

MANFAAT KENAF (*Hibiscus cannabinus* L.) DALAM PENYERAPAN KARBONDIOKSIDA (CO₂)

Kenaf (Hibiscus cannabinus L.) Benefits in Carbon Dioxide (CO₂) Sequestration

BUDI SANTOSO, ARINI HIDAYATI JAMIL, dan MOCH. MACHFUD

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat

Indonesian Sweetener and Fiber Crops Research Institute

Jalan Raya Karangploso Km 4 PO Box 199 Malang, Indonesia

E-mail: b_santoso111@yahoo.com

Diterima: 03 Juli 2015; Direvisi: 30 September 2015; Disetujui: 10 Oktober 2015

ABSTRAK

Kenaf merupakan tanaman penghasil serat alam yang memiliki banyak produk diversifikasi dengan nilai ekonomi tinggi dan ramah lingkungan. Kontribusi kenaf terhadap lingkungan juga dikenal melalui kemampuannya yang tinggi dalam menyerap karbondioksida. Karbondioksida (CO₂) adalah gas penyumbang efek rumah kaca utama yang sebagiannya dihasilkan secara antropogenik. Penyimpanan karbon oleh tanaman menjadi salah satu langkah paling penting dalam mitigasi gas rumah kaca. Tingginya absorpsi karbondioksida oleh kenaf dipengaruhi oleh laju fotosintesis yang tinggi, meskipun kenaf termasuk dalam tumbuhan C₃. Laju fotosintesis kenaf didukung oleh aktivitas RuBP karboksilase, konduktansi stomata, dan hasil biomasa tanaman yang tinggi. Laju fotosintesis kenaf mencapai 3-8 kali lebih tinggi dibandingkan pohon dan tanaman C₃ lainnya. Berdasarkan biomasa yang dihasilkan, kenaf siap panen umur 4-5 bulan menyimpan 2,9-12,1 ton C/ha atau menyerap 21-89 ton CO₂/ha/tahun tergantung pada manajemen agronomi dan kondisi lingkungannya. Dengan luas lahan kenaf di Indonesia saat ini kurang lebih 3000 ha, maka serapan CO₂ per tahun mencapai 63-267 ribu ton. Selain sebagai penyimpan karbon dalam waktu lama, beberapa produk diversifikasi kenaf seperti interior dan komponen mobil, peredam suara, serta pulp dan kertas juga turut berkontribusi mengurangi emisi CO₂ melalui penghematan energi, serta mengurangi laju deforestasi dan emisi gas berbahaya lainnya. Pengembangan kenaf diharapkan mampu membantu pemerintah Indonesia dalam upaya menurunkan emisi gas rumah kaca serta menyediakan bahan baku serat alam untuk kebutuhan industri yang ramah lingkungan.

Kata kunci: Kenaf, absorpsi karbondioksida

ABSTRACT

Kenaf is a natural fiber crop that have a lot of diversified products with high economic value and environmental functions. Kenaf contribution to the environment is also known through a high ability to absorb carbon dioxide. Carbon dioxide (CO₂) gas is the main anthropogenic contributor to the greenhouse effect. Carbon sequestration by plants became one of the most important steps to greenhouse gases mitigation. The high absorption of carbon dioxide by kenaf affected by the high photosynthetic rate, although kenaf belongs to the group of C₃ plants. Kenaf photosynthetic rate supported by high RuBP carboxilase activity, high stomatal conductance, and high plant biomass production. Kenaf photosynthetic rate reaches 3-8 times higher than trees and other C₃ plants. Based on biomass produced, kenaf ready for harvest on 4-5 months plant age saved 2,9-12,1 tonnes C/ha or absorb 21-89 tonnes CO₂/ha/year depending on the agronomic management and environmental conditions. Nowadays, land area of kenaf in Indonesia is approximately 3000 ha, therefore the absorption of CO₂ reaches about 63-267 million tonnes/year. As well as carbon sink in long time, some kenaf diversified products such as car interior and automobile components, sound absorber, and pulp and paper also contribute to reducing CO₂ emissions through savings of energy and decreasing deforestation rate and other harmful gas emissions. Development of kenaf plantation is expected to help the Indonesian government in an effort to reducing greenhouse gas emissions as well as providing the raw materials of natural fiber for environmentally friendly industrial raw materials.

