

PENGELOLAAN POTENSI PENYERAPAN KARBON DALAM BENTUK BIOMASSA PADA EKOSISTEM MANGGROVE DI KUALA LANGSA-ACEH

MANAGEMENT OF POTENTIAL CARBON ABSORPTION IN THE FORM OF BIOMASS IN MANGROVE ECOSYSTEMS IN KUALA LANGSA-ACEH

¹Nabil Zurba, ¹Heriansyah, ²Dini Islama dan ²Citra Dina Febrina

¹Dosen Program Studi Sumber Daya Akuatik FPIK Universitas Teuku Umar

²Dosen Program Studi Akuakultur FPIK Universitas Teuku Umar

nabilzurba@utu.ac.id

abstract

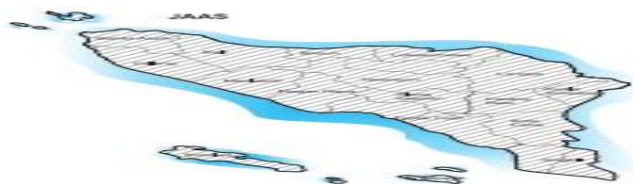
The potential of mangrove ecosystems can be in the form of providers of economic resources, protecting the ecological environment and providing environmental services. Therefore, the presence of mangroves in Kuala Langsa is important to study regarding economic potential, carbon sequestration potential in the form of biomass, coastal tourism potential and social potential of the community in supporting its development efforts. The results of the study obtained the potential for carbon sequestration in the form of biomass of 101,275 tons / year, with the economic value of carbon trading of Rp. 7,089,250,000 / year, economic potential Managing these potentials requires a conservation strategy, improvement of the performance of adat institutions and the existence of a management institution as it is currently which must be continuously strengthened.. (Bahasa Inggris, Time New Roman, 12, Spasi 1)

Keywords: Kuala Langsa, Mangrove, Potency

I. Pendahuluan

Setiap ekosistem memiliki 4 fungsi pokok bagi manusia yaitu pendukung kehidupan, pemberi kenyamanan, penyedia sumber daya alam dan sebagai filter alami limbah. Kuala Langsa memiliki kawasan mangrove seluas 7.837 hektar yang terdistribusi di sepanjang pesisir pantai dan daerah aliran sungai. Keberadaan ekosistem mangrove tersebut oleh masyarakat lokal dijadikan sebagai sumber mata pencaharian berupa hasil perikanan. Kawasan tersebut memiliki potensi dan peranan penting sebagai penyangga kehidupan khususnya bagi masyarakat setempat.

Keberadaan hutan mangrove juga berfungsi sebagai penyerap karbon, proses fotosintesis mengubah karbon anorganik (CO₂) menjadi karbon organik dalam bentuk bahan vegetasi. Pada ekosistem hutan teresterial bahan ini membusuk dan melepaskan karbon kembali ke atmosfer sebagai (CO₂). Akan tetapi hutan mangrove justru mengandung sejumlah besar bahan organik yang tidak membusuk. Hutan mangrove lebih



berfungsi sebagai penyerap karbon dibandingkan dengan sumber karbon. Tumbuhan mangrove memiliki banyak daun sehingga lebih berpotensi menyerap karbon lebih banyak dari tumbuhan lain. Hasil dari penelitian estimasi penyimpanan karbon pada mangrove dapat dijadikan acuan dasar dalam penilaian manfaat ekonomis mangrove dalam bentuk komoditi jasa lingkungan *C-Sequestration*.

Pemahaman masyarakat tentang manfaat hutan mangrove sebagai penghasil kayu harus disubstitusi dengan menggali manfaat ekonomi lainnya selain kayu sehingga tidak merusak ekosistem mangrove. Pengembangan perhatian kepada manfaat non kayu juga akan mencegah atau mengurangi kegiatan *illegal logging* di hutan mangrove.

Kawasan hutan mangrove Kuala Langsa berstatus hutan lindung yang terdistribusi di sepanjang pesisir pantai dan daerah aliran sungai. Keberadaan ekosistem mangrove tersebut oleh masyarakat lokal dijadikan sebagai sumber mata pencaharian berupa hasil perikanan dan lokasi berjualan di kawasan wisata pesisir. Sebagai tempat wisata potensi yang dimiliki oleh ekosistem mangrove di lokasi tersebut sangat penting untuk diketahui, melalui penilaian manfaat langsung dan tidak langsung dalam bentuk karbon market.

