

**COMPOSITION AND VEGETATION STRUCTURE OF TREES AS
CARBON STORAGE IN FOREST AND CITY PARK PEKANBARU
FOR THE MODULE DEVELOPMENT CONCEPT OF FOREST
BENEFITS ON LOCAL CONTENT OF ENVIRONMENTAL
EDUCATION IN SENIOR HIGH SCHOOL 1
GRADE XI PEKANBARU**

Ade Diana Kharisma¹, Sri Wulandari², Nursal³

*e-mail: adedianakharisma@yahoo.co.id +628127796836, wulandari_sri67@yahoo.co.id,
nurs_al@yahoo.com

Study Program of Biology Education, Faculty of Teacher Training and Education
University of Riau

***Abstract** : The research was conducted to determine the composition and structure of vegetation of trees and carbon stocks in forests and city parks Pekanbaru in November 2015 to January 2016. The results used to develop module concept of forest benefits on local content of environmental education high school grade XI. The study consisted of two phases, the first analysis of the composition, vegetation structure, and estimation of carbon stocks with the survey and non - destructive method. The second phase, developing a module with concept of forest benefits by using ADDIE models. Based on the survey results revealed that the forests and parks of Pekanbaru there are 21 family, 48 species and 3218 trees with an average density of 500.64 trees / ha and diversity index of 1.93 is classified as moderate. Total carbon stocks in forest and city park of Pekanbaru is 325.692 tons. The results of the research used to development of modules and get very valid with a mean value of 4.25 and a limited test results get very good category with a mean of 85.42.*

Keywords : Carbon Stock, species composition, vegetation structure tree.

**KOMPOSISI DAN STRUKTUR VEGETASI POHON SEBAGAI
PENYIMPAN CADANGAN KARBON DI HUTAN DAN
TAMAN KOTA PEKANBARU UNTUK PENGEMBANGAN
MODUL KONSEP MANFAAT HUTAN PADA MUATAN
LOKAL PENDIDIKAN LINGKUNGAN HIDUP
KELAS XI DI SMAN 1 PEKANBARU**

Ade Diana Kharisma¹, Sri Wulandari², Nursal³

*e-mail: adedianakharisma@yahoo.co.id +628127796836, wulandari_sri67@yahoo.co.id,
nurs_al@yahoo.com

Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Riau

Abstrak : Penelitian dilakukan untuk mengetahui komposisi dan struktur vegetasi pohon serta menduga cadangan karbon di hutan dan taman kota Pekanbaru pada bulan November 2015 - Januari 2016. Hasil penelitian dimanfaatkan untuk pengembangan modul konsep manfaat hutan pada muatan lokal pendidikan lingkungan hidup SMA kelas XI. Penelitian terdiri dari dua tahap, yang pertama analisis komposisi dan struktur vegetasi serta pendugaan cadangan karbon dengan metode survei dan metode *non - destruktif*. Tahap kedua, pengembangan modul konsep manfaat hutan dengan menggunakan model ADDIE. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa pada hutan dan taman kota Pekanbaru terdapat 21 suku, 48 jenis dan 3218 pohon dengan rerata kerapatan sebesar 500,64 pohon/ha dan indeks keanekaragaman tergolong sedang yaitu sebesar 1,93. Total cadangan karbon hutan dan taman kota Pekanbaru sebesar 325,692 ton. Hasil penelitian dimanfaatkan untuk pengembangan modul dan mendapatkan nilai sangat valid dengan rerata sebesar 4,25 dan hasil uji coba terbatas mendapatkan kategori sangat baik dengan rerata 85,42.

Kata Kunci : Cadangan karbon, komposisi jenis, struktur vegetasi pohon.