Keywords : *Hibiscus cannabinus* L., carbon dioxide sequestration

PENDAHULUAN

Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) merupakan salah satu tanaman penghasil serat alam terpenting di dunia. Tanaman ini berasal dari Afrika dan banyak dibudidayakan di negara-negara berkembang. Kenaf mampu tumbuh pada berbagai lingkungan mulai dari lahan bonorowo (lahan yang menjadi rawa saat musim hujan) hingga lahan kering dengan sedikit perawatan. Serat kenaf memiliki produk diversifikasi yang sangat banyak dan bernilai ekonomis tinggi (Saba *et al.*, 2015; Sudjindro, 2012). Selain itu, kenaf juga dikenal sebagai tanaman ramah lingkungan karena kemampuannya sebagai agensia bioremediasi (Wong *et al.*, 2013; Shamsudin *et al.*, 2015), fitoremediasi (Yan, 2005; Bada dan Raji, 2010; Meera dan Aqamuthu, 2012; Arbaoui *et al.*, 2013), dan mampu menyerap karbondioksida dalam jumlah besar (Lam *et al.*, 2003).

Salah satu masalah lingkungan penting yang dihadapi dunia saat ini adalah terjadinya pemanasan global yang disebabkan oleh efek rumah kaca. Efek rumah kaca (*green house effect*) yang disebabkan oleh gas rumah kaca secara alami diperlukan untuk menghangatkan permukaan bumi dan mendukung kelangsungan kehidupan di dalamnya. Tanpa efek rumah kaca, suhu permukaan bumi berada di bawah titik beku air. Namun peningkatan konsentrasi gas rumah kaca secara berlebihan karena aktivitas manusia saat ini, menyebabkan gelombang pendek dari sinar matahari tidak dapat dipantulkan kembali ke angkasa sehingga terjadi akumulasi panas di atmosfer bumi (IPCC, 2007). Akumulasi panas di atmosfer menyebabkan peningkatan suhu rata-rata permukaan bumi atau biasa disebut pemanasan global yang menyebabkan perubahan iklim di bumi. Perubahan iklim mencakup perubahan tekanan, kelembaban, arah dan kecepatan angin, radiasi matahari yang mencapai bumi, dan tutupan awan (Setyanto, 2013).

Karbondioksida (CO₂) adalah salah satu dari tiga gas rumah kaca utama penyebab efek rumah kaca disamping metana (CH₄) dan dinitrogen oksida (N₂O) (KLH, 2010). Karbondioksida merupakan gas rumah kaca terpenting yang diemisikan oleh manusia/antropogenik.

Konsentrasi karbondioksida pada tahun 2013 di atmosfer mencapai 396,0 ± 0,1 ppm, meningkat sebesar 2,9 ppm dari tahun 2012. Peningkatan tersebut merupakan peningkatan terbesar dari tahun ke tahun sejak 1984 dan sebesar 142% dibanding pada zaman pra industri tahun 1750 (WMO, 2014).

Penyebab besarnya peningkatan karbondioksida adalah karena emisi karbondioksida bersumber dari sektor-sektor yang tergolong sulit dikurangi laju pertumbuhan emisinya (Junaedi, 2008). Sumber-sumber penting emisi karbondioksida antropogenik diantaranya pembukaan lahan gambut (Widyati, 2011), alih fungsi tata guna lahan kehutanan, serta konsumsi bahan bakar fosil untuk industri, transportasi, dan rumah tangga yang cenderung semakin meningkat seiring pertumbuhan penduduk (Junaedi, 2008). Sementara sumber emisi alami karbondioksida antara lain respirasi organisme daratan dan perairan, baik autotrof maupun heterotrof, dan aktivitas gunung berapi (Muñoz *et al.*, 2010) yang berperan dalam siklus karbon. Diperkirakan organisme autotrof maupun heterotrof masing-masing melepaskan 60 Pg C/tahun (1 Pg = 10¹⁵ g) ke atmosfer (Reay dan Grace, 2007 dalam Muñoz *et al.*, 2010)

Pada tahun 2007, Pemerintah Indonesia mengeluarkan Rencana Aksi Nasional dalam Menghadapi Perubahan Iklim (RAN-PI) yang mencakup aktivitas adaptasi dan mitigasi. Selanjutnya pada tahun 2009, Indonesia berkomitmen untuk dapat mengurangi emisi gas rumah kaca sebesar 26% pada tahun 2020 dalam kondisi *business as usual* (BAU). Sektor pertanian termasuk sektor yang paling rentan terhadap dampak perubahan iklim sekaligus menjadi sektor penting yang dapat menjadi langkah mitigasinya (DNPI, 2012).

Sektor pertanian khususnya sub sektor perkebunan menempati posisi yang strategis dalam upaya mitigasi karbondioksida. Tanaman perkebunan merupakan penyedia bahan baku industri dan energi terbarukan, sebagai komoditas ekspor yang paling banyak menghasilkan devisa, dan menyerap banyak tenaga kerja. Di samping itu, tanaman perkebunan menjadi agen penyerap dan penyimpan karbon melalui proses fotosintesis



Gambar 1. Hamparan kenaf di lahan bonorowo Lamongan (a) dan lahan kering sub optimal Kalimantan Timur (b).

yang disimpan dalam biomassa tanaman dan karbon dalam tanah. Kenaf merupakan salah satu tanaman perkebunan yang mampu menyerap karbondioksida dalam jumlah besar karena mempunyai laju fotosintesis tinggi (Lam *et al.*, 2003).