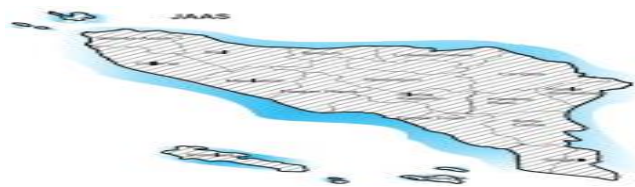
II. Metode Penelitian

Peralatan

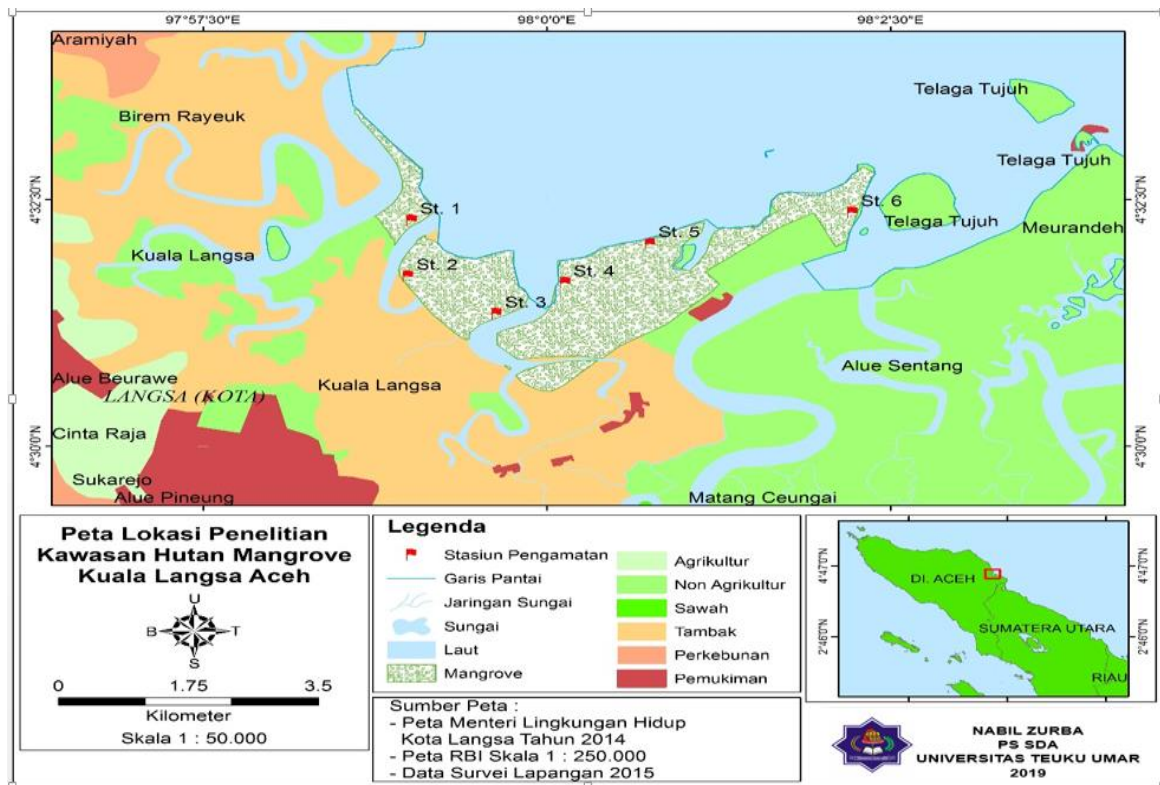
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah, *Global positioning system* (GPS), meteran, kamera, tali, cat, kuas dan ATK.

Tabel 1 Alat yang digunakan dalam penelitian

No	Alat	Jenis	Fungsi
1	GPS	Navigasi	Menentukan titik lokasi pengambilan data
2	Meteran	Roll	Mengukur diameter
3	Kamera	Digital	Dokumentasi
4	Tali	Plastik	Pembatas transek area penelitian
5	Cat	Cair	Penanda jenis pohon
6	Kuas	Kayu	Penanda jenis pohon
7	ATK	Pulpen, Kertas	Mencatat data



Penelitian ini dilaksanakan di kawasan mangrove Kuala Langsa (Gambar 1). Penelitian dilakukan selama 3 bulan yaitu pada bulan Agustus-Oktober 2019.

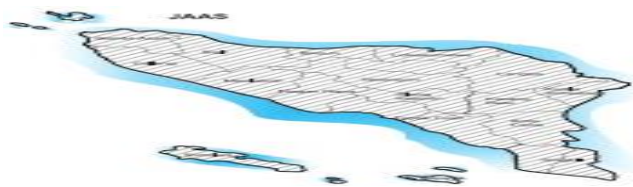


Jenis dan Teknik Pengumpulan Data

Lokasi pengamatan dan sampling ekologi ditentukan 6 stasiun sampling. Metode penentuan stasiun sampling dilakukan dengan metode *Random sampling* berdasarkan pertimbangan keterwakilan lokasi pengukuran biomassa karbon.

Tabel 2 Jenis data, satuan dan analisis yang digunakan dalam penelitian

No	Data ekologi	Satuan	Analisis	Output
1	Jumlah pohon per transek	Pohon	Dominasi,	Status Ekologi
2	Diameter Pohon	Cm	Kerapatan,	
3	Jenis Pohon mangrove	Spesies	Frekuensi dan	
4	Luas total hutan mangrove	Ha	INP (Kusmana, 1997)	



No	Data biomassa karbon	Satuan	Analisis	Output
1	Diameter setinggi dada	Cm	Perhitungan alometrik (Komiya, 2008)	Jumlah karbon tersimpan

Menurut Bengen (2004) pengambilan data vegetasi mangrove dilakukan dengan metode transek garis dan petak contoh (*line plots transect*) dan identifikasi mengacu pada Noor *et al.* (1999). Untuk setiap stasiun hanya diambil satu transek garis dari arah laut ke darat atau sebaliknya dengan tiga petak contoh. Petak contoh ukuran 10 x 10 m untuk kategori pohon (diameter >10 cm) yang ditentukan berdasarkan *purposif sampling* sedangkan petak contoh ukuran 5 x 5 m untuk kategori anakan (diameter = 2-10 cm) ditentukan berdasarkan *random sampling*.

