

KELAYAKAN REHABILITASI MANGROVE DENGAN TEKNIK GULUDAN DALAM PERSPEKTIF PERDAGANGAN KARBON DI KAWASAN HIJAU LINDUNG MUARA ANGKE, PROVINSI DKI JAKARTA

Feasibility Study of Mangrove Rehabilitation using Guludan Technique in Carbon Trade Perspective in Protected Mangrove Area in Muara Angke, DKI Jakarta Province

Isluyandari Woelan Yanuartanti, Cecep Kusmana, Ahyar Ismail

Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

Abstract. Mitigation of climate change due to CO₂ emissions, the forestry sector developed a REDD+ scheme. This study was conducted to examine financial feasibility of the mangrove rehabilitation with guludan technique, so that further funding of mangrove rehabilitation can be included into REDD+ scheme. Guludan technology was developed to overcome the deep water column for mangrove rehabilitation in the former pond area. This technique has been developed for mangrove species *Avicennia marina* with spacing 0.25 m x 0.25 m, 0.5 m x 0.5 m, and 1 m x 1 m. Based on diameter and height growth of 36 months planted seedlings of *A. marina* followed logistic model. CO₂ sequestration 386.34 t/ha, 131.12 t/ha, and 26.75 t/ha in 0.25 m x 0.25 m, 0.5 m x 0.5 m, and 1 m x 1 m spacing. With CO₂ sequestration selling price of €20,00/t CO₂ and rehabilitated land area of 10 ha, this rehabilitation action using guludan technique is not financially feasible, because the criteria for a negative NPV, Net B/C < 1, and IRR < the investment rate, which is 12%. The alternative for this is by implementing material efficiency and increasing carbon selling price as much €54.5/t CO₂ for the spacing 0.25 m x 0.25 m; €122/t CO₂ for the spacing 0.5 m x 0.5 m; and €580/t CO₂ for the spacing 1 m x 1 m.

Keywords: *Avicennia marina*, guludan, CO₂ sequestration, plant spacing, and financial feasibility

(Diterima: 09-10-2015; Disetujui: 03-11-2015)

1. Pendahuluan

Jurnal Indonesia sebagai negara kepulauan yang memiliki garis pantai terpanjang ke empat di dunia setelah Amerika, Kanada dan Rusia, yaitu 95,181 km memiliki ciri khas berupa mangrove sebagai vegetasi laut tropis dan sub-tropis (Rompas 2009). Berdasarkan hasil identifikasi tahun 1997-2000 luas potensial habitat mangrove di Indonesia ± 8.6 juta ha yang terdiri atas 3.8 juta ha dalam kawasan hutan dan 4.8 juta ha diluar kawasan hutan. Saat ini 1.7 juta ha atau 44.73% dari hutan mangrove yang berada dalam kawasan hutan dan 4.2 juta ha atau 87.50% dari hutan mangrove yang berada diluar kawasan hutan dalam kondisi rusak (Departemen Kehutanan 2004). Hutan mangrove yang tersisa saat ini juga mengalami degradasi dengan laju kerusakan mencapai 530,000 ha/tahun (Anwar dan Gunawan 2006). Data rehabilitasi hutan dan lahan tahun 2011 menunjukkan bahwa penghijauan dengan penanaman mangrove baru terealisasi sebanyak 10,431 ha (Departemen Kehutanan 2011). Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa tingkat keberhasilan rehabilitasi mangrove masih sangat rendah yaitu hanya sekitar 1.973 ha/tahun.

Faktor penyebab kerusakan mangrove antara lain adalah tekanan populasi manusia, eksploitasi produk kayu dan konversi lahan menjadi tambak (Ong 2002).

Ancaman lain adalah terkait perubahan iklim, yaitu kenaikan permukaan air laut, perubahan hidrologi, temperatur, dan konsentrasi CO₂ (Kusmana 2010a). Kadar CO₂ atmosfer terus mengalami kecenderungan peningkatan, sebagaimana yang diproyeksikan oleh IPCC (*Intergovernmental Panel of Climate Change*) bahwa konsentrasi CO₂ akan meningkat 1.6-1.9% per tahun (Solomon *et al.*, 2007). Deforestasi dan degradasi hutan di Indonesia merupakan penyumbang terbesar emisi nasional yaitu sebesar 48% (Wibowo 2012).