Kenaf banyak dibudidayakan di lahan bonorowo (Gambar 1). Luas areal pertanaman kenaf di Indonesia pernah mencapai 26.000 ha pada tahun 1986 karena adanya program ISKARA dari pemerintah. Seiring dengan berakhirnya program dan semakin baiknya drainase di lahan bonorowo, luas lahan kenaf sekarang kurang lebih hanya 3000 ha yang tersebar di Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat, dan Kalimantan. Pengembangan kenaf saat ini diarahkan pada lahan sub optimal di Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi karena telah terdapat varietas-varietas unggul yang mempunyai daya adaptasi tinggi terhadap genangan, kekeringan, maupun pH rendah (Sudjindro, 2012). Produksi serat kenaf di lahan bonorowo mencapai 3,0-3,5 ton/ha, sementara di lahan kering 2,5-3,0 ton/ha pada umur panen 4-5 bulan.

Tulisan ini bertujuan memberikan informasi potensi kontribusi kenaf dalam upaya mitigasi pencemaran lingkungan terutama gas karbondioksida dan pengembangan produk diversifikasi kenaf yang ramah lingkungan.

PENYERAPAN KARBONDIOKSIDA (CO₂) OLEH KENAF

Karbondioksida (CO₂) merupakan gas penyumbang sebagian besar efek rumah kaca di

atmosfer. Sementara bagi tanaman, CO₂ diserap dan digunakan dalam reaksi fotosintesis sebagai sumber karbon untuk kemudian disimpan dalam biomassa tanaman. Penyerapan karbon oleh tanaman merupakan salah satu langkah penting dalam mitigasi gas rumah kaca terutama CO₂. Kenaf merupakan tanaman C₃ namun dengan laju asimilasi karbondioksida yang sangat tinggi sehingga merupakan tanaman yang sangat potensial sebagai agensia penyimpan karbon (*carbon sink*) dalam jumlah besar.

Tanaman C₃ mengikat CO₂ menggunakan enzim RuBP (Ribulose-1,5-bisphosphate) karboksilase/oksigenase (Rubisco) yang juga mengikat O₂ ketika konsentrasi CO₂ rendah (Bueckert, 2013). Pada kondisi CO₂ tinggi, tanaman C₃ akan lebih banyak mengikat CO₂ dari pada O₂ dan berfotosintesis lebih baik dibanding tanaman C₄. Sedangkan pada kondisi optimum, efisiensi fotosintesis tanaman C₄ lebih tinggi dan mampu menghasilkan biomasa lebih banyak dari tanaman C₃ pada umumnya (Salisbury dan Ross, 1995). Namun tidak semua tanaman C₃ lebih inferior dari pada tanaman C₄, salah satunya adalah kenaf (Araki *et al.*, 2012) seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa laju fotosintesis kenaf paling tinggi diantara tanaman serat C₃ lainnya dan tidak inferior dibanding tanaman C₄. Laju fotosintesis kenaf hampir setara dengan tanaman jagung dan tebu, sementara dibanding tanaman serat lainnya, laju fotosintesis kenaf paling tinggi. Sifat tersebut didukung oleh beberapa karakteristik fisiologis pendukung fotosintesis kenaf. Selain itu, manajemen

Tabel 1. Perbandingan laju fotosintesis daun tunggal kenaf, tanaman serat lainnya, dan tanaman C4

Tanaman	Jenis Tanaman	Laju Fotosintesis Daun Tunggal		Sumber
		$\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{detik}$	kg $\text{CO}_2/\text{ha}/\text{jam}$	
Kenaf	C3	37,75	-	Cosentino <i>et al.</i> (2004)
		-	40	Reddy dan Das (2000)
Tebu	C4	37,7	-	Zhao <i>et al.</i> (2013)
Jagung	C4	20-40	-	Salisbury dan Ross (1995)
Kedelai	C3	25	-	Da Matta <i>et al.</i> (2001)
Jute	C3	8,98	-	Sengupta dan Palit (2004)
		28,62	-	Islam <i>et al.</i> (2014)
Okra	C3	-	24,6	Reddy dan Das (2000)
Rosella	C3	5	-	Mohamed <i>et al.</i> (2015)
Kapas	C3	31.8	-	Da Matta <i>et al.</i> (2001)
Agave americana	CAM	0,6-2,4	-	Salisbury dan Ross (1995)

lingkungan juga turut berpengaruh terhadap laju fotosintesis.