Biomassa mangrove

Prosedur dalam pengukuran kandungan karbon pohon dilakukan dengan cara non destruktif (tidak merusak tanaman) dengan catatan jenis tanaman yang diukur sudah diketahui rumus allometrik. Model pendugaan biomassa mangrove dapat dibangun berdasarkan persamaan nilai biomassa dengan diameter (Komiya 2008)

$$W_{top} = a.DBH^b \dots\dots\dots (1)$$

dengan:

W_{top} : Biomassa di atas permukaan tanah (kg)

DBH : *Diameter Breast High* (diameter setinggi dada=1,3 meter)

a : Koefisien konversi

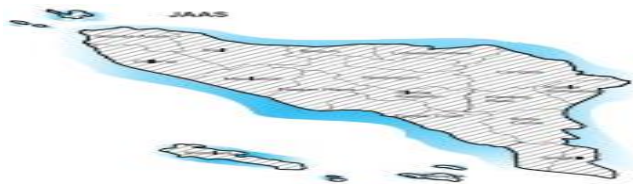
b : Koefisien allometrik

Avicennia : $a = 1.28$; $b = 1.17$

Sonneratia alba. : $a = 0.184$; $b = 2.35$

Rhizophora spp. : $a = 0.105$; $b = 2.68$

Bruguiera gymnorrhiza : $a = 0.186$; $b = 2.31$



$$C = 0,5.W \dots\dots\dots (2)$$

dengan:

C : Cadangan Karbon (Ton Carbon)

W : Biomassa (kg)

0,5 : Koefisien kadar karbon pada tumbuhan (faktor konversi)

Analisis Stakeholder

Analisis *Stakeholder* digunakan untuk mengidentifikasi kelompok pemangku kepentingan yang penting dan menilai hubungan antar pemangku kepentingan, arti penting dan kekuatan relatif (Mumtas dan Wichien 2013). Analisis *Stakeholder* dilakukan melalui pemetaan tiap pemangku kepentingan ke dalam matriks analisis pemangku kepentingan berdasarkan tingkat kepentingan dan pengaruh. Hasil jawaban kuisioner ditransformasikan menjadi data kuantitatif melalui skoring dengan membuat penilaian kuantitatif tingkat kepentingan dan pengaruh pemangku kepentingan.

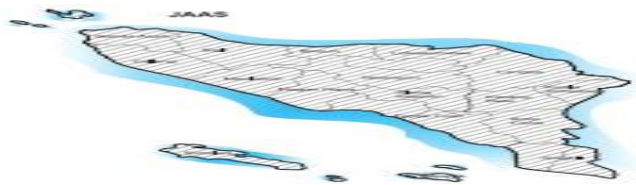
Penetapan kriteria dan indikator pemangku kepentingan menggunakan pertanyaan untuk mengukur tingkat kepentingan dan pengaruh pemangku kepentingan merupakan model dikembangkan oleh Abbas (2005).

III. Hasil dan Pembahasan

Kuala Langsa sebagai salah satu wilayah yang ada dikota Langsa. Secara geografis Kuala Langsa terletak antara 04°24'35.68"-04°33'47.03" Lintang Utara dan 97°53'14'59-98°04'42'16" Bujur Timur dengan batas-batas wilayah sebagai berikut:

- Sebelah Utara: Selat Malaka
- Sebelah Selatan: Kecamatan Langsa Kota
- Sebelah Timur: Kecamatan Langsa Timur
- Sebelah Barat: Kabupaten Aceh Timur

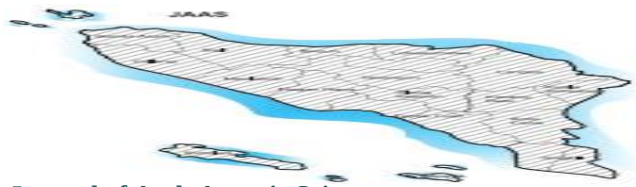
Kuala Langsa memiliki kawasan mangrove seluas 7.837 hektar yang terdistribusi di sepanjang pesisir pantai dan daerah aliran sungai. Keberadaan ekosistem mangrove tersebut oleh masyarakat lokal dijadikan sebagai sumber mata pencaharian berupa hasil



hasil perikanan. Kawasan tersebut memiliki potensi dan peranan penting sebagai penyangga kehidupan khususnya bagi masyarakat setempat. Potensi perikanan dari ekosistem mangrove yang telah dimanfaatkan oleh masyarakat setempat khususnya bagi nelayan skala kecil (*small-scale fisheries*). Potensi yang dimiliki oleh ekosistem mangrove di lokasi tersebut sangat penting untuk diketahui, salah satunya melalui penilaian manfaat langsung.

Ekosistem mangrove di Kuala Langsa berada dalam lingkaran Kawasan Perlindungan setempat. Ekosistem mangrove di lokasi penelitian merupakan komunitas yang tumbuh secara alami. Ekosistem ini pada umumnya berada dekat pada daerah pemukiman penduduk sehingga memiliki peluang besar terhadap aktivitas eksploitasi atau pemanfaatan oleh masyarakat setempat. Berdasarkan fungsi kawasan, hutan mangrove yang berstatus sebagai kawasan perlindungan setempat memungkinkan untuk dimanfaatkan oleh masyarakat dengan tujuan menunjang kesejahteraan, sehingga ada kemungkinan kawasan tersebut akan mendapatkan tekanan dan ancaman kerusakan.