PENDAHULUAN

Kota Pekanbaru telah mengalami perkembangan yang cukup pesat terlihat dari pembangunan pusat perbelanjaan, pemukiman serta berbagai fasilitas penunjang aktivitas penduduk lainnya yang diiringi dengan peningkatan jumlah penduduk yang signifikan dari tahun ke tahun. Pembangunan di Kota Pekanbaru yang mengkonversi lahan-lahan bervegetasi menjadi lahan bangunan serba beton dapat mengurangi kenyamanan penduduk di Kota Pekanbaru. Kegiatan pembangunan menimbulkan permasalahan seperti alih fungsi lahan dan meningkatnya beban pencemar akibat berbagai aktifitas perkotaan.

Jumlah penduduk pada periode 2007-2014 mengalami peningkatan. Pada tahun 2007 jumlah penduduk Pekanbaru ialah 779.899 jiwa, kemudian pada tahun 2014 menjadi 1.546.916 jiwa (Pekanbaru dalam angka, 2014). Peningkatan jumlah penduduk akan memicu terjadinya peningkatan laju alih fungsi lahan. Adnan *et al.*, (2012) menyatakan bahwa laju alih fungsi lahan pada periode 20 tahun terakhir sangat tinggi, dimana pada tahun 1990 luas hutan 5.446.007 ha mengalami penurunan menjadi 2.638.113 ha pada tahun 2011. Alih fungsi lahan merupakan aktifitas dominan yang berpengaruh terhadap perubahan kualitas lingkungan.

Penerapan konsep hutan kota dan taman kota di dalam perencanaan tata kota akan mengatasi masalah penurunan kualitas lingkungan. Di wilayah Kota Pekanbaru yang memiliki luas $\pm 632,26 \text{ km}^2$ memiliki tata kota dengan 2 hutan kota dan 4 taman kota (Dinas Perkebunan dan Kehutanan Pekanbaru, 2012 dan Bappeda Pekanbaru, 2013). Keberadaan hutan kota dan taman kota dengan vegetasi yang ada di dalamnya tersebut diharapkan dapat meningkatkan produksi oksigen dan menyaring partikel tercemar di udara sehingga meningkatkan kualitas lingkungan. Struktur vegetasi hutan dan taman kota pada strata pohon memiliki kemampuan penyerapan gas pencemar seperti CO_2 yang baik. Hutan memiliki komposisi jenis pohon yang berbeda dan dengan kemampuan serapan karbon yang berbeda-beda pula. Menurut Hairiah *et al.*, (dalam WWF 2013) Potensi penyerapan karbon oleh ekosistem tergantung pada tipe dan kondisi ekosistemnya yaitu komposisi jenis dan struktur vegetasinya. Komposisi dan struktu menunjukkan jenis tanaman yang terdapat pada suatu vegetasi dan tingkatan stratifikasi dalam suatu vegetasi yang berkaitan pula dengan berkaitan dengan tingkat keanekaragaman, kerapatan, frekuensi, dominansi dan nilai penting.

Perubahan luas hutan akan mempengaruhi cadangan karbon dan berkurangnya kemampuan menyerap CO_2 sehingga terjadi peningkatan emisi CO_2 di udara sebagai penyebab terjadinya perubahan iklim. Berdasarkan Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Pekanbaru (2014), Emisi gas rumah kaca di Kota Pekanbaru pada tahun 2012 sebesar 68.191,251 Gg CO_2eq (0,068 Gt CO_2eq). Menurut IPCC (dalam Hairiah dan Rahayu, 2007) menyatakan dalam kurun waktu 150 tahun konsentrasi CO_2 di atmosfer telah meningkat sekitar 28% sehingga menyebabkan penghambatan gelombang panas yang dipantulkan bumi ke angkasa, akibatnya suhu atmosfer meningkat $0,5^\circ\text{C}$ dibanding suhu pada zaman pra-industri.