Reddy dan Das (2000) membandingkan laju fotosintesis kenaf dan okra (*Abelmoschus esculentus* L.) yang masih dalam satu famili Malvaceae. Berdasarkan penelitian tersebut, laju fotosintesis kenaf sebesar 40 kg $\text{CO}_2/\text{ha}/\text{jam}$ sementara okra sebesar 24,6 kg $\text{CO}_2/\text{ha}/\text{jam}$. Kenaf diketahui memiliki aktivitas RuBP karboksilase lebih tinggi dan RuBP oksigenase lebih rendah dari pada okra. Selain itu, kenaf menghasilkan biomassa lebih besar dari pada okra dan terdapat korelasi positif antara biomassa dan laju fotosintesis.

Laju fotosintesis yang tinggi pada kenaf juga didukung oleh konduktansi stomata yang tinggi (Mai dan Kubota, 2009; Reddy dan Das, 2000). Konduktansi stomata yang tinggi diasumsikan dapat menyerap CO_2 dari atmosfer lebih tinggi dan mengurangi aktivitas oksigenase (Reddy dan Das, 2000). Apabila tanaman kekurangan air dan suhu daun meningkat maka stomata akan lebih banyak menutup sehingga mengakibatkan pengikatan CO_2 dan laju fotosintesis menurun. Penelitian Cosentino *et al.* (2004) menunjukkan bahwa terdapat korelasi positif antara banyaknya air yang diberikan dengan laju fotosintesis kenaf. Pemberian air 100%, 50%, 25%, dan hanya pada saat persemaian menghasilkan laju fotosintesis berturut-turut sebesar 28,4; 21,3; 17,8; dan 15,5 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{detik}$. Pada kondisi pengairan yang

baik, laju fotosintesis kenaf mencapai 37,75 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{detik}$. Sementara suhu daun berkorelasi negatif dengan laju fotosintesis. Kenaf juga merupakan tanaman yang toleran terhadap genangan. Pada kondisi tergenang dan tahap pemulihan, laju pertukaran CO_2 dan konduktansi stomata kenaf tetap tinggi (Araki *et al.*, 2012).

Berdasarkan penelitian Abdul-Hamid *et al.* (2009), dosis pemupukan kenaf diketahui mempengaruhi absorpsi karbondioksida. Dosis pemupukan mampu mempengaruhi laju fotosintesis, efisiensi penggunaan air, konduktansi stomata, dan transpirasi tanaman. Nilai keempat kondisi tersebut berkorelasi positif dengan dosis pemupukan NPK. Namun dosis pemupukan juga perlu diperhatikan sesuai kebutuhan tanaman karena pupuk yang berlebihan, terutama nitrogen, justru akan mencemari lingkungan.

Jumlah karbondioksida yang diserap oleh tanaman per satuan waktu dan luas yang dipublikasi oleh para peneliti berbeda-beda. Perbedaan jumlah tersebut terjadi karena adanya perbedaan manajemen agronomi dan lingkungan penelitian, seperti suhu udara, intensitas cahaya, suplai air, ketersediaan nutrisi, kelembaban, angin, varietas, kerapatan tanaman, jenis tanah (Scordia *et al.*, 2013), dan karakteristik tanaman (Lam *et al.*, 2003).

Dibanding tanaman kayu C3 lainnya, kenaf memiliki laju fotosintesis yang sangat tinggi

Tabel 2. Perbandingan laju fotosintesis daun tunggal kenaf dan tanaman kayu tegakan kelompok C3

Tanaman	Laju Fotosintesis Daun Tunggal ($\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{detik}$)	Sumber
Kenaf (<i>H. cannabinus</i>)	37,75	Cosentino <i>et al.</i> (2004)
Jati (<i>T. grandis</i>)	8,0	Saravanan (2014)
Mahoni (<i>S. macrophylla</i>)	12	Azevedo dan Marengo (2012)
Akasia (<i>A. mangium</i> dan <i>A. auriculiformis</i>)	9,55-12,4	Combalicer <i>et al.</i> (2012)
Akasia (<i>A. crassiparpa</i>)	3,12-13,19	Awang <i>et al.</i> (1998)
Eukaliptus (<i>E. pellita</i>)	21,62	Bristow (2008)

seperti terlihat pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, laju fotosintesis kenaf dapat mencapai 12 kali lebih tinggi jika dibanding *A. crassiparpa*, 4 kali pohon jati, dan 1,7 kali Eukaliptus. Menurut Martino (2012), kenaf mengabsorpsi CO_2 3-8 kali lebih tinggi dari pada pohon. Pohon akasia (*Acacia mangium* dan *A. crassiparpa*) dan eukaliptus merupakan tanaman berkayu yang biasa digunakan dalam pembuatan pulp dan kertas di Indonesia. Saat ini serat kenaf mendapat perhatian untuk menggantikan serat kayu sebagai bahan baku pulp (Mosello *et al.*, 2010). Dari aspek penyerapan CO_2 , kenaf jauh lebih unggul dari akasia dan eukaliptus karena memiliki laju fotosintesis lebih tinggi dan umur panen jauh lebih pendek. Akasia dan eukaliptus dapat dipanen setelah 5-7 tahun sementara kenaf hanya 4-5 bulan.