Hasil pengamatan dan identifikasi vegetasi mangrove di 6 stasiun ditemukan sebanyak 520 batang vegetasi mangrove kategori pohon (diameter >10 cm), 130 jenis kategori anakan (diameter 2-10 cm) dan 187 jenis semai. Pada ketiga lokasi sampling ditemukan mangrove dengan jenis yang sama, berarti mangrove di Kuala Langsa bersifat homogeny (Gambar 2).

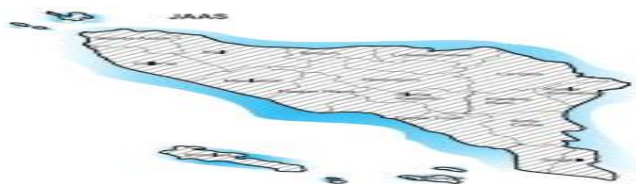


Gambar 2 Mangrove di Kuala Langsa

Jenis mangrove yang tumbuh secara alami di Kuala Langsa cukup beragam dan homogen antar stasiun, artinya pada 6 stasiun sampling selalu ditemukan 7 jenis yang sama yaitu jenis *Avicenia marina*, *Avicenia alba*, *Avicenia officinalis*, *Sonneratia alba*, *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata* dan *Bruguiera gymnorhiza*. Setiap jenis mangrove memiliki ciri khas morfologi tertentu yang berbeda antar jenis, lokasi untuk tumbuh serta sebarannya juga berbeda antar setiap jenis. Soerianegara (1987) menyatakan daerah pantai dan muara sungai menunjukkan bahwa beberapa spesies mangrove memang lebih mampu beradaptasi dengan baik, karena dipengaruhi pasang surut air laut.

Potensi Karbon dalam Bentuk Biomassa

Hasil perhitungan dengan metode allometrik pada vegetasi mangrove di 3 stasiun didapatkan hasil sebanyak 208.868.4 Kg/ha potensi biomassa dan 101.275.2 Ton/Tahun, Potensi karbon adalah 50% dari potensi Biomassa (Smith and Whelan, 2006), potensi penyerapan karbon ke dalam biomassa terbesar adalah dari jenis *Sonneratia alba*

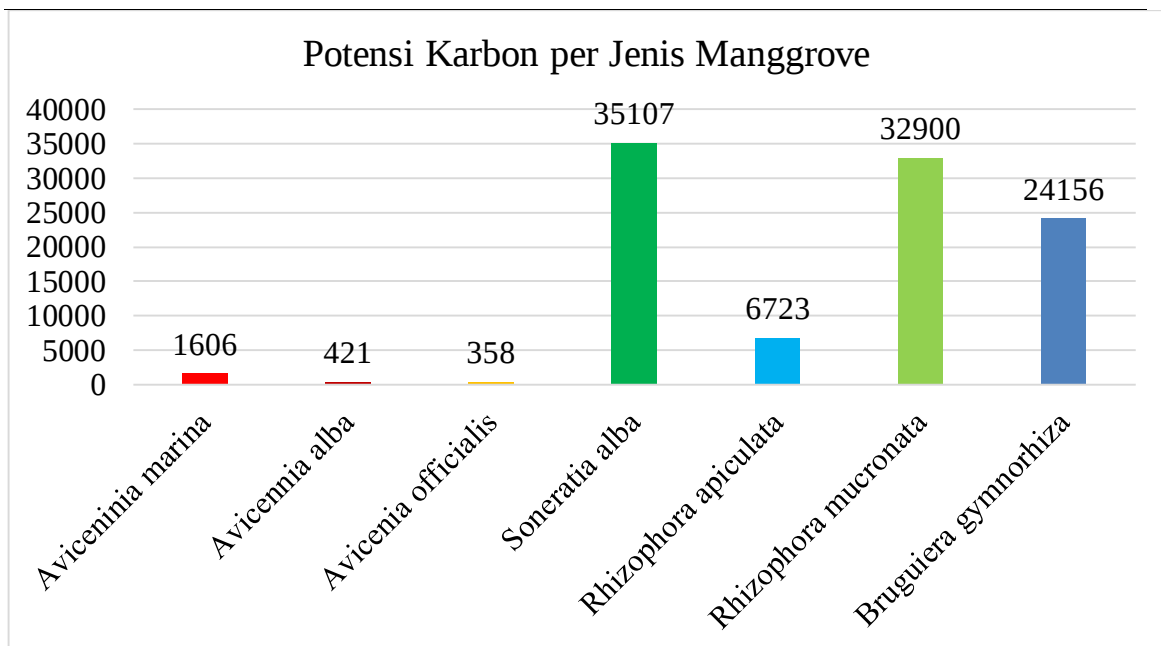
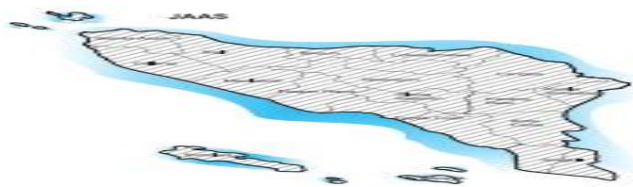


sedangkan *Rhizophora mucronata* dan *Bruguiera gymnorhiza* menempati posisi kedua dan ketiga, *Rhizophora apiculata*, *Avicennia alba*, *Avicennia officinalis* dan *Avicennia marina* secara berurutan menyusul di belakangnya, dapat juga di lihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Nilai karbon pada setiap jenis mangrove