Salah satu ekosistem mangrove yang terdegradasi terletak di kawasan pesisir Jakarta, Muara Angke, dengan luasan mencapai 264.65 ha. Kerusakan mangrove di Muara Angke ini disebabkan oleh aktivitas pembangunan perumahan, pembangunan jalan tol, fasilitas pembangkit listrik, infrastruktur bandara dan tambak. Untuk usaha rehabilitasi mangrove, tambak adalah area yang paling mungkin untuk ditanami mangrove kembali karena masih menjadi kawasan hijau dengan pengelolaan dibawah Dinas Kelautan dan Pertanian Provinsi DKI Jakarta sesuai dengan Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 220/Kpts-II/2000 tentang Penunjukkan Kawasan Hutan dan Perairan di Wilayah Provinsi DKI Jakarta. Usaha rehabilitasi mangrove ini memiliki tantangan teknis tersendiri berupa kolom air tambak yang dalamnya berkisar 1-3 m. Untuk mengatasi hal tersebut dikembangkan sebuah teknologi yaitu teknik guludan (Kusmana 2010b).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk: 1) Menduga pola pertumbuhan mangrove jenis *Avicennia marina* yang ditanam dengan teknik guludan, 2) Memprediksi besarnya biomassa serta stok karbon mangrove jenis *Avicennia marina*, dan 3) Menganalisis kelayakan finansial kegiatan rehabilitasi mangrove di Kawasan Hijau Lindung Muara Angke dalam skema REDD+.

2. Bahan dan Metode

2.1. Waktu dan Tempat

Pengambilan data membutuhkan waktu sekitar 3 bulan, dari bulan November sampai dengan Januari 2012. Pengukuran dan pengambilan contoh telah dilakukan di area tambak Arboretum mangrove milik Dinas Pertanian dan Kelautan Provinsi DKI Jakarta. Lokasi ini berada pada KM 22 s.d. KM 23 sepanjang Jalan Tol Sedyatmo, Bandara Internasional Soekarno Hatta, Jakarta (06°06'45" LS hingga 106°43'54" BT) (Kusmana 2010b). Area tambak ini memiliki kedalaman air sekitar 2-3 m dengan tingkat salinitas 28-30 ppt dan pH 6.88-7.52.

2.2. Bahan dan Alat

Bahan utama pada penelitian ini adalah mangrove yang ditanam dengan teknik guludan di Kawasan Hijau Lindung Muara Angke. Alat utama yang digunakan antara lain, kamera, daftar pertanyaan serta seperangkat komputer untuk mengolah data.

2.3. Variabel yang Diamati

Data sekunder yang dianalisis berupa data ekonomis yang terdiri atas biaya variabel berupa harga bambu, tanah urug, karung, bibit bakau, tali kapal, paku, tali rafia, mata gergaji listrik dan meteran 5 meter; biaya tetap yaitu harga gergaji tangan, golok, tongkat pengukur, waterpass, pisau, sekop, gunting, palu tukang, ember, meteran 50 meter, cangkul, linggis, palu bodem, dan kikir gergaji listrik; serta honorarium bagi tenaga kerja untuk membuat guludan. Data primer yang dihimpun melalui pengukuran/pengamatan, yakni: diameter, tinggi anakan, biomassa serta kadar karbon anakan *A. marina* dalam 3 jarak tanam yaitu 1 m x 1 m; 0.5 m x 0.5 m dan 0.25 m x 0.25 m, serta data sosial ekonomi yang diperoleh melalui wawancara dengan responden.

2.4. Teknik Pengambilan Data

Cara untuk memenuhi kebutuhan data dan informasi, antara lain melalui:

1. Pengamatan langsung/observasi lapangan.
2. Wawancara dengan responden.
3. Pengumpulan data sekunder dari tim peneliti Fakultas IPB yang mengembangkan teknik guludan.

4. Studi pustaka, yaitu pengumpulan data berdasarkan literatur, laporan, dan hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian.

2.5. Analisis Data

a. Analisis Model Pertumbuhan Mangrove *Avicennia marina* yang Ditanam dengan Teknik Guludan

Menyajikan Model pertumbuhan mangrove di analisis berdasarkan data sekunder diameter dan tinggi *Avicennia marina* pada tahun 2008 sampai dengan tahun 2010 (Husnaeni 2013).

b. Analisis Pendugaan Biomassa dan Kandungan Karbon *Avicennia Marina* yang Ditanam dengan Teknik Guludan

- Biomassa *Avicennia marina* dianalisis berdasarkan rumus:

$$W = \rho \times v$$

$$W = \text{Biomassa (ton/ha)}$$

$$\rho = \text{Berat jenis (kg/m}^3\text{)}$$

$$v = \text{Volume kayu (m}^3\text{/ha)}$$

- Berdasarkan Brown (1997), untuk menghitung kadar karbon dari biomassa dihitung dengan menggunakan rumus:

$$C = W \times 0.5$$

$$C = \text{Jumlah stok karbon (ton/ha)}$$

$$W = \text{Biomassa total tegakan (ton/ha)}$$

- Untuk mengetahui kandungan CO₂, maka hasil perhitungan karbon (C) dikonversikan kedalam bentuk CO₂ ekuivalen (CO₂e) dengan menggunakan persamaan berdasarkan berat molekul rumus kimia:

$$CO_2 = \frac{Mr.CO_2}{Ar.C} \times \text{kandungan C}$$

$$Mr. CO_2 = \text{berat molekul relatif senyawa CO}_2 \text{ (44)}$$

$$Ar. C = \text{berat molekul relatif atom C (12)}$$

c. Analisis Kelayakan Kegiatan Rehabilitasi Mangrove dengan Teknik Guludan

Kelayakan finansial untuk mengkaji kelayakan investasi rehabilitasi mangrove jenis *A. marina* dengan teknik guludan digunakan 4 kriteria investasi, yaitu nilai bersih sekarang (*Net Present Value*), *Net benefit-cost ratio (Net B/C)*, *Tingkat Pengembalian Internal (Internal Rate of Return)* dan *Periode Pengembalian (Payback period)*.

