

## **BAB VII. PERAN EKOSISTEM MANGROVE DALAM MITIGASI PEMANASAN GLOBAL**

**Andin Irsadi<sup>1</sup>, Lutfia Nur Hadiyanti<sup>1</sup>, Nurgroho E.K.<sup>1</sup>, Partaya<sup>2</sup>,  
M. Abdullah<sup>2</sup>, Halim S.A<sup>3</sup>.**

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Negeri Semarang

<sup>2</sup>Program Studi Biologi, Universitas Negeri Semarang

<sup>3</sup>Laboratorium Geografi, Universitas Negeri Semarang

andin.sha@mail.unnes.ac.id

DOI: <https://doi.org/10.15294/ka.v1i1.88>

### **Abstrak**

Ekosistem mangrove memiliki banyak fungsi antara lain sebagai tempat berlindung organisme laut, tempat memijah, tempat mencari pakan dan tempat pengasuhan bagi organisme laut, selain itu peran ekosistem mangrove juga dapat berfungsi dalam mitigasi pemanasan global dengan cara mengurangi kandungan CO<sub>2</sub> di udara. Salah satu peran yang dimainkan mangrove yaitu melalui penyerapan karbon. Namun di sisi lain pada ekosistem mangrove masih memiliki permasalahan baik secara global antara lain berupa deforestasi dan konversi, invasi biologi, kenaikan muka air laut dan perubahan iklim. Untuk itu diperlukan pendataan terkait peran dan fungsi ekosistem mangrove berupa cadangan karbon yang terkandung dalam ekosistem mangrove dengan metode yang tepat. Metode yang dapat digunakan untuk mengetahui kandungan cadangan karbon dengan cara destruksi dan non destruksi. Hasil perhitungan yang dihasilkan menjadi indikasi peran ekosistem mangrove dalam mengurangi pemanasan global. Namun demikian salah kendala yang sering dihadapi untuk melestarikan keberadaan ekosistem mangrove masih menjadi tantangan ke depan bagi semua komponen pengelola ekosistem mangrove.

**Kata Kunci:** ekosistem mangrove, mitigasi, pemanasan global

## PENDAHULUAN

Pemanasan global telah menjadi isu penting sampai saat ini. Pemanasan diakibatkan adanya peningkatan gas efek rumah kaca sebagai dampak aktivitas yang dilakukan manusia (Efendi, 2012) sehingga berdampak pada naiknya permukaan air laut. Kenaikan pada muka air laut dapat menambah tekanan pada daerah pesisir terutama pada tempat tumbuh mangrove. Ekosistem mangrove dapat didefinisikan sebagai ekosistem yang merupakan peralihan antara ekosistem darat dan ekosistem laut yang berada di daerah tropik maupun subtropik di sepanjang pantai ataupun pada muara sungai yang terdiri atas kelompok tumbuhan yang didominasi oleh spesies mangrove. Sampai saat ini Indonesia masih menjadi salah satu negara dengan ekosistem mangrove yang luas dan tersebar di wilayah Indonesia. Salah satu lokasi ekosistem mangrove yang berada di Jawa Tengah terletak di pesisir Semarang-Demak.

Ekosistem mangrove selain dapat berfungsi sebagai tempat wisata, pelindung pantai dari gelombang (Irsadi *et. al.*, 2020), dapat juga berperan dalam mitigasi pemanasan global dengan cara mengurangi kandungan CO<sub>2</sub> di udara. Nilai kandungan karbon yang terdapat dalam tubuh tumbuhan mangrove merupakan bukti kemampuan mangrove untuk menyerap gas-gas penyebab pemanasan global dan menyimpan cadangan karbon dalam bentuk biomassa. Namun demikian banyak permasalahan yang terdapat pada ekosistem mangrove antara lain erosi yang terjadi di pesisir utara Semarang dan pesisir Demak (Irsadi *et. al.*, 2019), perubahan tata guna lahan mangrove untuk kawasan industri dan perumahan (Irsadi *et. al.*, 2017) serta perusakan dan penebangan mangrove untuk kepentingan ekonomi sesaat. Dengan demikian dibutuhkan data terkini tentang peran pada ekosistem mangrove yang terdapat di pesisir Semarang-Demak untuk mitigasi permasalahan secara global sehingga dapat dilakukan pengelolaan ekosistem mangrove secara berkelanjutan.

## **EKOSISTEM MANGROVE**

Tumbuhan mangrove adalah kelompok tumbuhan yang bersifat khusus yang berada di sepanjang pantai atau daerah yang biasanya lebih didominasi mario-fluvial (faktor laut) atau pada muara sungai yang masih terdapat pengaruh faktor aliran dari sungai (fluvio-marine). Mangrove merupakan kelompok tumbuhan yang berada pada area intertidal di daerah tropis dan subtropis yang berupa hamparan lumpur atau rawa yang masih terdapat batas berupa pasang surut (Supriharyono, 2002). Sementara Tomlinson (1986) menggunakan istilah mangrove untuk menyebut tumbuhan secara individu maupun komunitas tumbuhan yang memiliki ketahanan terhadap salinitas dan pasang surut air laut. Dengan demikian istilah mangrove dapat digunakan untuk menunjuk individu tumbuhan ataupun kelompok tumbuhan.

Secara umum mangrove dapat tumbuh pada daerah yang langsung berbatasan dengan laut atau intertidal dengan dipengaruhi genangan air laut secara berkala dan limpasan air tawar dalam jumlah cukup (Gambar 7.1) atau daerah di sekitar sungai (Gambar 7.2). Berdasar tempat hidupnya mangrove memiliki kemampuan adaptasi secara fisiologi dan morfologi terhadap tempat hidup dan genangan akibat pasang dan surut yang dapat mempengaruhinya. Seluruh tumbuhan mangrove yang melakukan interaksi dengan lingkungan biotik maupun abiotik dan adanya saling ketergantungan antar komponen disebut ekosistem mangrove.