Jenis	Potensi perHektar (Kg/Ha)		Potensi Mangrove Kuala Langsa (Ton)	
	Biomassa	Karbon	Biomassa	Karbon
<i>Avicennia marina</i>	412	206	3213.6	1606.8
<i>Avicennia alba</i>	108	54	842.4	421.2
<i>Avicennia officinalis</i>	903	46	7043.4	358.8
<i>Sonneratia alba</i>	9002	4501	70215.6	35107.8
<i>Rhizophora apiculata</i>	1723	862	13439.4	6723.6
<i>Rhizophora mucronata</i>	8436	4218	65800.8	32900.4
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	6194	3097	48313.2	24156.6
Total			208868.4	101275.2

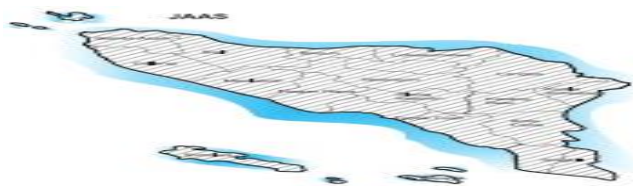
Hal tersebut sesuai dengan yang dikemukakan oleh Daniel *et al.* (2011) bahwa ekosistem mangrove memiliki tingkat penyerapan lima kali lebih cepat terhadap unsur karbon di udara jika dibandingkan dengan hutan di daratan dan ekosistem pesisir lainnya. Potensi karbon yang dapat diserap oleh berbagai jenis mangrove di Kuala Langsa dapat dilihat pada Gambar 2.



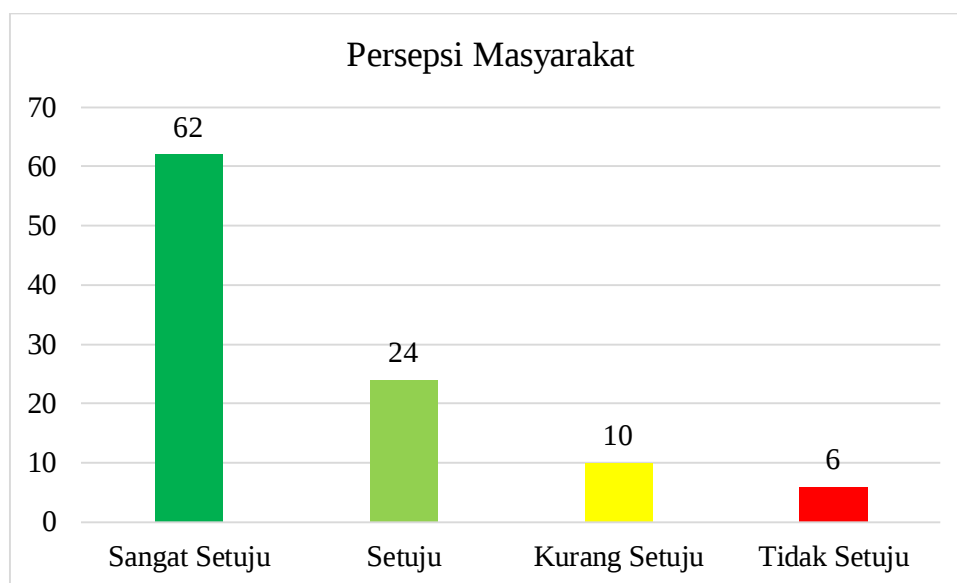
Gambar 2 Potensi karbon hutan mangrove di Kuala Langsa

Jenis *Soneratia alba* dan *Rhizophora mucronata* mendominasi kemampuan dalam menyerap karbon dibandingkan jenis lainnya karena jumlah dari jenis spesies tersebut lebih banyak tumbuh di Kuala Langsa. Menurut Foresth (1995) suatu komunitas vegetasi mangrove dengan luas daun keseluruhan kurang lebih 5 hektar dapat menyerap 900 kg CO₂ dari udara dan melepaskan 600 kg O₂ dalam waktu 2 jam. Keberadaan mangrove maka sangat penting bagi kelestarian wilayah pesisir dan bermanfaat bagi kelangsungan hidup makhluk hidup.

Pemanfaatan hutan mangrove sebagai penyerap karbon belum sepenuhnya dipahami dalam pola pikir masyarakat di Kuala Langsa, terbukti dengan 62% responden yang sangat setuju serta 24% setuju sedangkan yang kurang setuju dan tidak setuju adalah 10% dan 6%. Menurut Daniel *et al.* (2011) pengelolaan hutan mangrove berkelanjutan cocok untuk penyerapan dan penyimpanan karbon. Selain melindungi daerah pesisir dari abrasi tanaman mangrove mampu menyerap emisi yang terlepas dari lautan dan udara. Penyerapan emisi gas buang menjadi maksimal karena mangrove memiliki sistem akar napas dan keunikan struktur tumbuhan pantai. Salah satu akibat kelebihan jumlah karbon di atmosfer adalah terganggunya keseimbangan energi antara bumi dan atmosfer,



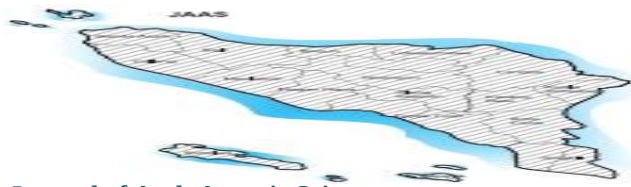
sehingga memicu terjadinya perubahan iklim global. Terjadinya peningkatan unsur karbon dalam bentuk gas-gas asam arang (CO_2), gas buang knalpot (CO), metana (CH_4) serta gas rumah kaca dalam jumlah yang mengkhawatirkan telah memicu pemanasan global. Pemanfaatan biomassa untuk di jual dalam bentuk kayu bangunan dan arang adalah landasan pemikiran yang tidak setuju dengan pemanfaatan hutan mangrove untuk potensi karbon (Gambar 3).