1. Nilai Bersih Sekarang (*Net Present Value*)

Kegiatan yang layak secara finansial adalah kegiatan yang memberikan nilai NPV > 0, yang berarti kegiatan tersebut memberikan nilai tingkat pengembalian yang lebih besar dari tingkat pengembalian yang disyaratkan dan harus diterima. Jika nilai NPV < 0, maka proyek tidak layak untuk dilakukan. Secara matematis NPV dirumuskan sebagai berikut:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \left(\frac{B_t}{(1+i)^t} - \frac{C_t}{(1+i)^t} \right) = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

NPV = Nilai bersih sekarang

B_t = keuntungan pada tahun ke t

C_t = Biaya atau Cost

t = Periode waktu
 i = tingkat diskon (%)

2. *Net benefit-cost ratio* (net B/C)

Kegiatan akan dipilih jika nilai $Net\ B/C > 1$, jika $Net\ B/C < 1$ maka kegiatan tidak layak untuk diusahakan. Secara matematis BCR dirumuskan sebagai berikut:

$$Net\ B/C = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t - B_t}{(1+i)^t}} \quad \begin{matrix} B_t - C_t > 0 \\ B_t - C_t < 0 \end{matrix}$$

$Net\ B/C$ = Rasio manfaat/biaya

B_t = Keuntungan atau benefit (aliran kas masuk periode t)

C_t = Biaya atau *Cost*

i = tingkat diskon

3. *Tingkat Pengembalian Internal* (*Internal Rate of Return*)

IRR menunjukkan kemampuan suatu kegiatan untuk menghasilkan tingkat keuntungan. Jika $IRR >$ tingkat suku bunga yang digunakan, maka kegiatan tersebut layak dilaksanakan. Secara matematis IRR dirumuskan sebagai berikut:

$$NPV = B_0 - C_0 + \frac{B_1 - C_1}{(1+IRR)} + \frac{B_2 - C_2}{(1+IRR)^2} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+IRR)^n} = 0$$

IRR = Tingkat pengembalian internal

B_n = keuntungan pada tahun ke t

C_n = Biaya atau *Cost*

i = tingkat diskon (%)

4. *Periode Pengembalian* (*Payback period*)

Payback period menunjukkan berapa lama (dalam tahun) suatu investasi akan bisa kembali. *Payback period* dapat ditentukan dengan rumus umum sebagai berikut:

$$Payback\ period = \frac{\text{Nilai investasi}}{\text{proceed}}$$

Apabila *payback period* kurang dari suatu periode yang telah ditentukan maka usulan kegiatan tersebut

diterima, apabila tidak maka usulan kegiatan tersebut ditolak.

5. *Switching values*

Sebuah variabel adalah nilai dimana NPV sebuah kegiatan sama dengan nol atau IRR sama dengan tingkat *discount*.

Beberapa asumsi yang digunakan dalam proses analisis data dalam penelitian ini antara lain:

1. Harga output dan input yang digunakan dalam analisis didasarkan pada harga yang berlaku selama tahun penelitian.
2. Sumber modal seluruhnya berasal dari investor.
3. Suku bunga yang dipergunakan untuk melakukan analisis kelayakan investasi adalah 12%.
4. Harga jual karbon yang digunakan adalah €20,00/ton CO₂ (P.36/Menhut-II/2009).
5. Satuan yang digunakan adalah Euro (€) per ton CO₂ (nilai kurs Rp12.980/€)
6. Umur analisis finansial adalah sampai umur 30 tahun sesuai rotasi tebang perusahaan mangrove, terhitung sejak kegiatan penanaman dilakukan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. *Model Pertumbuhan Avicennia marina*