Ekosistem mangrove adalah ekosistem peralihan dari laut ke darat yang berada di daerah tropis atau subtropis pada pantai dengan posisi terlindung ataupun muara sungai dengan dominasi beberapa jenis mangrove. Tumbuhan yang masuk dalam kelompok ini memiliki kemampuan berkembang ataupun tumbuh pada daerah dengan kondisi pasang surut dan memiliki kemampuan beradaptasi terhadap lama penggenangan air laut, perubahan salinitas, kondisi substrat ataupun morfologi pantai.



Gambar 7.1. Ekosistem Mangrove di Pantai Desa Timbulsloko, Demak



Gambar 7.2. Mangrove di Muara Sungai Desa Bedono, Demak

Kelompok tumbuhan yang mampu hidup pada ekosistem mangrove harus mampu beradaptasi baik secara fisiologi maupun morfologi. Salah satu adaptasi pada mangrove antara lain adanya sistem perakaran khas dan unik berupa akar tunjang yang muncul dari batang, bercabang dengan arah tumbuh ke tanah, menggantung dan akhirnya masuk ke dalam tanah. Bentuk perakaran ini dapat ditemukan pada jenis *Rhizophora* sp (Gambar

7.3). Selain itu terdapat juga bentuk akar yang muncul ke permukaan dan melengkung masuk ke dalam tanah seperti 'lutut'. Bentuk perakaran ini dapat ditemukan pada *Bruguiera* sp. Ada juga bentuk akar yang tumbuh mendatar dan muncul percabangan akar mencuat ke permukaan tanah sebagai akar nafas (*Avicennia* sp). Keberadaan akar ini menjadikan proses penangkapan partikel tanah menjadi lebih luas sehingga akan menambah luas lahan dan ekosistem mangrove. Selain bentuk akar khusus, jenis mangrove juga memiliki lapisan kutikula relatif tebal. Fungsi lapisan kutikula yang relatif tebal berfungsi dalam penyimpanan air dan melakukan penyerapan air laut serta membuang kandungan garam melalui kelenjar pembuang garam (*salt gland*) misal pada *Avicennia* sp (Gambar 7.4), sehingga keseimbangan osmotik dapat terjaga dengan baik. Adaptasi lain berupa cara berkembang biak yang bersifat viviparitas yaitu biji berkembang menjadi tanaman muda ketika masih berada pada bagian tubuh induk dan ketika terlepas dari induk akan menancap pada substrat misalnya pada genus *Rhizophora*, *Bruguiera* dan *Ceriops* (Romimohtarto dan Juwana, 2001).



www.shutterstock.com · 702877915

Gambar 7.3. *Rhizophora apiculata* dengan Akar Tunjang

Sumber: <https://www.shutterstock.com/image-photo/rhizophora-apiculata-root-702877915>



Gambar 7.4. Kelenjar Garam pada *Avicennia* sp

Sumber: <https://asknature.org/strategy/glands-remove-excess-salt/>

Ekosistem mangrove di Indonesia merupakan terluas di dunia, namun data tentang luasan mangrove di Indonesia bervariasi. Menurut data Ditjen RLPS, Departemen Kehutanan tahun 1999 luas ekosistem mangrove Indonesia 9,2 juta Ha, sedang menurut data INTAG tahun 1993 seluas 3.393.620 Ha, dan menurut RePPPro tahun 1989 seluas 3.523.600 Ha (Departemen Kelautan dan Perikanan, 2008).

Vegetasi yang terdapat dalam ekosistem mangrove antara lain *Avicennia* sp, *Nypha* sp, *Rhizophora* sp, *Excoecaria* sp, *Ceriops* sp, *Lumnitzera* sp, *Bruguiera* sp, *Aegiceras* sp, *Xylocarpus* sp, *Scyphyphora* sp dan *Sonneratia* sp (Saru, 2014). Sementara jenis mangrove yang terdapat di pesisir Semarang-Demak antara lain *Avicennia marina*, *Avicennia alba*, *Rhizophora stylosa*, *Sonneratia caseolaris*, *Nypha* sp (Irsadi *et. al.*, 2019).

## MINTAKAT PADA EKOSISTEM MANGROVE

Secara umum tipe dan mintakat mangrove yang tumbuh alami di Indonesia relatif sama antara daerah satu dengan daerah lainnya. Namun demikian bila mangrove yang tumbuh pada suatu area merupakan hasil kegiatan rehabilitasi maka tidak dapat ditemukan mintakat dengan jelas, contoh mintakat mangrove di

pesisir Semarang dan Demak jenis *Avicennia* sp dan *Rhizophora* sp. yang tumbuh mendominasi setiap zona baik dari pinggir pantai hingga daratan (Tefarani *et.al.* 2019; Irsadi *et. al.*, 2019). Keberadaan jenis ini dikarenakan jenis mangrove yang tumbuhan di daerah Semarang-Demak ini merupakan hasil penanaman kembali.

Ada lima faktor yang dapat mempengaruhi mintakat mangrove dikawasan tertentu, *pertama* gelombang. Gelombang dapat mempengaruhi frekuensi genangan dan jauh dekatnya genangan. *Kedua* salinitas, yang terkait dengan proses osmosis pada mangrove. *Ketiga* substrat sebagai tempat tumbuh, *keempat*, pengaruh darat berupa air tawar atau rembesan air tawar yang dapat sampai pada ekosistem mangrove dan *kelima* posisi terbuka terhadap gelombang sehingga dapat menentukan jumlah substrat yang dimanfaatkan.