Menurut Hardjana (2014), perhitungan kemampuan tanaman dalam menyerap CO_2 juga dapat diperoleh melalui konversi kandungan karbon (C) dalam biomassa tanaman dengan rumus :

$$W_{\text{CO}_2} = W_{\text{tc}} \times 3,67$$

Ket. : W_{CO_2} : Banyaknya CO_2 yang diserap (ton)

W_{tc} : Berat total karbon tegakan/pohon per tahun ukur (ton/ha)

3,67 : Angka ekivalen/konversi unsur karbon (C) ke CO_2

Dalam satu musim, kenaf mampu menghasilkan 20-50 ton/ha biomassa basah atau 6-25 ton/ha biomassa kering. Jika kandungan C tanaman kenaf sebesar 48,40% dari biomassa keringnya (Saidur *et al.*, 2011), maka berat C dalam biomassa kenaf sebesar 2,9-12,1 ton/ha. Oleh karena itu, banyaknya CO_2 yang diserap

kenaf dapat dihitung sebesar 10,6-44,4 ton/ha/musim atau 21-89 ton CO_2 /ha/tahun. Jika luas lahan kenaf di Indonesia saat ini 3000 ha, maka sumbangan serapan CO_2 kenaf mencapai 63-267 ribu ton/tahun. Pendapat lain menyatakan bahwa kenaf menyerap kurang lebih 1,5 ton CO_2 untuk menghasilkan 1 ton berat kering kenaf yang berarti 30-40 ton CO_2 per hektar per musim kenaf (IJSG, 2012). Sementara Martino (2012) menyatakan satu hektar kenaf dapat menyerap hampir 20 ton CO_2 per musim.

MANFAAT KENAF SEBAGAI AGENSIA MITIGASI KARBONDIOKSIDA

Indonesia akan terus membangun dan diperkirakan total emisi gas rumah kaca mencapai 2,95 Gt CO_2e (CO_2 equivalent) (1 Gt = 10^9 ton) pada tahun 2020 pada kondisi BAU. Untuk mencapai target pengurangan emisi 26% hingga 48%, pemerintah telah mencanangkan beberapa skenario mitigasi pada berbagai sektor, diantaranya sektor energi, industri, kehutanan, gambut, pertanian, dan limbah (KLH, 2010).

Kenaf dapat menjadi alternatif yang mudah, murah, dan menguntungkan di Indonesia dalam upaya mitigasi gas rumah kaca terutama karbondioksida. Karbon yang telah diserap oleh kenaf sebagian akan tersimpan dalam serat kenaf. Serat kenaf yang diubah menjadi produk akan menyimpan karbon (C sink) tersebut selama bertahun-tahun sampai produk tidak dipakai dan terdekomposisi. Akar di tanah tersimpan sebagai C organik tanah. Batang bagian dalam (core) oleh petani di Indonesia digunakan sebagai bahan bakar memasak menggantikan minyak tanah atau LPG. Sementara sebagian C dalam biomasa

teremisi kembali saat proses *retting* (penyeratan) oleh mikroorganisme.

Kenaf mendapat perhatian kalangan industri dalam 10 tahun terakhir karena berbagai produk diversifikasi yang dihasilkan kenaf. Hal tersebut menunjukkan bahwa dari segi ekonomi, kenaf memiliki prospek dan peluang cerah di masa depan (Sudjindro, 2012). Input produksi dan budidaya kenaf relatif murah dan mudah. Kendala utama produksi serat kenaf adalah pada saat pasca panen yaitu tingginya biaya tenaga kerja untuk tebang, angkut, dan penyeratan/*retting* serta bau menyengat dari air rendaman kenaf. Untuk mengatasi hal tersebut, selain menghasilkan varietas unggul, sasaran penelitian saat ini juga untuk menghasilkan teknik *retting* yang efisien.

Serat kenaf telah lama diketahui dan digunakan sebagai bahan baku berbagai produk bernilai ekonomi tinggi dan pengganti serat sintetis yang dapat diperbaharui. Penggunaan serat kenaf menjadikan produk-produk tersebut ramah lingkungan dan aman bagi kesehatan manusia. Produk-produk berbahan baku kenaf secara tidak langsung juga mengurangi emisi gas rumah kaca melalui beberapa mekanisme.