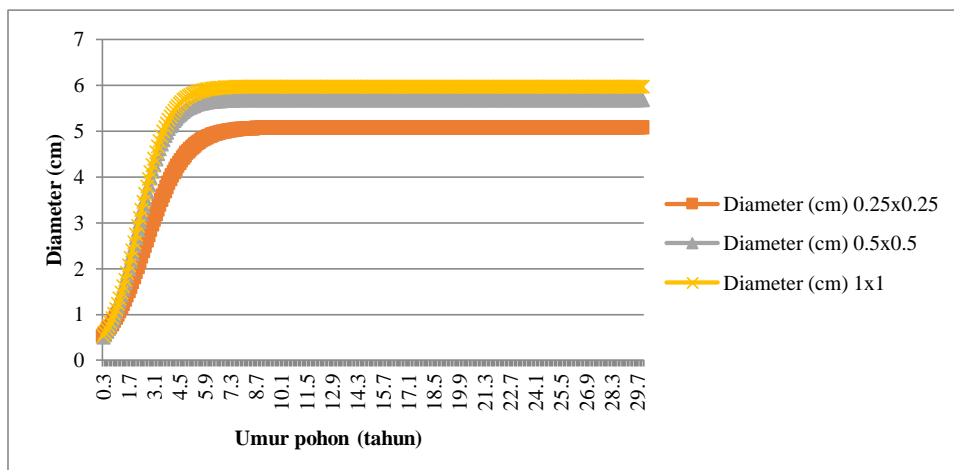
Berdasarkan penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan oleh Husnaeni (2013) maka model logistik merupakan model matematika terbaik untuk menggambarkan pertumbuhan diameter dan tinggi *A. marina* yang ditanam dengan teknik guludan dilokasi penelitian untuk masing-masing jarak tanam seperti terlihat pada Tabel 1.

Model logistik pertumbuhan diameter batang dan tinggi pada Tabel 1 kemudian diekstrapolasikan sampai dengan *Avicennia marina* berumur 30 tahun sehingga jika diplotkan dalam bentuk kurva pertumbuhan maka akan terlihat seperti pada Gambar 1.

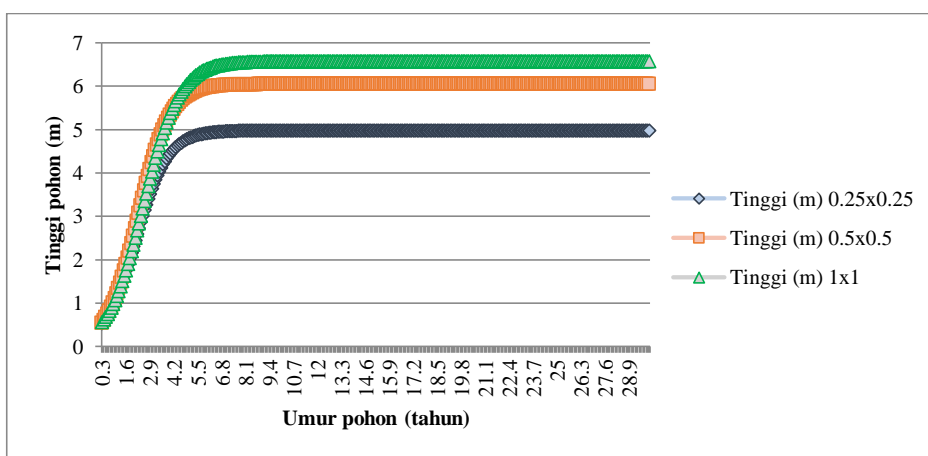
Tabel 1. Model logistik pertumbuhan diameter batang dan tinggi *A. marina* pada beberapa jarak tanam dengan sistem penanaman guludan

Parameter	Jarak Tanam	Model Pertumbuhan	R ²	R ² adj
Diameter	0.25 m x 0.25 m	$Y = \frac{5.083}{1 + 11.333e^{-0.919t}}$	0.705	0.702
	0.5 m x 0.5 m	$Y = \frac{5.688}{1 + 14.670e^{-1.220t}}$	0.871	0.870
	1 m x 1 m	$Y = \frac{5.981}{1 + 14.207e^{-1.189t}}$	0.882	0.879
Tinggi	0.25 m x 0.25 m	$Y = \frac{4.986}{1 + 11.372e^{-1.142t}}$	0.891	0.890
	0.5 m x 0.5 m	$Y = \frac{6.050}{1 + 14.307e^{-1.171t}}$	0.898	0.897
	1 m x 1 m	$Y = \frac{6.583}{1 + 14.508e^{-1.045t}}$	0.912	0.909

Sumber: Husnaeni (2013)



Gambar 1. Pola pertumbuhan diameter batang *A. marina* pada beberapa jarak tanam yang ditanam dengan teknik guludan



Gambar 2. Pola pertumbuhan tinggi *Avicennia marina* pada beberapa jarak tanam yang ditanam dengan teknik guludan

Pada Gambar 1 terlihat bahwa pola pertumbuhan diameter batang *A. marina* hingga tahun pertama penanaman adalah sama, namun setelah tahun pertama pada jarak tanam 0.25 m x 0.25 m mengalami pola penurunan pertumbuhan diameter batang jika dibandingkan jarak tanam 0.5 m x 0.5 m dan 1 m x 1 m. Pertumbuhan tinggi jika diplotkan dalam kurva pertumbuhannya maka akan terlihat seperti pada Gambar 2.