Berdasar struktur ekosistemnya, mangrove dibedakan menjadi tiga (Purnobasuki, 2005):

1. Mangrove di daerah pantai, yaitu kelompok mangrove yang masih terdapat pengaruh air laut yang lebih besar daripada pengaruh air sungai. Secara horizontal urutan tumbuhan mangrove dari laut ke daratan diawali dari kelompok mangrove pionir (*Sonneratia alba*) lalu kelompok mangrove campuran berupa *Sonneratia alba*, *Avicennia* sp, *Rhizophora apiculata* dan diikuti kelompok tumbuhan *Rhizophora* sp dan berupa kelompok mangrove campuran berupa *Rhizophora-Bruguiera*. Jika genangan air laut terus berlanjut maka dapat ditemukan *Nypha fruticane*.
2. Mangrove di daerah muara. Kelompok mangrove ini mendapat pengaruh air yang berasal dari laut sama kuat dengan pengaruh air yang berasal dari sungai. Pada mangrove muara dicirikan adanya mintakat jenis *Rhizophora* sp.
3. Mangrove di tepi sungai. Pada kelompok mangrove yang berada di tepi sungai mendapat pengaruh air sungai yang lebih dominan daripada air yang berasal dari laut. Kelompok mangrove ini tumbuh dan berkembang di tepi sungai yang berada jauh dari daerah muara. Kelompok mangrove sungai dapat



berasosiasi dengan kelompok tumbuhan yang berada di daratan.

Sementara itu mintakat ekosistem mangrove di Indonesia bila didasarkan pada jenis pohon dibedakan menjadi empat zona:

1. Mintakat *Avicennia-Sonneratia* (api-api sampai Prepat). Merupakan mintakat terluar, yang berbatasan langsung dengan laut. Mintakat ini dicirikan dengan kondisi tanah yang berlumpur dangkal dengan kandungan bahan organik yang memiliki kadar garam tidak terlalu tinggi.
2. Mintakat *Rhizophora* (bakau), merupakan kelompok tumbuhan mangrove yang berada setelah mangrove api-api maupun prepat dengan karakteristik tanah berlumpur yang dalam.
3. Mintakat *Bruguiera* (tanjang). Kelompok mangrove yang tumbuh di belakang mintakat *Rhizophora*. Mintakat *Bruguiera* merupakan mintakat yang dekat daratan. Mintakat ini dicirikan dengan keadaan lumpur agak keras, dan menjauhi garis pantai.
4. Mintakat *Nypha fruticane* (Nipah). Kelompok mangrove yang tumbuh paling jauh dari laut dan paling dekat dengan daerah darat. Mintakat Nipah dicirikan kandungan air dengan salinitas yang sangat rendah dibanding mintakat lainnya. Kondisi mintakat nipah dapat ditemukan pada kondisi tanah keras, tidak dipengaruhi oleh pasang dan surut. Mintakat Nipah umumnya berada di tepian sungai yang masih dekat dengan laut.

## **PERAN DAN NILAI PENTING EKOSISTEM MANGROVE**

Ekosistem mangrove memiliki peran yang penting dalam melindungi kestabilan ekosistem yang berada di sekitarnya. Keberadaan mangrove secara fisik dapat mencegah erosi pantai, menghindari terpaan angin yang kencang dan gempuran gelombang serta memperkecil terjangkit tsunami, serta mengurangi dan menyerap zat pencemar. Selain itu keberadaan ekosistem mangrove dapat mempercepat sedimentasi, memperluas daratan serta berfungsi sebagai pengendali intrusi air laut. Secara biologi ekosistem mangrove dapat berperan sebagai tempat untuk memijah, mencari makan, untuk berkembang biak berbagai jenis organisme laut, tempat yang baik membuat sarang



satwa liar seperti burung serta menjadi sumber plasma nutfah (Indrayanti *et. al.*, 2015).

Manfaat hutan mangrove antara lain bagian kayu yang dapat digunakan untuk bahan bakar ataupun dimanfaatkan kayunya sebagai arang (*charcoal*) karena memiliki nilai kalori yang tinggi. Kayu mangrove juga dimanfaatkan untuk kebutuhan perumahan maupun konstruksi kayu, kulit kayu mangrove mengandung *tannin* yang dimanfaatkan untuk penyamakan kulit ataupun sebagai bahan pembuatan jala ikan atau untuk bahan pengawet jaring. Pada bagian daun dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak, obat tradisional, ataupun digunakan sebagai pengganti tembakau atau teh, bunga mangrove sebagai sumber madu, bagian buah mangrove dimanfaatkan untuk makanan, akar mangrove merupakan bagian yang efektif sebagai perangkap sedimen, sebagai penghambat arus dan pencegah erosi pantai. Selain itu daerah mangrove merupakan pendukung kehidupan organisme pada tingkat *juvenile* dan mampu menjadi penyangga komunitas pesisir dan daratan (Supriharyono, 2002).

Ekosistem mangrove juga dapat dimanfaatkan untuk kayu bangunan, usaha perikanan, bahan penunjang pangan dan juga obat-obatan (Setyawan & Kusumo, 2006). Selain itu ekosistem mangrove juga dapat sebagai penghasil madu, minuman, bahan obat-obatan, *tannin*, dan makanan. Disamping itu, ekosistem mangrove dapat juga digunakan untuk tempat rekreasi, transportasi, dan lain-lain. Mangrove juga dapat berperan sebagai pengendali pencemar logam berat (Mulyadi *et. al.*, 2009). Jenis logam berat yang ditemukan dalam tubuh mangrove antara lain Cr (Kartikasari *et. al.*, 2002). Selain itu dapat juga ditemukan logam berat V pada tumbuhan mangrove (Keshavarz *et. al.*, 2012). Mangrove juga memiliki peran sebagai biofilter logam berat (Kariada dan Irsadi, 2014). Tempat akumulasi logam berat dapat ditemukan pada bagian daun, batang, dan akar mangrove (Kumar *et.al.*, 2011), selain itu terdapat hubungan yang kuat keberadaan jenis logam yang terdapat dalam sedimen dengan logam yang terdapat dalam jaringan tumbuhan (daun dan akar) mangrove (Silva *et. al.*, 2010).