Beberapa mekanisme mitigasi tidak langsung kenaf dalam mengurangi emisi gas karbondioksida dan gas berbahaya lainnya diantaranya :

1. Mengurangi berat komponen kendaraan
Salah satu produsen mobil menggunakan kenaf sebagai bahan campuran pembuatan *door trim* dan *seat back* mobil. Dengan teknologi tersebut, kendaraan diklaim menjadi lebih hemat bahan bakar dan lebih rendah emisi CO₂ karena *door trim* dan *seat back* menjadi 20% lebih ringan (Anonymus, 2012a). *Air cleaner case* yang juga menggunakan bahan baku 40% kenaf mampu mengurangi 10% berat *air cleaner case* dan mengurangi emisi CO₂ hingga 20% (Anonymus, 2012b).
2. Menghemat energi dan tanpa emisi gas berbahaya dalam proses produksi suatu produk peredam suara adalah salah satu produk diversifikasi kenaf. Peredam suara yang terbuat dari serat alam bersifat

biodegradable, berkelanjutan, dan lebih aman bagi manusia. Pengembangan produksi peredam suara dengan teknologi moderen juga dapat membuat proses produksi menggunakan serat alam lebih ekonomis, ramah lingkungan, dan mempunyai kualitas yang sama dengan serat sintetis. Proses produksi menjadi ramah lingkungan karena lebih sedikit mengkonsumsi energi, lebih sedikit mengemisikan karbon dan tanpa emisi CFC (Arenas dan Crocker, 2010; Asdrubali, 2006).

3. Mengurangi laju deforestasi
Sebagai sumber bahan baku selulosa non kayu, serat kenaf dapat dibuat pulp dan kertas (Mosello *et al.*, 2010) dengan kualitas pulp setara pulp dari kayu pinus, akasia, dan eukaliptus (Sudjindro, 2012). Penggunaan kenaf sebagai bahan baku pulp dan kertas diharapkan dapat mengurangi penggunaan kayu pohon dan laju deforestasi.

Selain produk di atas, masing-masing bagian kenaf juga mempunyai produk diversifikasi lainnya yang juga bernilai ekonomis tinggi, yaitu (Saba *et al.*, 2015; Sudjindro, 2012):

1. Serat : bioplastik, tali, matras, furniture, kerajinan tangan, kain, pembungkus makanan, media produksi jamur, *fiber board*, geotekstil, dan bumper mobil.
2. Daun : makanan, minyak esensial, pakan ternak, dan pupuk organik
3. Biji : minyak goreng, medis
4. *Core* : karbon aktif, bahan konstruksi rumah, minyak esensial, *particle board*
5. Biomassa tanaman : bioenergi, bahan bakar memasak