Pada Gambar 2 terlihat bahwa pertumbuhan tinggi bibit pada jarak tanam 0.25 m x 0.25 m menunjukkan pola superior hingga usia penanaman 21 bulan (1.8 tahun). Pola pertumbuhan tinggi secara konsisten meningkat pada jarak tanam 0.5 m x 0.5 m.

Secara umum, sejak awal penanaman perlakuan jarak tanam 0.25 m x 0.25 m menunjukkan performa pertumbuhan yang paling optimal baik untuk pertumbuhan diameter maupun tinggi pada anakan jenis *Avicennia marina*. Performa pertumbuhan yang optimal kemungkinan besar diakibatkan pengaruh cahaya. Pada awal penanaman belum terjadi persaingan, selain itu ukuran anakan masih kecil menyebabkan semua permukaan daun mendapat penyinaran penuh, karena tidak ada bagian daun yang ternaungi. Umumnya tanaman mangrove membutuhkan intensitas cahaya matahari tinggi dan penuh, namun sebelum tahun pertama, saat tanaman masih berupa anakan, tanaman tersebut memerlukan naungan (Kusmana *et al.* 2003). Adanya naungan

dapat mengurangi penerimaan cahaya yang terlalu tinggi dan sengatan panas, sehingga proses penguapan dapat dikurangi. Van den Boogaard *et al.* (1996) diacu dalam Krauss *et al.* (2008) menyebutkan bahwa ketika tingkat pencahayaan meningkat pada lingkungan dengan nutrisi terbatas, maka akan terjadi peningkatan massa akar untuk memenuhi kebutuhan akan air dan nutrisi.

Pada Gambar 1 pertumbuhan diameter seiring dengan bertambahnya umur tanaman, jarak tanam 1 m x 1 m menunjukkan tingkat pertumbuhan terbesar, namun sebaliknya pada jarak tanam 0.25 m x 0.25 m menampilkan pertumbuhan diameter terkecil. Hal tersebut menunjukkan bahwa sudah mulai terjadi kompetisi dalam perolehan nutrisi. Jarak tanam yang rapat mengakibatkan persaingan nutrisi yang lebih besar dibandingkan dengan jarak tanam jarang (Husnaeni 2013).

Pada Gambar 2 perlakuan jarak tanam 1 m x 1 m menunjukkan pertumbuhan rata-rata tinggi yang paling rendah sedangkan anakan dengan jarak tanam 0.25 m x 0.25 m memberikan hasil pertumbuhan tinggi terbaik sampai dengan umur tanaman 2.5 tahun setelah itu disusul oleh jarak tanam 0.5 m x 0.5 m. Hal tersebut dikarenakan kompetisi untuk memperoleh cahaya pada jarak tanam rapat cukup tinggi sehingga pertumbuhan dialokasikan pada penambahan tinggi dalam rangka

mempermudah perolehan cahaya. Seiring dengan penambahan umur tanaman, jarak tanam 1 m x 1 m menunjukkan tingkat pertumbuhan tinggi terbesar, hal tersebut dikarenakan kompetisi nutrisi dan cahaya yang lebih rendah menghasilkan pertambahan tinggi yang optimal.

3.2. Riap Biomassa, Stok Karbon dan Serapan Karbondioksida Mangrove Jenis *Avicennia marina*

Jumlah estimasi stok karbon dan serapan CO₂ dari *A. marina* yang ditanam dengan teknik guludan dapat dilihat pada Tabel 2. Menurut Kusmana (1997), nilai pendugaan biomassa dari jenis *Avicennia* spp. akan berkorelasi positif dengan diameter dan tinggi pohon.

Tabel 2. Jumlah estimasi stok karbon dan serapan CO₂ mangrove jenis *Avicennia marina* pada beberapa jarak tanam yang ditanam dengan teknik guludan

Jarak Tanam	Riap Biomassa Individu (kg/individu/tahun)	Riap Biomasa Tegakan (kg/guludan/tahun)	Riap Biomassa Tegakan (ton/ha/tahun)	Potensi Biomassa Total (ton/ha)	Dugaan Karbon Total (ton/ha)	Serapan CO ₂ (ton/ha)
0.25m x 0.25 m	0.07	35.40	7.08	210.54	105.27	386.34
0.5m x 0.5 m	0.1	12.02	2.4	71.45	35.73	131.12
1 m x 1 m	0.1	2.45	0.49	14.58	7.29	26.75