Gambar 3 Persepsi masyarakat terhadap fungsi mangrove sebagai penyerap Karbon

Metode perdagangan karbon sudah mulai banyak di terapkan dinegara maju seperti Amerika, Kanada, prancis dan Jepang, dengan dipelopori oleh protokol Kyoto tahun 2011, maka daerah yang memiliki luasan ekosistem yang dapat menyerap karbon akan mendapatkan kompensasi berupa biaya yang akan dibayarkan oleh negara yang memproduksi karbon dari industri mereka, besaran yang dibayarkan adalah tahunan dan disesuaikan dengan kemampuan ekosistem tersebut menyerap karbon dalam satuan Ton, pembayarannya dilakukan oleh lembaga khusus yang menangani bidang karbon, negara yang industrinya menghasilkan karbon mewajibkan semua industri tersebut membayar kredit karbon (Keohane 2009).

Harga jual karbon yang saat ini berlaku adalah US \$ 2-7 setiap ton karbon per tahun. Kunci keberhasilannya adalah kemajuan informasi yang dimiliki baik dalam Pengukuran



karbon dalam bentuk biomassa dan upaya konservasi dari masyarakat agar tidak dilakukan penebangan liar. Pekerjaan ini berarti sudah bersifat *resource and community based management* (Marsono, 2004). Potensi penyerap karbon di Kuala Langsa mencapai 101.275 Ton/Tahun, dengan asumsi harga jual karbon adalah 5 US dolar/Ton (kurs dengan rupiah 14.000) maka nilai karbon total pertahun mencapai Rp 7.089.250.000.

Rencana Jangka Pendek

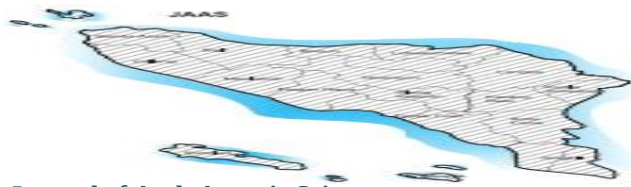
Prioritas rencana jangka pendek pada grafik rencana perbaikan ada pada strategi pengembangan sosial, Namun indikator dari domain lain yang mempunyai kondisi buruk merupakan salah satu prioritas perbaikan pengelolaan yang harus dilakukan dengan mempertimbangkan karakteristik sumberdaya ekosistem mangrove sendiri,

Dahuri *et al.* (2008) menjelaskan perencanaan ruang kawasan pesisir diharapkan dapat mendorong peran serta masyarakat dan swasta dalam pembangunan. Tata ruang yang dimaksud mencakup penetapan peruntukan lahan yang terbagi menjadi empat mintakat yaitu: (i) zona preservasi, (ii) zona konservasi, (iii) zona penyangga, (iv) zona budidaya (zona pemanfaatan). Pemetaan langkah taktis pada rencana jangka pendek perbaikan dimaksudkan untuk mempermudah penerapan.

Setiap stakeholder memiliki kepentingan, kebutuhan, dan sudut pandang yang berbeda dan harus dapat dikelola dengan baik sehingga tujuan yang ingin dicapai dapat terwujud. Dalam melakukan koordinasi antar *stakeholder* belum terdapat kelembagaan yang secara fokus mengintegrasikan seluruh stakeholder dalam pengelolaan perikanan yang komperhensif. Untuk itu diperlukan suatu model pengelolaan yang dapat mengakomodir semua kepentingan *stakeholder* dengan memperhatikan potensi dan peran yang dapat dilakukan dalam pengelolaan potensi sumberdaya *tangible* dan *intangible* dari ekosistem mangrove di Kuala Langsa. Penyusunan Rencana Jangka Pendek urutannya sesuai analisis *tactical decision* (yang menghasilkan strategi).

Pengelolaan potensi ekosistem mangrove

Berdasarkan analisis *stakeholder* kendala dalam pengelolaan potensi mangrove Kuala Langsa sudah dapat diketahui yaitu belum terkoordinirnya sistem pengelolaan secara terpadu, seperti belum ada lembaga hukum milik desa yang bisa menampung hasil



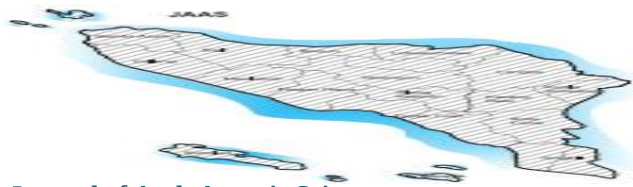
dari pengelolaan potensi karbon, perikanan dan wisata pesisir. Pengelolaan potensi karbon belum diterapkan di Kuala Langsa dikarenakan belum adanya tenaga ahli dalam sosialisasi dan pengukuran data karbon di lapangan dan peraturan daerah tentang pengelolaan karbon seperti metode *Cap and Trade* belum diterapkan.