Sebagai agensia bioremediasi, serat dan bubuk kenaf dapat digunakan sebagai penyerap (*organic absorbent*) limbah lilin pada industri tekstil (Wong *et al.*, 2013) dan penyerap tumpahan minyak di badan air (Shamsudin *et al.*, 2015). Tanaman kenaf diketahui mampu berfungsi sebagai agensia fitoremediasi logam berat antara lain Cd, Zn, Cu, As, dan Fe (Yan, 2005; Bada dan Raji, 2010; Meera dan Aqamuthu, 2012; Arbaoui *et al.*, 2013).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kenaf memiliki laju fotosintesis yang tinggi sehingga tanaman tersebut dikenal sebagai penyerap karbondioksida dalam jumlah besar. Serapan CO₂ kenaf mencapai 21-89 ton/ha untuk setiap tahunnya dengan laju fotosintesis mencapai 3-8 kali lebih tinggi dibandingkan pohon pada umumnya. Dengan luas lahan kenaf saat ini 3000 ha, maka kontribusi serapan CO₂ oleh lahan kenaf di Indonesia mencapai 63-267 ribu ton/tahun. C dalam serat kenaf yang dibuat produk akan tersimpan sampai produk tersebut tidak dipakai dan terdekomposisi. Selain itu, produk diversifikasi kenaf juga ramah lingkungan karena mampu mengurangi penggunaan energi dan laju deforestasi serta emisi gas berbahaya lainnya. Pengembangan kenaf diharapkan mampu membantu pemerintah Indonesia dalam upaya menurunkan emisi gas rumah kaca sekaligus menyediakan bahan baku serat alam untuk kebutuhan industri yang ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul-Hamid, H., M.H. Yusoff, N.A. Ab-Shukor, B. Zainal, and M.H. Musa. 2009. Effect of different fertilizer application level on growth and physiology of *Hibiscus cannabinus* (L.) (Kenaf) planted on BRIS soil. *Journal of Agricultural Science* 1(1) : 121-131.
- Anonymus. 2012a. <http://www.toyota-boshoku.com/global/news/120209.html>. [17 Februari 2015].
- Anonymus. 2012b. <http://www.toyota-boshoku.com/global/news/120214.html>. [17 Februari 2015].
- Arbaoui, S., A. Evlard, M. E. W. Mhamdi, B. Campanella, R. Paul, and T. Bettaieb. 2013. Potential of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) and corn (*Zea mays* L.) for phytoremediation of dredging sludge contaminated by trace metals. *Biodegradation* 24(4) : 563-567.
- Araki, T., M.T.P. Nguyen, and F. Kubota. 2012. Specific feature in photosynthetic response of kenaf plant (*Hibiscus cannabinus* L.) to flooding stress. *Environ. Control. Biol.* 50(2) : 127-134.
- Arenas, J. P. and M. J. Crocker. 2010. Recent trends in porous sound-absorbing materials. <http://www.sandv.com/downloads/1007croc.pdf>. [5 Mei 2015].
- Asdrubali, F. 2006. Survey on the acoustical properties on new sustainable materials for noise control. *In Euronoise*. Tampere, Finland 30 may-1 June 2006. p1-10.
- Awang, K., S. Jamahari, A.A. Zulkifli, and N.A.A. Shukor. 1998. Growth, marcottability and photosynthetic rate of *Acacia crassicarpa* provenances at Serdang, Malaysia *In Recent Developments in Acacia Planting*, Proceedings of an international workshop. Hanoi, Vietnam 27-30 October 1997. p299-304.
- Azevedo, G.F.C. and R.A. Marengo. 2012. Growth and physiological changes in saplings of *Mimosa guianensis* and *Swietenia macrophylla* during acclimation to full sunlight. *Photosynthetica* 50(1) : 86-94.
- Bada, B. S. and K. A. Raji. 2010. Phytoremediation potential of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) grown in different soil textures and cadmium concentrations. *Afr. J. Environ. Sci. Technol.* 4(5) : 250-255.
- Bristow, M. 2008. Growth of eucalyptus pellita in mixed species and monoculture plantations. Theses. Southern Cross University. 120p.
- Bueckert, R.A. 2013. Photosynthetic carbon fixation and crops. *Prairie Soils & Crops Journal* 6 : 64-77.
- Combalicer, M.S., D.K. Lee, S.Y. Woo, J.O. Hyun, Y.D. Park, Y.K. Lee, E.A. Combalicer, and E.L. Tolentino, Jr. 2012. Physiological characteristic of *Acacia auriculiformis* A. Cunn. Ex Benth., *Acacia mangium* Willd. and *Pterocarpus indicus* Willd. in the La Mesa Watershed and Mt. Makiling, Philippines. *Journal of Environmental Science and Management (Special Issue 1-2012)*:14-28.
- Cosentino, S.L., Riggi, E., and D'Agosta, G., 2004. Leaf photosynthesis in kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) in response to water stress. *In Proceedings of the 2nd World Biomass Conference*. Roma, Italy, 10-14 May. p374-376.
- Da Matta, F.M., R.A. Loos, R. Rodrigues, and R.S. Barros. 2001. Actual and potential photosynthetic rates of tropical crop species. *R. Bras. Fisiol. Veg.* 13(1) : 24-32.
- Dewan Nasional Perubahan Iklim (DNPI). 2012. Direktori dan Informasi Adaptasi Perubahan Iklim : Informasi, Sinergi dan Efektifitas Kegiatan Adaptasi Perubahan Iklim di Indonesia. http://redd-indonesia.org/images/abook_file/Direktori_data_informasi_adaptasi_perubahan_iklim.pdf. [30 Desember 2014].
- GHG Protocol. 2011. Global Warming Potentials. <http://www.ghgprotocol.org/files/ghgp/tools/Global-Warming-Potential-Values.pdf>. [1 April 2015].

