsi dari MPB ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang ditinjau dari unsur hara dan pasang surut air laut (Alberti *et al.*, 2017). MPB di sedimen juga dapat dipengaruhi oleh adanya kandungan nitrogen dalam suatu perairan (Chindanonda, *et al.*, 2019).

2.3 Parameter Fisika dan Kimia di Perairan Mangrove Secara Umum

2.3.1. Suhu

Suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kehidupan organisme air diantaranya mikroalga yang hidup di perairan ekosistem mangrove, seperti halnya ekosistem mangrove yang berada di Kawasan Taman Nasional Bali Barat, suhu perairan berkisar 27 – 28 °C (Yudasmara, 2015), sedangkan pada MPB

yang hidup di sedimen memiliki toleransi suhu yang luas, namun aktivitas optimal ditemukan pada suhu berkisar 29 – 34 °C (Balasubramaniam *et al.*, 2017).

Distribusi suhu disebabkan oleh adanya garis lintang, cahaya matahari, arus air, angin dan curah hujan yang berada di sekitar ekosistem mangrove (Yudasmara, 2015). Perubahan suhu yang drastis pada jarak kedalaman air yang kecil disebut termoklin (*thermocline*). Hal ini dapat menyebabkan perbedaan sebaran mikroalga, dan tingkat nutrisi air. Pada suhu tinggi, nilai nutrisi dalam suatu perairan akan menurun. Sebaliknya, jika suhu rendah maka tingkat nutrisi akan tinggi sehingga dapat meningkatkan biomassa MPB dan kepadatan sel (Balasubramaniam *et al.*, 2017).

2.3.2 Salinitas

Salinitas merupakan konsentrasi garam terlarut pada satuan air dan dinyatakan dalam ppt (*part per thousand*) yang dapat mempengaruhi pertumbuhan, laju daya tahan hidup, dan zonasi dari jenis-jenis mangrove (Haryanto, 2013). Selain itu, salinitas juga merupakan salah satu parameter perairan yang dapat mempengaruhi distribusi diatom, golongan MPB dominan, karena adanya hubungan tekanan osmose di dalam selnya. Variasi salinitas dapat mempengaruhi laju fotosintesis yang dilakukan oleh MPB dalam suatu ekosistem (Balasubramaniam *et al.*, 2017). Menurut Horton (2007) umumnya MPB yang tergolong dalam mesohalobous dapat hidup berkisar pada salinitas luas diantara 10-30 ppt. Hal ini di selaras dengan Balasubramaniam (2017) menyatakan MPB dapat tumbuh secara optimal pada salinitas 28– 36 ppt.

2.3.3 Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasamaan (pH) merupakan konsentrasi ion hidrogen yang terdapat dalam larutan dan menunjukkan suasana air bersifat asam atau basa (Effendi, 2003). Hal ini juga dapat dipengaruhi oleh jumlah CO₂, suhu, aktivitas metabolisme, serta curah hujan yang tinggi dapat mempengaruhi keasaman tanah (Utomo *et al.*, 2019). Derajat keasaman dapat mempengaruhi kelangsungan hidup biota yang ada dalam suatu lingkungan perairan. Menurut Widianingsih (1991) suatu ekosistem mangrove dapat dikatakan produktif apabila pH berkisar 6.5 – 7.0 yang dapat mengindikasikan tingkat kesuburan perairan.

2.3.4 *Dissolved Oxygen* (DO)

Dissolved oxygen adalah kandungan gas oksigen terlarut dalam air. Oksigen terlarut dalam air berasal dari hasil fotosintesis oleh fitoplankton atau tumbuhan air dan difusi udara (APHA, 1992). Nilai oksigen terlarut dalam suatu perairan laut, optimalnya berkisar 4.5 – 9 mg L⁻¹ (Sanusi, 2006). Hal ini dipengaruhi oleh adanya fluktuasi suhu, salinitas, turbulensi, dan tekanan atmosfer. Semakin tinggi suhu dapat mengakibatkan rendahnya kadar oksigen terlarut dalam suatu perairan. Selain itu, penurunan kadar oksigen dalam suatu perairan dapat diakibatkan oleh proses respirasi, pembusukan bahan organik, dan terhambatnya pelarutan oksigen dalam air (Jeffries and Millis, 1996).

2.3.5 Potensi Oksidasi Reduksi (ORP)

Potensi oksidasi reduksi (ORP) merupakan salah satu komponen dalam parameter kimia transpor elektron dari intensitas kondisi oksidasi atau reduksi dalam suatu sistem. Pengukuran ORP dalam air memiliki satuan millivolt (mV), jika nilai ORP positif menunjukkan kondisi pengoksidasi, sedangkan nilai negatif menunjukkan kondisi reduksi. Pengukuran ORP dapat menjadi variabel utama dalam mengkarakterisasi geokimia air tanah (Myers, 2019).

2.3.6 Klorofil *a* dan Pengukuran Aktivitas Fotosintesis

Konsentrasi klorofil *a* adalah salah satu komponen penting dalam proses fotosintesis oleh mikroalga sehingga dapat digunakan sebagai indikator utama untuk mengestimasi produktivitas primer perairan (Chen *et al.*, 2017). Mikroalga fotosintetik seperti fitoplankton menjadi penyumbang produktivitas primer utama di perairan (Chindanonda *et al.*, 2019). Sebagai produsen primer, organisme ini mampu mengubah bahan anorganik menjadi bahan organik melalui fotosintesis. Oleh karenanya, kandungan klorofil *a* digunakan sebagai *standing stock* fitoplankton yang dapat dijadikan sebagai petunjuk produktivitas primer suatu perairan (Ridho *et al.*, 2020).