Mangrove juga memiliki peran yang baik sebagai bioakumulator logam berat (Usman *et. al.*, 2013), hal ini ditunjukkan dengan adanya kemampuan akar tumbuhan mangrove dalam mengakumulasi logam berat. Namun demikian faktor mobilitas dan kelarutan logam memiliki pengaruh besar dalam akumulasi logam berat pada tubuh mangrove. Berdasarkan mobilitas dan kelarutan, tumbuhan mangrove memiliki kemampuan untuk mengakumulasi logam berat dengan urutan:  $Mn > Cr > Cu > Cd > Pb$  (Tam & Wong, 1996). Selain memiliki kemampuan untuk mengakumulasi logam berat yang berbeda-beda pada tiap spesies mangrove, juga ditemukan perbedaan konsentrasi pada bagian tubuh mangrove (Sinha, 1999).

Sebagai ekosistem, mangrove juga memiliki nilai secara ekologi. Nilai ekologi sangat penting karena dapat dijadikan sebagai cara untuk menilai manfaat mangrove, baik manfaat secara langsung maupun tidak langsung, nilai keberadaan dan pilihan, serta nilai warisan (Wahyuni *et.al.*, 2014). Terkait dengan jasa lingkungan pada mangrove (*indirect use value*) adalah nilai yang dapat dirasakan secara tidak langsung terhadap barang atau jasa ekosistem yang mampu dihasilkan oleh ekosistem mangrove. Secara prinsip *indirect use* terdapat kesulitan untuk mengukur (*less tangible*). Nilai ekologi tumbuhan mangrove secara tidak langsung antara lain, mangrove mampu melindungi pantai, sebagai tempat untuk mencari makan (*feeding ground*), tempat pariwisata, manfaaat keberadaan dan manfaat pilihan. Agar nilai ekologi tetap lestari maka dapat menggunakan nilai yang berdasarkan pada penggunaan (Indrayanti *et., al.*, 2015).



Gambar 7.5. Manfaat Mangrove (diadaptasi dari Sandilyan, 2014)

Berdasar Gambar 7.5 menunjukkan peran ekosistem mangrove secara langsung dan tidak langsung. Peran tersebut antara lain dalam mengatur siklus air dan menyediakan nutrisi bagi organisme yang berada dalam ekosistem mangrove. Selain mampu mengurangi hempasan angin yang kencang dan bahkan melindungi pantai dari tsunami serta tempat berlindung bagi organisme yang terancam. Peran lain dari ekosistem mangrove antara lain pada bagian tubuh mangrove dapat digunakan sebagai obat, penyedia bahan baku rumah dan perahu juga sebagai tempat untuk kegiatan wisata baik ekowisata ataupun ekoeduwisata yang mendidik dan menarik. Selain itu keberadaan ekosistem mangrove juga mampu mengurangi polutan yang berasal dari industri, pertanian, perikanan bahkan dalam bentuk logam berat.

Peran yang tak kalah penting pada ekosistem mangrove adalah kemampuan untuk meningkatkan kandungan  $O_2$ , mengatur iklim pada area tertentu serta kemampuannya dalam mengurangi dampak pemanasan global melalui kemampuan untuk menyerap  $CO$ ,  $CO_2$  dan  $SO_4$ . Dengan demikian salah satu peran penting ekosistem mangrove untuk mitigasi dan adaptasi pemanasan

global adalah kemampuan dalam penyerapan emisi gas yang berada di udara yang jumlahnya sangat banyak. Kemampuan tumbuhan mangrove dalam penyerapan emisi gas di permukaan bumi dapat mencapai 20 kali dibanding kemampuan yang dimiliki oleh hutan tropis, sehingga ekosistem mangrove merupakan gudang yang berfungsi untuk menyimpan emisi dunia.

Diperkirakan jumlah cadangan karbon dalam satu hektar mangrove tersimpan kurang lebih 5 kali lebih banyak dibanding jumlah karbon yang terdapat di hutan dataran tinggi. Pada saat ini Indonesia mempunyai luas mangrove sekitar 3,1 juta hektare atau setara 22,6 % dari jumlah luas mangrove yang ada di dunia. Dengan luasan mangrove yang ada saat ini, jumlah cadangan karbon yang terdapat pada ekosistem mangrove Indonesia diperkirakan mencapai jumlah 3,14 myu-gC atau sekitar 3,14 miliar ton. Dengan banyaknya simpanan karbon pada ekosistem mangrove maka sudah selayaknya untuk menjaga dan melestarikan ekosistem mangrove. bila sampai terjadi deforestasi mangrove maka banyak karbon yang akan dilepaskan ke udara yang berarti ada emisi yang kembali ke udara (IPCC).

### **ANCAMAN DAN TANTANGAN PADA EKOSISTEM MANGROVE**

Secara umum, dibelahan bumi ini terdapat ancaman terhadap ekosistem mangrove. Bentuk ancaman yang terjadi pada ekosistem mangrove dapat diidentifikasi sebagai berikut, *pertama* adanya deforestasi dan konversi pada ekosistem mangrove seperti alih fungsi lahan menjadi tempat untuk budidaya atau yang lain. *Kedua* invasi biologi terutama invasi tumbuhan yang dilakukan oleh manusia sehingga mengubah struktur dan komposisi mangrove, dan *ketiga* perubahan iklim dan kenaikan muka air laut. Salah satu isu yang hangat saat ini adalah adanya perubahan iklim yang terjadi secara global yang berdampak pada kenaikan suhu bumi dan berakibat pada mencairnya es di kutub sehingga dapat meningkatkan muka air laut (Biswas & Biswas, 2019). Ancaman pada ekosistem mangrove juga masih terus terjadi di negara Indonesia, hal ini dikaibatkan karena adanya perubahan tata guna lahan pada ekosistem mangrove menjadi permukiman, tempat

industri (Irsadi, 2017). Selain itu perubahan tata guna lahan dapat dilakukan oleh berbagai pihak. Kegiatan reklamasi, pusat budidaya perikanan, bahkan penggunaan kayu sebagai bahan bakar pada masyarakat pesisir. Akibatnya akan terjadi kerusakan pada ekosistem mangrove.