- Hardjana, A.K. 2014. Panduan Pengukuran Karbon Tegakan Tanaman Meranti. Balai Besar Penelitian Dipterokarpa. Samarinda.
- IJSG (International Jute Study Group). 2012. Jute, Kenaf Other Bast and Hard Fibers: Farm to Fashion. IJSG. Dhaka. 86p.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Frequently Asked Question 1.3 What is the Greenhouse Effect?. https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/faq-1-3.html. [29 Februari 2016].
- Islam, M.K., I. Alam, M.S. Khanam, S.Y. Lee, T.R. Waghmode, and M.R. Huh. 2014. Accumulation and tolerance characteristic of chromium in nine jute varieties (*Corchorus* spp. and *Hibiscus* spp.). *plant Omics Journal* 7(5) : 392-402.
- Junaedi, A. 2008. Kontribusi hutan sebagai rosot karbondioksida. *Info Hutan* 5(1) : 1-7.
- KLH (Kementerian Lingkungan Hidup). 2010. Indonesia Second National Communication Under The United Nations Framework Convention on Climate Change. Jakarta.
- Lam, T.B.T., K. Hori, and K. Ilyama. 2003. Structural characteristic of cell wall of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) and fixation of carbon dioxide. *J. Wood Sci.* 49 : 255-261.
- Mai, N.T.P. and F. Kubota. 2009. Specific feature in photosynthetic response of kenaf plant (*Hibiscus cannabinus* L.) to flooding stress. *J. Sci. Dev.* 7(2) : 209-216.
- Martino, J. 2012. Can a single plant solve many of our problem?. <http://www.collective-evolution.com/2012/07/11/can-a-single-plant-solve-many-of-our-problems/>. [13 November 2014].
- Meera M. and Aqamuthu P. 2012. Phytoextraction of As and Fe using *Hibiscus cannabinus* L. from soil polluted with landfill leachate. *Int. J. Phytoremediation* 14(2): 186-199.
- Mohamed, B.B., M.B. Sarwar, S. Hassan, B. Rashid, B. Aftab, and T. Husnain. 2015. Tolerance of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) genotypes to drought stress at vegetative stage. *Advancements in Life Sciences* 2(2) : 74-82.
- Mosello, A. A., J. Harun, P. M. Tahir, H. Resalati, R. Ibrahim, S. R. F. Shamsi, and A. Z. Mohmamed. 2010. A review of literatures related of using kenaf for pulp production (beating, fractionation, and recycled fiber). *Modern Applied Science* 4(9) : 21-29.
- Muñoz, C., L. Paulino, C. Monreal, and E. Zagal. 2010. Greenhouse gas (CO₂ and N₂O) emissions from soils: A review. *Chilean Journal of Agricultural Research* 70(3) : 485-497.
- Reddy, A.R. and V.S.R. Das. 2000. Photosynthesis and kinetic characteristic of rubisco in *Hibiscus cannabinus* L. *Indian Journal of Experimental Biology* 38(8) : 841-844.
- Saba, N., M.T. Paridah, M. Jawaid, K. Abdan, and N.A. Ibrahim. 2015. Potential utilization of kenaf biomass in different applications. In K.R. Hakeem *et al.* (ed) *Agricultural Biomass Based Potential Materials*. Springer International Publishing, Switzerland. pp 1-34.
- Saidur, R., E.A. Abdelaziz, A. Demirbas, M.S. Hossain, and S. Mekhilef. 2011. A review on biomass as a fuel for boilers. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15 : 2262-2289.
- Salisbury, F.B. dan C.W. Ross. 1995. Fisiologi Tumbuhan Jilid 2. Penerjemah D.R. Lukman dan Sumaryono. Penerbit ITB. Bandung. 173p.
- Saravanan, S. 2014. Gas exchange characteristics in *Tectona grandis* L. clones under varying concentrations of CO₂ levels. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry* 10(3) : 122-133.
- Scordia, D., G. Testa., S.L. Cosentino. 2013. Crop physiology in relation to agronomic management practices. In A. Monti and E. Alexopoulou (ed) *Kenaf: A Multi-Purpose Crop for Several Industrial Application, Green energy and Technology*. Springer-Verlag. London. pp 17-43.
- Setyanto, P. 2013. Mitigasi dan Adaptasi Perubahan Iklim Sektor Pertanian. Badan Litbang Pertanian Kementerian Pertanian. http://www.deptan.go.id/dpi/admin/pengumuman/PI_Gowa_2013_Prihasto.pdf. [24 Februari 2015].
- Sengupta, G. and P. Palit. 2004. Characterization of a lignified secondary phloem fibre-deficient mutant of jute (*Corchorus capsularis*). *Annals of Botany* 93 : 211-220.
- Shamsudin, R., H. Abdullah, and S.C. Sinang. 2015. Properties of oil sorbent material produced from kenaf fiber. *International Journal of Environmental Science and Development* 6(7): 551-554. <http://www.ijesd.org/vol6/655-CE012.pdf>. [5 Mei 2015].
- Sudjindro. 2012. Inovasi varietas unggul kenaf untuk pemberdayaan lahan sub optimal di Indonesia. Orasi Pengukuhan Profesor Riset Bidang Pemuliaan dan Genetika Tanaman. IAARD Press. Jakarta. 64p.
- Widyati, E. 2011. Kajian optimasi pengelolaan lahan gambut dan isu perubahan iklim. *Tekno Hutan Tanaman* 4(2) : 57-68.
- WMO (World Meteorological Organization). 2014. The State of greenhouse gases in the atmosphere based on global observation through 2013.

- Greenhouse Gas Bulletin (10).
http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/documents/1002_GHG_Bulletin.pdf. [24 Februari 2015].
- Wong, Y. C., S. H. Lim, and N. A. Atiqah. 2013. Remediation of industry wastewater effluent by using kenaf as waxes absorbent. *Present Environment and Sustainable Development* 7(1) : 290-295.
- Yan, W. 2005. *Phytoremediation of soil contaminated with copper and zinc from pig waste*. Thesis. University Putra Malaysia. 118p.
- Zhao, D., B. Glaz, and J.C. Comstock. 2013. Sugarcane leaf photosynthesis and growth characters during development of water-deficit stress. *Crop Science* 53 : 1066-1075.