Nilai serapan CO₂ pada tegakan *A. marina* turut meningkat sesuai dengan penambahan diameternya. Semakin besar diameter, biomassa yang terkandung pada pohon tersebut makin besar, maka CO₂ yang diserapnya pun semakin besar. Kondisi ini dapat terjadi karena adanya proses fotosintesis pada setiap tumbuhan. Tumbuhan menyerap CO₂ dari udara dan mengkonversinya menjadi senyawa organik melalui proses fotosintesis. Hasil fotosintesis ini kemudian digunakan oleh tumbuhan untuk melakukan pertumbuhan ke arah horisontal dan vertikal. Semakin besar diameter disebabkan oleh penyimpanan biomassa hasil konversi CO₂ yang semakin bertambah besar seiring dengan semakin banyaknya CO₂ yang diserap pohon tersebut. Secara umum hutan dengan net growth (terutama pohon-pohon yang sedang berada dalam fase pertumbuhan) mampu menyerap lebih banyak CO₂, sedangkan hutan dewasa dengan pertumbuhan yang kecil menahan dan menyimpan persediaan karbon tetapi tidak dapat menyerap CO₂ ekstra (Retnowati 1998 diacu dalam Dharmawan *et al.* 2008).

Hutan mangrove memiliki potensi besar dalam menyerap karbon, hal ini berdasarkan pada penelitian Kusmana (2002) pada tegakan hutan mangrove umur 20 tahun, bahwa biomassa total 62.9-398.8 ton/ha, guguran serasah 5.8-25.8 ton/ha/tahun dan riap volume 9 m³/ha/tahun. Apabila dibandingkan dengan data dari Kusmana (2002) tersebut, maka potensi biomassa penelitian ini termasuk rendah karena sampai dengan umur pohon 30 tahun biomassa total terbesarnya adalah 210.54 ton/ha pada jarak tanam 0.25 m x 0.25 m. Rendahnya potensi biomassa ini disebabkan oleh tingginya

Pada Tabel 2 terlihat bahwa tegakan *Avicennia marina* umur 30 tahun yang ditanam dengan teknik guludan (ukuran 4 m x 9 m) memiliki potensi kandungan biomassa total masing-masing sebesar 210.54 ton/ha; 71.45 ton/ha dan 14.58 ton/ha dengan jarak tanam masing-masing 0.25 m x 0.25 m; 0.5 m x 0.5 m dan 1 m x 1 m. Dugaan kandungan karbon total sebesar 105.27 ton/ha; 35.73 ton/ha dan 7.29 ton/ha pada jarak tanam 0.25 m x 0.25 m; 0.5 m x 0.5 m dan 1 m x 1 m. Apabila nilai karbon tersebut dikonversi ke karbondioksida (CO₂), maka nilai serapan CO₂ total tegakan *A. marina* pada umur tanaman 30 tahun (tahun 2038) diperkirakan adalah 386.34 ton/ha; 131.12 ton/ha dan 26.75 ton/ha dengan jarak tanam masing-masing 0.25 m x 0.25 m; 0.5 m x 0.5 m dan 1 m x 1 m.

kerapatan pohon pada guludan dengan jarak tanam 0.25 m x 0.25 m, yang menyebabkan kompetisi yang tinggi sehingga membatasi respon pertumbuhan terhadap peningkatan CO₂. Faktor lingkungan yang berpengaruh pada perbedaan biomassa mangrove disuatu tempat adalah temperatur dan presipitasi, karena gradien iklim merefleksikan tingkat produksi bahan organik (Kusmana 1997).

3.3. Analisis Kelayakan Finansial Rehabilitasi Mangrove dengan Teknik Guludan

Hasil perhitungan terhadap kelayakan finansial dari kegiatan rehabilitasi mangrove jenis *A. marina* dengan teknik guludan di Kawasan Hijau Lindung Muara Angke dapat dilihat pada Tabel 3.

Dengan melihat hasil perhitungan yang ada, dimana nilai NPV bernilai negatif (NPV < 0), dan nilai *Net B/C* < 1, maka IRR lebih kecil dari tingkat suku bunga (IRR < i), sehingga penentuan *Payback Period* (PP) tidak dapat dihitung dan dapat dikatakan bahwa kegiatan rehabilitasi mangrove jenis *A. marina* dengan teknik guludan di Kawasan Hijau Lindung Muara Angke tersebut tidak layak untuk dilaksanakan secara finansial. Melihat perolehan angka perhitungan tersebut, maka sebaiknya dalam kegiatan rehabilitasi ini perlu dipikirkan lebih lanjut tentang bagaimana mengupayakan agar kegiatan rehabilitasi ini tetap berjalan, namun juga layak secara finansial, mengingat pentingnya mangrove secara ekologis dan ekonomis bagi lingkungan sekitarnya.