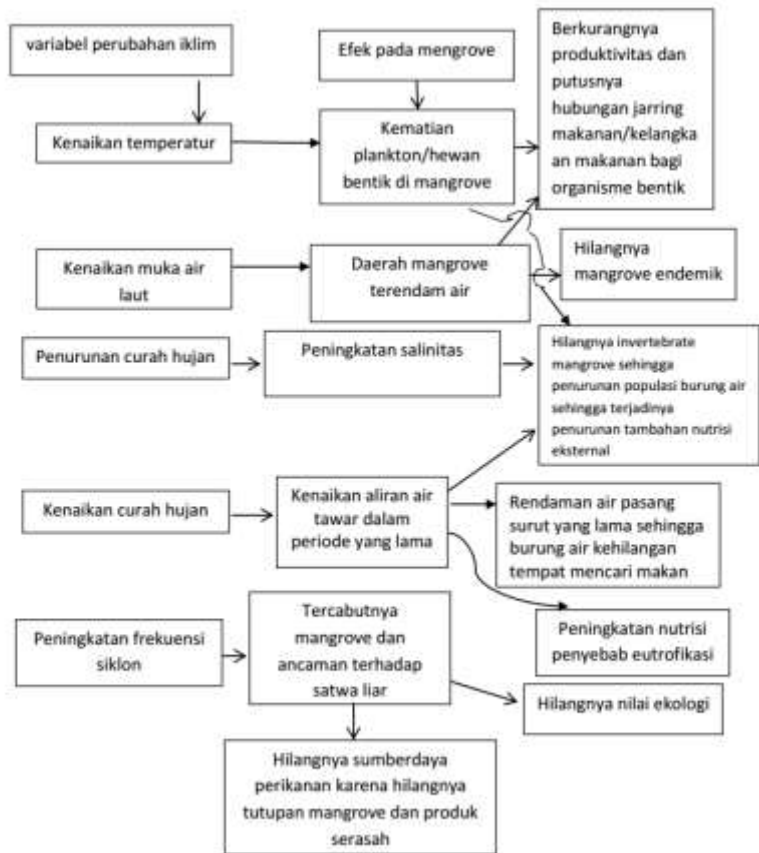
## **PERMASALAHAN LINGKUNGAN GLOBAL DAN DAMPAKNYA TERHADAP EKOSISTEM MANGROVE**

Permasalahan lingkungan secara global menjadi isu penting saat ini terutama yang memiliki dampak terhadap ekosistem mangrove yaitu kerusakan lapisan ozon (*ozon depletion*), efek rumah kaca (*green house effect*), hujan asam dan perubahan iklim (*climate change*). Secara khusus dampak yang akan menimpa mangrove akibat perubahan iklim disebabkan oleh perubahan gelombang, salinitas, kualitas dan kuantitas kandungan sedimen (Giri *et. al.*, 2011). *Climate change* merupakan perubahan yang berkaitan baik secara langsung ataupun tidak langsung antara iklim dan kegiatan manusia yang dapat mengubah komposisi atmosfer global sehingga dapat mempengaruhi variabilitas iklim alami yang diamati pada periode waktu yang sama. Perubahan iklim dapat diartikan juga sebagai perubahan yang terjadi pada pola cuaca yang semestinya normal di seluruh dunia pada periode waktu yang relatif panjang atau berkisar puluhan tahun atau bahkan lebih lama lagi (Stone *et.al.*, 2010).

Definisi secara operasional perubahan iklim terjadi secara signifikan pada rentang waktu tertentu. Perubahan yang terjadi berdasarkan pada perhitungan secara statistik dalam waktu yang lama. Perubahan iklim dapat meliputi perubahan suhu, curah hujan dan pola angin. Di wilayah Asia Timur, beberapa negara yang memiliki resiko yang diakibatkan adanya perubahan iklim antara lain Indonesia, Philipina, dan Myanmar (Blankespoor *et.al.*, 2016). Perubahan iklim dapat dirasakan di Kota Semarang, hal ini dapat dilihat dari adanya kenaikan suhu permukaan, peningkatan intensitas hujan, perubahan pola cuaca yang ekstrim dan terjadinya kenaikan muka air laut. Ancaman yang sejak lama dihadapi Kota Semarang antara lain penurunan tanah, kekeringan,

banjir dan longsor. Bencana yang mengancam tersebut akan semakin meningkat ditambah dengan adanya perubahan iklim. Bukti ilmiah perubahan iklim yang telah di rasakan terjadi di Kota Semarang dengan ditandai dengan kenaikan rerata suhu bulanan dalam rentang waktu 100 tahun terakhir. Muka air laut yang terus mengalami kenaikan sejak tahun 1985, diperkirakan akan terus mengalami peningkatan antara 40 sampai 80 cm dalam 100 tahun ke depan akan menjadi penyebab bertambah luasnya daerah yang tergenang (diperkirakan antara 1,7 sampai 3 km di daratan). Selain itu dapat terjadi perubahan pada pola hujan yang memberikan tambahan kontribusi banjir, tanah longsor, kelangkaan air dan kekeringan. Sementara muka air laut yang terus mengalami kenaikan (*sea level rise*) dan penurunan lahan (*land subsidence*) dapat mempengaruhi adanya rob dan erosi pada pantai (UNFPA & IIED, 2013).