2.3.7 Nitrogen, Fosfat dan Silikat

Ketersediaan nitrogen anorganik tergantung pada pola aktivitas bakteri yang kompleks di dalam tanah (Utomo *et al.*, 2019). Nitrat merupakan bentuk nitrogen dan nutrisi utama bagi organisme autotrof (Effendi, 2003). Kandungan nitrat dapat dimanfaatkan untuk pertumbuhan diatom yang ada di ekosistem mangrove

(Rozalina *et al.*, 2020). Pada umumnya kandungan nitrogen berasal dari difusi atmosfer melalui permukaan air, fiksasi, degradasi bahan organik (Sanusi, 2006). Nitrat memiliki sifat yang mudah larut dalam air dan stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses nitrifikasi senyawa nitrit dan ammonia (Haryanto, 2013).

Kandungan amonia dalam suatu perairan bersumber dari proses amonifikasi yaitu dekomposisi nitrogen organik (protein dan urea) dan anorganik oleh mikroba atau jamur. Sumber lain amonia adalah dari limbah industri, domestik, reduksi gas nitrogen dari proses difusi yang dapat bersifat toksik bagi organisme air jika keberadaanya berlebihan. Menurut Effendi (2003) amonium (NH_4) dapat dimanfaatkan oleh mikroalga secara langsung. Berdasarkan penelitian Iklima (2018) di kawasan Teluk Pandan didapatkan hasil amonia rendah berkisar $0.01 - 0.08 \text{ mg L}^{-1}$, sedangkan penelitian Ridwan (2018) di Kawasan Pesisir Semarang menyatakan hasil amonia rata-rata $0.43 - 1.93 \text{ mg L}^{-1}$. Hal ini, menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut (2004) sudah melebihi batas optimum untuk kehidupan organisme berdasarkan tentang Baku Air Laut sebesar 0.3 mg L^{-1} .

Nitrit merupakan bagian dari nitrogen yang dapat dimanfaatkan oleh mikroalga dan tumbuhan air. Konsentrasi nitrit yang rendah mengindikasikan bahwa kebutuhan oksigen di perairan tersebut tersedia cukup melimpah karena adanya difusi oksigen dari atmosfer. Adanya peran dari bakteri yang mengoksidasi nitrit menjadi nitrat sehingga konsentrasi nitrit di lapisan permukaan menjadi kecil (Risamasu *et al.*, 2011). Kandungan nitrit di perairan kepulauan Matasiri berkisar

0.00 – 0.01 mg L⁻¹ (Risamasu *et al.*, 2011) lebih rendah daripada kondisi pesisir Semarang berkisar 0.02 – 0.37 mg L⁻¹ (Ridwan *et al.*, 2018).

Nitrat yang terdapat di sekitar pantai dan pesisir lebih tinggi daripada laut lepas dikarenakan adanya aktivitas manusia yang dapat mempengaruhi kadar nitrat dari hasil limbah buangan (Wahyuni *et al.*, 2021). Berdasarkan kandungan nitrat yang terdapat di perairan Kepulauan Matasiri berkisar 0.03 – 0.03 mg L⁻¹ (Risamasu *et al.*, 2011), nilai ini lebih rendah dibandingkan dengan penelitian Kartika (2020) di ekosistem mangrove Wonorejo yang memiliki kandungan nitrat sebesar 0.30 mg L⁻¹.

Fosfat merupakan bentuk fosfor yang dimanfaatkan oleh organisme autotrof (Effendi, 2003). Fosfat juga merupakan unsur esensial yang tersedia dalam substrat mangrove berasal dari kolom air dan absorpsi oleh sedimen sebagai ferri-fosfat. Fosfat sebagai faktor pembatas bagi tumbuhan dan dapat mempengaruhi produktivitas suatu perairan (Haryanto, 2013). Kandungan fosfat yang ditemukan di perairan Sungai Batang Aru berkisar 0.24 – 0.70 mg L⁻¹, sedangkan di Sungai Kawasan Pesisir Semarang berkisar 0.75 – 3.87 mg L⁻¹ (Ridwan *et al.*, 2018). Perbedaan nilai kandungan fosfat dapat dikarenakan adanya endapan dari daratan saat hujan, dan hasil kegiatan antropogenik misalnya kegiatan yang dilakukan dipelabuhan, tempat sandar kapal. Fosfat yang dibutuhkan dalam perairan jumlahnya sedikit dan apabila kandungan fosfat di suatu perairan tinggi maka dapat menurunkan kelimpahan diatom yang merupakan mikroalga dominan (Wahyuni *et al.*, 2021).

IR –PERPUSTAKAAN UNIVERSITAS AIRLANGGA

Silikat dalam suatu perairan dapat dipengaruhi oleh adanya hasil pelapukan mineral tanah yang mengandung silikat dan terlarut dalam aliran sungai menuju pesisir dan laut, selain itu sumber silikat juga dapat terjadi akibat adanya curah hujan dan proses erosi tanah (Simanjuntak, 2012). Silikat diperlukan dan berpengaruh terhadap proses pertumbuhan dan perkembangan hidup beberapa organisme diantaranya adalah pembentukan dinding sel diatom (Rozalina *et al.*, 2020). Kandungan silikat yang dapat menunjang pertumbuhan mikroalga dalam ekosistem mangrove berkisar $0.03 - 0.69 \text{ mg L}^{-1}$ (Wahyuni *et al.*, 2021).