Pembangunan di wilayah pesisir dan laut tersebut akan terjadi terus menerus, akan tetapi dalam prosesnya melibatkan berbagai sektor. Pelaksanaan pembangunan tersebut akan masuk dalam lingkup penggunaan biaya atas pemakaian lahan baik yang berada di darat maupun di laut. Sistem perundangan di Cina pada Januari 2002, selain penerapan perundangan serta menerapkan beberapa prinsip yang membantu perundangan tersebut berjalan. Salah satu prinsipnya yaitu melakukan penerapan sistem biaya pengguna. Sebuah wilayah pesisir dan laut yang masuk ke dalam kategori teluk (*bay*) memerlukan sebuah rencana pengelolaan sehingga sebuah kajian komprehensif terhadap dinamika kegiatan ekonomi maupun dampak lingkungan termasuk dalam konteks ini lingkungan sosial menjadi sebuah kebutuhan (Adrianto 2006).

Strategi Pengelolaan

Untuk potensi karbon yang cukup besar, bagi dinas terkait agar membuat sosialisasi dan pelatihan pengelolaan potensi karbon agar pemahaman akan potensi dan cara mengukurnya dapat dipraktekkan oleh teknisi dinas, masyarakat dan mahasiswa. Setelah pemahaman akan potensi karbon sudah di pahami oleh masyarakat, maka dinas dapat mencoba *pilot project* pada peraturan daerah tentang sistem *Cap and Trade* dalam sistem pengelolaan mangrove.

Keohane 2009 dan Chetty *et al* 2009 menyatakan *pilot project* bisa dimulai dengan menetapkan perda kredit karbon pada perusahaan industri. Mekanismenya adalah mengestimasi jumlah karbon yang di hasilkan dalam produksi tahunan makan di kenakan biaya sejumlah tertentu untuk karbon yang di hasilkan. Harrison 2012 dan Marron *et al*. 2013 juga menyatakan industri juga diberikan batas toleran karbon (karbon yang dapat diserap oleh alam) sejumlah tertentu, dimana jika industri tersebut menghasilkan karbon



dari proses produksi usahanya dibawah nilai toleran, maka industri tersebut dapat menjual kredit karbonnya ke industry lain yang kelebihan karbon pada saat proses produksi.

IV. Kesimpulan

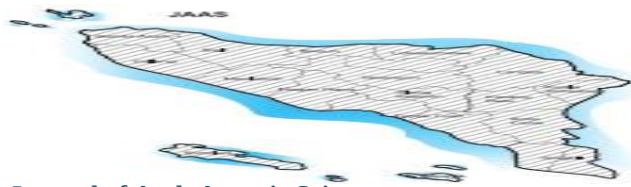
1. Potensi karbon tersimpan sebagai jasa lingkungan dari hutan mangrove di Kuala Langsa adalah sebesar 101.275 Ton/Tahun, dengan nilai jual Rp. 7.089.250.000/Tahun. Potensi besar yang belum dimanfaatkan ini sangat penting untuk tetap dipertahankan dan dilestarikan sumberdayanya.
2. Mangrove di Kuala Langsa masih dalam kategori baik karena masyarakat masih menjaga dan tidak merusak ekosistem mangrove serta belum terkikis karena bencana alam.
3. Semua *Stakeholder* harus meningkatkan nilai ekonomi total yang tinggi ini dan juga harus tetap menjaga ekosistem mangrove tetap terjaga dan lestari, agar pengelolaan mangrove di Kuala Langsa dapat berlanjut.

Saran

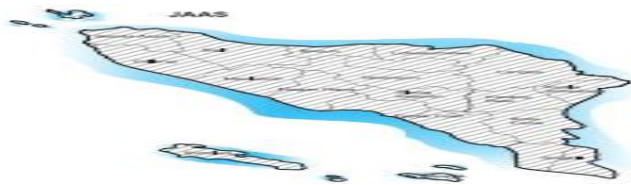
Segera merekomendasi pembuatan peraturan daerah dan nasional tentang pemanfaatan mangrove untuk perdagangan karbon untuk skala internasional dan menerapkan kredit karbon untuk skala daerah agar mendapatkan industri yang sadar lingkungan dan dananya dapat di pakai untuk pengelolaan mangrove dan kesejahteraan masyarakat. Mengadakan pelatihan pengukuran karbon di ekosistem mangrove kepada masyarakat oleh Dinas kehutanan, agar diperoleh masyarakat yang paham dan tanggap terhadap sumberdaya di daerahnya

Daftar Pustaka

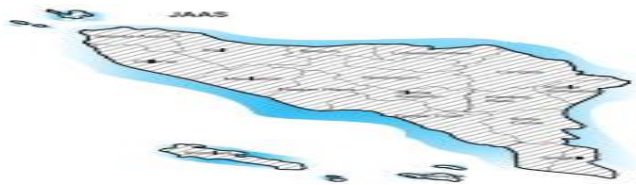
- Adrianto L, Wahyudin Y. 2004. Modul Pengenalan Konsep dan Metodologi Valuasi ekonomi Sumberdaya Pesisir dan Laut. Bogor (ID): IPB.
- Adrianto L. 2006. Pengantar penilaian ekonomi sumber daya pesisir dan laut. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. Bogor (ID): IPB.