Dampak adanya perubahan iklim yang dapat berpengaruh pada kondisi ekosistem mangrove diantaranya dengan terjadinya kenaikan pada permukaan air laut, terjadinya badai, kenaikan suhu, dan curah hujan (Ward *et. al.*, 2016). Selain dapat mempengaruhi ekosistem mangrove, perubahan iklim yang terjadi dapat juga berpengaruh pada jenis vegetasi, sehingga akan berpengaruh pada biota yang hidup pada ekosistem mangrove (Ross & Adam, 2013). Pengaruh ini dapat diakibatkan adanya perubahan luasan yang terjadi pada ekosistem mangrove.



Gambar 7.6. Variabel Perubahan Iklim dan Pengaruhnya Terhadap Mangrove (diadaptasi dari Sandilyan, 2014)

Berdasar gambar 7.6 tampak bahwa adanya pemanasan global dapat berdampak pada ekosistem mangrove, antara lain berupa berkurangnya produktivitas mangrove, ancaman bagi organisme yang hidup pada ekosistem mangrove, hilangnya nilai ekologi yang dimiliki ekosistem mangrove. Namun disisi lain mangrove dapat memiliki kemampuan untuk menyerap karbon yang merupakan salah satu penyebab dari pemanasan global.



## METODE PENGHITUNGAN CADANGAN KARBON

Metode penghitungan cadangan karbon dapat dibedakan menjadi dua yaitu dengan cara non destruktif dan dengan cara destruktif yaitu metode dengan merusak atau mengambil keseluruhan bagian tumbuhan bagian bawah dan serasah yang berada dalam plot. Sampel yang diambil berupa tumbuhan bagian bawah atau serasah harus dilakukan dalam plot yang sama. Cara destruksi dapat dilakukan dengan menentukan plot yang dapat mewakili seluruh area penelitian. Langkah selanjutnya dengan mengambil tumbuhan bagian bawah (dapat berupa pohon yang memiliki diameter <2 cm, perdu, herba maupun kategori rerumputan) yang berada dalam area kuadran. Kemudian memasukkan hasil potongan tumbuhan ke dalam kantong yang telah dipersiapkan sebelumnya. Langkah berikutnya dilakukan penimbangan berat basah batang atau daun, kemudian mencatat hasil penimbangan. Setelah dipastikan bebas dari air hujan atau embun dilakukan penimbangan berat basah.

Langkah kedua dengan mengambil contoh tanaman mulai dari daun dan batang sekitar 100-300 gram. Bila berat contoh yang didapatkan tidak banyak (< 100 g), maka dilakukan penimbangan semua contoh. Langkah berikutnya adalah mengeringkan biomasa tanaman contoh ke dalam oven pada suhu sekitar 80°C dan dilakukan pengecekan setiap 1 jam sampai didapatkan berat konstan, lalu dilakukan penimbangan berat kering dan mencatat hasil timbangan. Untuk menghitung nilai karbon kayu dapat menggunakan persamaan 1

$$C = BK \times 47\%, \quad (1)$$

Keterangan:

C merupakan Karbon Pohon (kg),

BK = Biomasa Pohon (kg/pohon)

47% merupakan Konstanta Karbon berdasar SNI 7724:2011.

Untuk pendugaan biomassa tumbuhan kelompok palmae dengan menggunakan rumus (Manuri *et. al.*, 2011)

$$(AGB)_{est} = \exp\{-2.134 + 2.530 \times \ln(D)\}, \quad (2)$$

Keterangan:

(AGB)<sub>est</sub> = biomasa pohon yang terdapat pada bagian atas tanah  
(Kg/Pohon),

D = diameter pada batang setinggi dada (cm).

Penghitungan nilai karbon pada tumbuhan dengan habitus pohon dilakukan dengan menggunakan metode pengambilan data secara sensus, yaitu suatu cara untuk mengukur diameter tegakan atau pohon yang telah memiliki diameter lebih dari 2 cm. Diameter yang dijadikan sebagai acuan adalah diameter setinggi dada (dbh) dan bila dalam ketinggian tersebut terdapat banir, maka diameter yang diukur adalah pada ketinggian 50 cm setelah banir. Alasan utama pengukuran diameter pada ketinggian setinggi dada adalah: (1) praktis dan mudah saat dilakukan pengukuran di lapangan, yaitu pengukuran dapat dengan mudah dilakukan dengan posisi berdiri tanpa harus membungkuk (apalagi pada ekosistem mangrove yang lokasi tumbuhnya pada daerah berlumpur); (2) kebanyakan jenis pohon pada ketinggian setinggi dada telah bebas dari adanya banir; (3) pengukuran berdasar dbh memiliki hubungan yang erat dengan peubah-peubah (dimensi) pada pohon satu dengan lainnya; dan (4) pengontrolan akurasi data dengan dbh lebih mudah (Manuri *et. al.*, 2011).

Serasah ataupun tumbuhan bagian bawah yang dijadikan sebagai contoh merupakan bagian dari tumbuhan hidup memiliki diameter < 2 cm, herba atau rerumputan. Serasah merupakan semua bahan organik yang telah mengalami kematian yang memiliki ukuran yang lebih kecil dari yang telah ditetapkan dengan tingkat dekomposisi yang terjadi pada permukaan tanah. Penentuan kategori serasah yaitu semua bagian tanaman yang telah gugur (dapat berupa ranting atau daun yang masih berada dalam plot dengan diameter kurang dari 10 cm).

Cara non destruktif dilakukan dengan melakukan pengukuran biomassa tegakan pohon dan pancang menggunakan model alometrik (Dharmawan, 2008; Komiyama *et. al.*, 2008; Sutaryo, 2009; Kauffman & Donato, 2012). Model alometrik tersaji pada Tabel 7.1.