Tabel 3. Kelayakan finansial kegiatan rehabilitasi mangrove jenis *A. marina* dengan teknik guludan di Kawasan Hijau Lindung Muara Angke pada harga jual €20/ton CO₂ dan tingkat suku bunga 12%

No.	Jarak Tanam	Nilai Kriteria Investasi	
		NPV	(-) Rp8.678.879.635,93
1.	0.25 m x 0.25 m	NPV	(-) Rp8.678.879.635,93
		Net B/C	0.15
2.	0.5 m x 0.5 m	NPV	(-) Rp8.957.736.953,24
		Net B/C	0.05
3.	1 m x 1 m	NPV	(-) Rp9.438.779.857,22
		Net B/C	0.01

Sehubungan dengan ketidaklayakan usaha rehabilitasi ini secara finansial, perlu diupayakan suatu alternatif agar kegiatan ini menjadi layak, sebab kegiatan ini mutlak diperlukan oleh Provinsi DKI Jakarta untuk memperbaiki kondisi lingkungannya. Alternatif yang dapat dikembangkan seperti misalnya melakukan upaya efisiensi pada material yang digunakan dalam pembuatan guludan. Upaya efisiensi antara lain dapat diterapkan pada penggunaan tanah urugan, sebelum dilakukan efisiensi tanah ini diperoleh dengan cara membeli, setelah dilakukan efisiensi tanah urugan menggunakan material hasil pengerukan sungai, situ, ataupun waduk yang ada di Jakarta. Kondisi sungai, situ dan waduk yang ada di Jakarta sebagian besar mengalami pendangkalan, sehingga dinas-dinas terkait rutin melakukan pengerukan material sedimen untuk menjaga agar tetap berfungsi sebagaimana peruntukannya. Material sedimen ini dapat digunakan sebagai pengganti tanah urugan pada teknik guludan. Selain melakukan efisiensi pada tanah urugan, bambu yang digunakan juga dapat ditekan harganya dengan cara membeli bambu langsung pada petani bambu dan juga dengan cara membeli bibit langsung pada petani penangkar bibit. Setelah upaya efisiensi dilakukan, maka diperoleh nilai kriteria investasi seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Kelayakan finansial kegiatan rehabilitasi mangrove jenis *A. marina* dengan teknik guludan setelah dilakukan efisiensi di Kawasan Hijau Lindung Muara Angke pada tingkat suku bunga 12%

No.	Jarak Tanam	Nilai Kriteria Investasi	
		NPV	(-)Rp5.050.867.157
1.	0.25 m x 0.25 m	NPV	(-)Rp5.050.867.157
		Net B/C	0.24
2.	0.5 m x 0.5 m	NPV	(-)Rp5.408.599.297
		Net B/C	0.09
3.	1 m x 1 m	NPV	(-)Rp5.908.143.703
		Net B/C	0.02

Berdasarkan nilai kriteria investasi setelah dilakukan efisiensi material seperti pada Tabel 4, hasilnya bahwa kegiatan rehabilitasi mangrove jenis *A. marina* menggunakan teknik guludan dengan harga jual Karbon €20,00/ton CO₂ dan luas lahan yang direhabilitasi 10 ha tetap tidak layak secara finansial. Alternatif tambahan yang dapat diupayakan agar kegiatan rehabilitasi mangrove ini layak adalah dengan menaikkan harga

jual karbon, sehingga diperoleh nilai kriteria investasi seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Kelayakan finansial kegiatan rehabilitasi mangrove jenis *A. marina* dengan teknik guludan setelah dilakukan efisiensi dan menaikkan harga jual karbon di Kawasan Hijau Lindung Muara Angke pada tingkat suku bunga 12%

No.	Jarak Tanam	Harga Jual Karbon (€/ton CO ₂)	Nilai Kriteria Investasi	
			NPV	Rp31.284.358,44
1.	0.25 m x 0.25 m	54.5	NPV	Rp31.284.358,44
			Net B/C	1
			IRR	12.043%
2.	0.5 m x 0.5 m	122	NPV	Rp12.917.527,67
			Net B/C	1
			IRR	12.023%
3.	1 m x 1 m	580	NPV	Rp27.004.386,18
			Net B/C	1
			IRR	12.05%

Dari Tabel 4 dan 5 diketahui bahwa agar usaha rehabilitasi tersebut layak adalah dengan melakukan efisiensi dan menaikkan harga jual karbon di atas harga yang telah ditentukan pada Tabel 5.

4. Kesimpulan

Awal penanaman perlakuan jarak tanam 0.25 m x 0.25 m menunjukkan performa pertumbuhan yang paling optimal, baik untuk pertumbuhan diameter maupun tinggi pada anakan jenis *A. marina*. Semakin besar jarak tanam, maka makin besar pertumbuhan diameter yang dihasilkan, namun jumlah individu anakan yang ditanam akan berkurang dibandingkan dengan jarak tanam rapat. Pertumbuhan tinggi akan semakin besar pada jarak tanam rapat. Serapan CO₂ pada tegakan *A. marina* umur 30 tahun (tahun 2038) diperkirakan 386.34 ton/ha, 131.12 ton/ha, dan 26.75 ton/ha berturut-turut pada jarak tanam 0.25 m x 0.25 m, 0.5 m x 0.5 m, dan 1 m x 1 m, hal tersebut dikarenakan jumlah individu anakan yang lebih banyak pada jarak tanam rapat.