-
- Anderies, J.M, M. A. Janssen, E. Ostrom. 2004. A framework to analyze the robustness of social-ecological systems from an institutional perspective. *Ecology and Society*. 9:11-8.
- Arief A. 2003. Hutan Mangrove Fungsi Dan Manfaatnya. Kanisius. Yogyakarta (ID).
- Bengen DG. 2000. Teknik pengambilan contoh dan analisis data biofisik sumber daya pesisir. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. Bogor (ID): IPB.
- Bindir S, Unal O, Bindir K, Williams AT. 2013. Willingness to pay as an economic Instrument for Coastal Management: Cases from Mersin. Turrkey. *Tourism Management*. 36: 279-283
- Biswas SR, Mallik A, Choudhury J, Nishat A. 2008. A unified framework for the restoration of Southeast Asian mangroves-bridging ecology, society and economics. *Wetlands Ecology and Management*. 17:365-383.
- Daniel, CD, Kauffman J, Murdiyarso D, Kurnianto S, Stidham M, Kanninen M. 2011. Mangroves among the most carbon rich forests in the tropics. *Nature geoscience*. 4(5):293-297 doi: 10.1038/ngeo1123.
- Dinas Perikanan dan Kelautan Kota Langsa. 2018
- Fauzi A, Leimona B, Muhtadi. 2004. Strategi Pengembangan dan Pembayaran Jasa Lingkungan di Indonesia. Laporan Lokakarya Nasional. Jakarta (ID).
- Forseth IN, Norman JM. 1995. Modelling of solar irradiance, leaf energy budget and canopy photosynthesis. Photosynthesis and Production in a Changing Environment: A Field and Laboratory Manual. *Chapman and Hall*. P: 207 219.
- Hilmi E, Sahri A, Andriyani N, Syakti AD. 2011. Strategi Konservasi Karbon Ekosistem Mangrove Berbasis Sistem REDD dan Demonstrative Activities. Universitas Jenderal Soedirman
- Imiliyana A. 2012. Estimasi Stok Karbon Pada Tegakan Pohon *Rhizophora stylosa* Di Pantai Camplong, Sampang-Madura. [Skripsi]. Surabaya (ID): Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Indrayanti MD. 2012. Pengelolaan Ekosistem Mangrove di Teluk Blanakan, Kabupaten Subang, Jawa Barat. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.



-
- Jobstvogt N, Watson V, Kanter JO. 2014. Looking below the surface: The Cultural Ecosystem Service Values of UK Marine Protected Area (MPAs). *Ecosystem Services*. 10: 97-110
- Kauffman JB, Donato DC. 2012. Protocols for the measurement, monitoring and reporting of structure, biomass and carbon stocks in mangrove forest. Working Paper 86. Bogor (ID): CIFOR.
- Komiyama AS, Pongpan S, Kato. 2005. Common Allometric Equation for Estimating the Tree Weight of Mangroves, *J Trop Ecol*. 21:471-477.
- Kusmana C, Sabiham S, Abe K, Watanabe H. 1992. An estimation of above ground tree biomass of a mangrove forest in East Sumatra, Indonesia. *Tropics*. 1(4):243-257.
- McLeod E, Chmura G, Bouillon. 2011. A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂. *Frontiers in Ecology and Environment* 9:552-560.
- Noor YR, Khazali M, Suryadipura INN. 1999. Panduan pengenalan mangrove di Indonesia. Bogor (ID): PKA/WI/IP.
- Reed M, Graves A, Dandy N, Posthumus H, Hubacek K, Morris J, Prell C, Quinn CH, Stringer LC. 2009. Who's and why? A Typology of stakeholder analysis methods for natural resource management. *Journal of Environmental Management* 90(5):1933-1949.doi:10.1016/j.jenvman. 2009.01.001.
- Russell BD, Sean D, Connell, Sven U, Nancy M, Katharina E, Fabricius JM, Hall S. 2013. Future seagrass beds: Can increased productivity lead to increased carbon storage?. *Marine Pollution Bulletin*. 73:463-469
- Setyawan AD, Winarno K, Purin CP. 2003. Ekosistem Mangrove di Jawa: Kondisi Terkini. *Jurnal Biodiversitas* Vol.4 (2)
- Smith TJ, Whelan KRT. 2006. Development of allometric relations for three mangrove species in south Florida for use in the Greater Everglades Ecosystem restoration. *Wetlands Ecology and Management*. 14: 409-419.



-
- Sunarto. 2008. *Peranan Ekologis dan Antropogenis Ekosistem Mangrove*. Bandung (ID): Universitas Padjajaran.
- Soerianegara, I. 1987. *Masalah Penentuan Batas Lebar Jalur Hijau Hutan Mangrove*. Prosiding Seminar III Ekosistem Mangrove. Jakarta (ID).
- Temilola E, Fatoyinbo MS, Robert A, Washington A, Shugart HA. 2007. *Landscapscale Extent, Height, Biomass, and Carbon Estimation of Mozambique's Mangrove Forest with Landsat ETM+ and Shuttle Radar Topography Mission elevation data*. American Geophysical Union Copyright 2008.
- Yulianda F, fahrudin A, Adrianto L, Hutabarat A, Harteti S, Kusharjani, Kang HS. 2010. *Kebijakan Konservasi perairan Laut dan Nilai valuasi Ekonomi*. Bogor (ID): Edisi II Pusdiklat Kehutanan, Deptan, SECEM-KOICA.