Tabel 7.1. Model Alometrik Pendugaan Biomassa Pohon

Mangrove	
Jenis Pohon	Model Alometrik
Avicennia marina	$AGBs = 0,1848 D^{2,3524}$
Rhizophora spp	$AGBs = 0,128 D^{2,60}$
Persamaan umum	$AGBs = 0,251 \rho D^{2,46}$
Pancang	$AGBs = \exp(-3.068 + 0.957 \ln(D^2 * H))$

Keterangan:

AGBs= biomassa; D= diameter (DBH);  $\rho$ = berat jenis kayu

Pendugaan karbon didasarkan pada biomassa yang membutuhkan nilai faktor konversi biomassa ke kandungan karbon yang dinamakan fraksi karbon. Fraksi karbon untuk ekosistem mangrove dapat digunakan nilai default sebesar 0,47, dengan rumus:

$$C_{tegakan} = AGBs \times 0,47 \quad (3)$$

Keterangan:

$C_{tegakan}$  = jumlah karbon (MgC/ha)

AGBs = biomassa (Mg/ha)

0,47 = nilai koefisien untuk fraksi karbon

Langkah kedua dengan menghitung estimasi total cadangan karbon dan konversi setara  $CO_2$ . Estimasi total cadangan karbon diperkirakan dengan menambahkan seluruh cadangan karbon pada masing-masing komponen ( $C_{tegakan}$  dan  $C_{kayu\ mati}$ ). Setiap nilai cadangan karbon pada komponen dirata-ratakan di semua plot, kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan total cadangan karbon. Selanjutnya dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$C_{tot} = C_{tegakan} + C_{kayu\ mati} \quad (4)$$

Keterangan:

$C_{tot}$  = Total cadangan karbon pada plot sampel (MgC/ha)

$C_{tegakan}$  = Cadangan karbon pada tegakan (MgC/ha)

$C_{kayu\ mati}$  = Cadangan karbon pada kayu mati (MgC/ha)

Untuk total cadangan karbon pada area penelitian dihitung dengan rumus:

$$C = C_{tot} \times \text{Area} \quad (5)$$

Keterangan :

C = Total cadangan karbon total pada area penelitian (Mg)

C<sub>tot</sub> = Total cadangan karbon pada plot penelitian (MgC/ha)

Area = Luas area penelitian (Ha)

Penghitungan konversi setara karbon menggunakan rumus:

$$\text{CO}_2\text{-ekuivalen} = (44/12) \times C_{tot} \quad (6)$$

Keterangan:

CO<sub>2</sub>-ekuivalen = nilai konversi karbon setara CO<sub>2</sub> (Mg)

44/12 = rasio berat molekul antara karbon dioksida (44) dan karbon (12)

C = Total stok karbon total pada area penelitian (Mg)

Hasil perhitungan cadangan karbon yang didapatkan menunjukkan bahwa mangrove mampu menyerap CO<sub>2</sub> yang menjadi salah satu sebab terjadinya *green house effect* (efek rumah kaca) yang juga menjadi salah satu pemicu pemanasan global.

## SIMPULAN

Ekosistem mangrove merupakan peralihan antara ekosistem darat dan ekosistem laut yang berada di daerah tropik maupun subtropik di sepanjang pantai ataupun pada muara sungai yang terdiri atas jenis tumbuhan mangrove. Tumbuhan mangrove merupakan kelompok tumbuhan yang bersifat khusus yang berada di sepanjang pantai atau daerah yang biasanya lebih didominasi faktor laut atau pada muara sungai yang masih terdapat pengaruh faktor aliran sungai.

Ekosistem mangrove memiliki peran penting dalam mitigasi pemanasan global dengan cara melakukan penyerapan CO<sub>2</sub> di udara. Penghitungan cadangan karbon dapat dilakukan dengan menggunakan metode non destruktif dan destruktif. Adanya karbon yang tersimpan dalam ekosistem mangrove maka

menjadi keaharusan untuk tetap menjaga dan melestarikan ekosistem mangrove.

### **Ucapan Terima Kasih**

Terima kepada LPPM Unnes yang telah memberikan dana Penelitian Dasar tahun 2021 Nomor 141.26.4/UN37/PPK.3.1/2021

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Biswas, P.L., & Biswas S.R., 2019. *Mangrove Forest: Ecology, Management, and Threat*. Springer Nature Swtzerland AG.
- Blankespoor, B., Dasgupta, S., & Lange, G.M., 2017. Mangroves as A Protection from Storm Surges in a Changing Climate. *Ambio*, 46(4), pp.478-491.
- Departemen Kelautan dan Perikanan (DKP)., 2008. *Pedoman Pengelolaan Ekosistem Mangrove*. Jakarta: Direktorat Pesisir dan Lautan.
- Dharmawan, I.W.S., & Siregar, C.A., 2008. Karbon Tanah dan Pendugaan Karbon Tegakan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. di Ciasem, Purwakarta. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 5(4), pp.317-328.
- Efendi, M., Sunoko, H.R., & Sulistya, W., 2012. Kajian Kerentanan Masyarakat Terhadap Perubahan Iklim Berbasis Daerah Aliran Sungai (Studi Kasus sub DAS Garang Hulu). *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 10(1), pp.8-18.
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L.L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., Masek, J., & Duke, N., 2011. Status and Distribution of Mangrove Forests of the World Using Earth Observation Satellite Data. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), pp.154-159.
- Indrayanti, M.D., Fahrudin, A., & Setiobudiandi, I., 2015. Penilaian Jasa Ekosistem Mangrove di Teluk Blanakan Kabupaten Subang. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(2), pp.91-96.
- Irsadi, A., Anggoro, S., & Soeprbowati, T.R., 2017. Analisis Penggunaan Lahan di Sekitar Mangrove Untuk Pengelolaan