Dengan harga jual serapan CO₂ sebesar €20,00/ton CO₂ dan luas lahan yang direhabilitasi seluas 10 ha, maka kegiatan ini secara finansial tidak layak, karena kriteria nilai NPV negatif, Net B/C < 1, dan IRR < tingkat suku bunga. Alternatif agar kegiatan ini layak adalah dengan melakukan efisiensi material dan menaikkan harga jual minimal sebesar €54.5/ton CO₂ untuk jarak tanam 0.25 m x 0.25 m, €122/ton CO₂ untuk jarak tanam 0.5 m x 0.5 m, dan €580/ton CO₂ untuk jarak tanam 1 m x 1 m.

Untuk kedepannya perlu dukungan kebijakan melalui subsidi bahan pembuatan guludan ataupun dipertimbangkan pemanfaatan mangrove agar dikombinasikan dengan teknik *silvofishery* sehingga ada pendapa-

tan tambahan dari hasil ikan, udang, dll, dan *sylvopas-ture* pada daun hasil pruning mangrove digunakan sebagai hijauan pakan ternak.

[15] Wibowo, A., 2012. Menghitung Emisi dan Serapan Gas Rumah Kaca dari Sektor Kehutanan. Pusat Litbang Perubahan Iklim dan Kebijakan, Badan Litbang Kehutanan, Kementerian Kehutanan, Jakarta.

Daftar Pustaka

- [1] Anwar, C., H. Gunawan, 2006. Peranan Ekologis dan Sosial Ekonomis Hutan Mangrove dalam Mendukung Pembangunan Wilayah Pesisir. Di dalam: Makalah Utama pada Ekspose Hasil-hasil Penelitian: Konservasi dan Rehabilitasi Sumberdaya Hutan; Padang, 20 September 2006.
- [2] Brown, S., 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forests: a Primer. (FAO Forestry Paper - 134). FAO, Roma.
- [3] Departemen Kehutanan, 2004. Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.03/MENHUT-V/2004 tentang Pedoman Pembuatan Tanaman Rehabilitasi Hutan Mangrove Gerakan Rehabilitasi Hutan dan Lahan. Departemen Kehutanan, Jakarta.
- [4] Departemen Kehutanan, 2011. Statistik Kehutanan Indonesia. Kementerian Kehutanan, Jakarta.
- [5] Dharmawan, I. W. S., C. A. Siregar, 2008. Karbon Tanah dan Pendugaan Karbon Tegakan *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh di Ciasem, Purwakarta. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam Vol.V No.4: 317-328.
- [6] Husnaeni, A. (2013). Model pertumbuhan anakan mangrove *Avicennia marina* dan *Rhizophora mucronata* pada sistem guludan dengan perlakuan jarak tanam. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [7] Krauss, K. W., C. E. Lovelock, K. L. McKee, L. L. Hoffman, S. M. L. Ewe, W. P. Sousa, 2008. Environmental drivers in mangrove establishment and early development: a review. Aquatic Botany 89, pp. 105-127.
- [8] Kusmana, C., 1997. An estimation of above-and below-ground tree biomass of a mangrove forest in East Kalimantan, Indonesia. Journal of Biological Resources Management 2(1). The Center for Tropical Biodiversity, Bogor Agricultural University, Bogor.
- [9] Kusmana, C., S. Wilarso, I. Hilwan, P. Pamoengkas, C. Wibowo, T. Tiryana, A. Triswanto, Yunasfi, Hamzah, 2003. Teknik Rehabilitasi Mangrove. Fahutan, IPB, Bogor.
- [10] Kusmana, C., 2010a. Respon Mangrove Terhadap Perubahan Iklim Global: Aspek Biologi dan Ekologi Mangrove. Di dalam: Lokakarya Nasional Peran Mangrove dalam Mitigasi Bencana dan Perubahan Iklim; Jakarta, 14-15 Desember 2010.
- [11] Kusmana, C., 2010b. The Growth of *Rhizophora mucronata* and *Avicennia* seedlings planted using guludan technique in coastal area of Jakarta. Di dalam: 5th Kyoto University Southeast Asia Forum, Conference of the earth and space sciences; Bandung, 7-8 Januari 2010. Bandung Technology Institute, Bandung.
- [12] Ong, J. E., 2002. The Hidden Costs of Mangrove Services: Use of Mangroves for Shrimp Aquaculture. Di dalam: International Science Roundtable for The Media. Bali, 4 Juni 2002.
- [13] Rompas, R. M., 2009. Garis Pantai RI Terpanjang Keempat di Dunia. Retrieved from <http://www.antaraneews.com/view/?i=1235451241&c>.
- [14] Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, Z. M. Marquis, K. Averyl, M. Tignor, H. L. Miller, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.