- Lingkungan Pesisir Semarang Berkelanjutan. In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Biologi*.
- Irsadi, A., Anggoro, S., Soeprobawati, T.R., Helmi, M., & Khair, A.S.E., 2019. Shoreline and Mangrove Analysis Along Semarang-Demak, Indonesia for Sustainable Environmental Management. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(1), pp.1-11.
- Irsadi, A., Anggoro, S., & Soeprobawati, T.R., 2020. Mangrove Conservation and Its Implication on Community Life of Bedono Village, Demak, Central Java. *AIP Conference Proceedings*, 2231(1), pp. 040041. AIP Publishing LLC.
- Kariada, N.T., & Irsadi, A., 2014. Peranan Mangrove sebagai Biofilter Pencemaran Air Wilayah Tambak Bandeng Tapak, Semarang (Role of Mangrove as Water Pollution Biofilter in Milkfish Pond, Tapak, Semarang). *Jurnal manusia dan lingkungan*, 21(2), pp.188-194.
- Kartikasari, V., Tandjung, S.D., & Sunarto, S., 2014. Akumulasi Logam Berat Cr Dan Pb Pada Tumbuhan Mangrove Avicennia Marina Di Muara Sungai Babon Perbatasan Kota Semarang Dan Kabupaten Demak Jawa Tengah (Accumulation of Heavy Metals Cr and Pb in Mangrove Plant Avicennia marina On Babon River's Estuari). *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 9(3), pp.137-147.
- Kauffman, J.B., Arifanti, V.B., Basuki, I., Kurnianto, S., Novita, N., Murdiyarso, D., & Warren, M.W., 2016. *Protocols for the Measurement, Monitoring, and Reporting of Structure, Biomass, Carbon Stocks and Greenhouse Gas Emissions in Tropical Peat Swamp Forests*. Center for International Forestry Research.
- Keshavarz, M., Mohammadikia, D., Gharibpour, F., & Dabbagh, A.R., 2012. Accumulation of Heavy Metals (Pb, Cd, V) in Sediment, Roots and Leaves of Mangrove Species in Sirik Creek along the Sea Coasts of Oman, Iran. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 16(4).

- Komiyama, A., Ong, J.E., & Pongpan, S., 2008. Allometry, Biomass, and Productivity of Mangrove Forests: A Review. *Aquatic Botany*, 89(2), pp.128-137.
- Kumar, J.N., Sajish, P.R., Kumar, R.N., George, B., & Viyol, S., 2011. Bioaccumulation of Lead, Zinc and Cadmium in *Avicennia marina* Mangrove Ecosystem near Narmada Estuary in Vamleshwar, West Coast of Gujarat, India. *Journal of International Environmental Application and Science*, 6(1), pp.8-13.
- Manuri, S., Putra, C., & Saputra, A., 2011. *Teknik Pendugaan Cadangan Karbon Hutan, Merang REDD Pilot Project, German International Cooperation-GIZ, Palembang*.
- Mulyadi, E., Laksmono, R., & Aprianti, D., 2009. Fungsi Mangrove sebagai Pengendali Pencemar Logam Berat. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 1, pp.33-39.
- Purnobasuki, H., 2005. *Tinjauan Perspektif Hutan Mangrove*. Airlangga University Press.
- Romimohtarto, K., & Juwana, S., 2001. *Biologi Laut: Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut*. Jakarta: Djambatan.
- Sandilyan, S., 2014. Impacts of Climate Change on Indian Mangroves: A Review Paper. *Global Journal of Environmental Research*, 8(1), pp.1-10.
- Saru, A., 2014. Potensi Ekologis dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove di Wilayah Pesisir. *Institut Pertanian Bogor Press. Bogor*, 185.
- Setyawan, A.D., & Winarno, K., 2006. Permasalahan Konservasi Ekosistem Mangrove di Pesisir Kabupaten Rembang, Jawa Tengah. *Biodiversitas*, 7(2), pp.159-163.
- Silva, L.F.F., Machado, W., Lisboa-Filho, S.D., & Lacerda, L.D., 2003. Mercury Accumulation in Sediments of A Mangrove Ecosystem in SE Brazil. *Water, Air, and Soil Pollution*, 145(1), pp.67-77.
- Sinha, S., 1999. Accumulation of Cu, Cd, Cr, Mn and Pb from Artificially Contaminated Soil by *Bacopa Monnieri*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 57(3), pp.253-264.



- Stone, S., León, M.C., & Fredericks, P., 2010. *Perubahan Iklim & Peran Hutan: Manual Komunitas*. Arlington: Conservation International.
- Supriharyono., 2002. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumberdaya Alam di Wilayah Pesisir*. Gramedia Pustaka Utama: Jakarta
- Sutaryo, D., 2009. *Penghitungan Biomassa Sebuah pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon*. Wetlands International Indonesia Programme. Bogor.
- Ross, P.M., & Adam, P., 2013. Climate Change and Intertidal Wetlands. *Biology*, 2(1), pp.445-480.
- Tam, N.F.Y., & Wong, Y.S., 1996. Retention and Distribution of Heavy Metals in Mangrove Soils Receiving Wastewater. *Environmental pollution*, 94(3), pp.283-291.
- Tefarani, R., Martuti, N.K.T., & Ngabekti, S., 2019. Keanekaragaman Spesies Mangrove dan Zonasi di Wilayah Kelurahan Mangunharjo Kecamatan Tugu Kota Semarang. *Life Science*, 8(1), 41-53.
- Tomlinson, P.B., 1986. *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press London.
- Usman, A.R., Alkredaa, R.S., & Al-Wabel, M.I., 2013. Heavy Metal Contamination in Sediments and Mangroves from the Coast of Red Sea: *Avicennia Marina* as Potential Metal Bioaccumulator. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 97, pp.263-270.
- Wahyuni, Y., Putri, E.I.K., & Simanjuntak, S.M., 2014. Valuasi Total Ekonomi Hutan Mangrove di Kawasan Delta Mahakam Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 3(1), pp.1-12.
- Ward, R.D., Friess, D.A., Day, R.H., & MacKenzie, R.A., 2016. Impacts of Climate Change on Mangrove Ecosystems: A Region by Region Overview. *Ecosystem Health and Sustainability*, 2(4), pp.e01211.