Berbagai perubahan yang terjadi pada lingkungan dapat menyebabkan ketidakseimbangan lingkungan dan menghasilkan berbagai dampak. Oleh karena itu, perlu adanya upaya dalam menjaga keseimbangan lingkungan tersebut. Masalah mengenai lingkungan telah menjadi perhatian publik, salah satunya dari bidang pendidikan yaitu pada Pendidikan Lingkungan Hidup (PLH). Pembelajaran pendidikan

lingkungan hidup ini telah berlangsung di beberapa sekolah di Pekanbaru, salah satunya SMAN 1 Pekanbaru.

Berdasarkan hasil observasi, bahan ajar atau referensi yang bersifat kontekstual mengenai masalah lingkungan yang berkaitan dengan manfaat hutan pada mata pelajaran pendidikan lingkungan hidup di Sekolah Menengah Atas Kota Pekanbaru belum tersedia. Selama proses pembelajaran, guru memberikan informasi pembelajaran secara umum dengan sumber belajar menggunakan internet. Oleh karena itu, perlu adanya informasi tambahan salah satunya dalam bentuk modul pembelajaran yang bersifat kontekstual dengan mempelajari permasalahan lokal yang terjadi disekitar lingkungan peserta didik dan didukung data hasil penelitian. Diharapkan dengan pembelajaran yang seperti ini selain peserta didik mendapatkan pemahaman yang cukup baik dan luas, peserta didik juga mampu bersikap lebih baik lagi dalam kehidupan, seperti sikap peduli terhadap lingkungan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini terdiri dari dua tahap, yaitu tahap analisis vegetasi dan cadangan karbon serta tahap pengembangan modul pembelajaran konsep Manfaat Hutan Pada Muatan Lokal Pendidikan Lingkungan Hidup Kelas XI di SMAN 1 Pekanbaru. Tahap pertama, analisis vegetasi dan cadangan karbon dilakukan pada lokasi hutan dan taman Kota Pekanbaru. Untuk hutan kota diantaranya Hutan Kota Diponegoro dengan luas 5 ha, dan Hutan Kota Chevron 32 ha, kemudian untuk taman kota diantaranya Taman Kota Diponegoro dengan luas 2,7 ha, Taman Wisata Alam Mayang 4 ha, Taman Kota Mesjid Agung Annur 2 ha, dan Taman Kota Rumbai 1 ha (Dinas Perkebunan dan Kehutanan Pekanbaru, 2012 dan Bappeda Pekanbaru, 2013). Penelitian dilaksanakan mulai bulan November 2015 sampai Januari 2016. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah meteran kain, tali, klinometer, *Tally Counter*, kamera digital.

Analisis vegetasi dan cadangan karbon dilakukan dengan menggunakan metode *non destruktif* (tanpa merusak vegetasi). Pengambilan sampel dalam analisis vegetasi menggunakan metode garis berpetak dan metode *cluster*. Untuk Hutan Kota Chevron menggunakan metode garis berpetak dan untuk 5 lokasi lainnya menggunakan metode *cluster*. Parameter dalam penelitian ini adalah komposisi jenis, struktur vegetasi pohon dan cadangan karbon hutan dan taman kota Pekanbaru. Teknik pengumpulan data komposisi jenis dilakukan dengan identifikasi jenis menggunakan referensi *Flora of Java* dan referensi lain yang relevan. Untuk struktur vegetasi pohon seperti kerapatan, frekuensi, dominansi, indeks nilai penting, dan indeks keanekaragaman yang dihitung menggunakan rumus berdasarkan Indriyanto (2006).

Kemudian untuk pendugaan cadangan karbon didapatkan setelah mengetahui biomassa pohon. Untuk pendugaan biomassa pohon, digunakan persamaan allometrik dengan diameter dan tinggi sebagai variable bebasnya. Pengukuran diameter dilakukan dengan menghitung keliling pohon kurang lebih pada posisi 130 cm dari permukaan tanah dan jika pohon berbanir atau papan dihitung 50 cm diatas banir. Pengukuran diameter dilakukan pada tingkatan pohon dewasa (diameter > 35cm) sampai pada tingkatan pohon-pohon kecil/*sapling* (diameter <10cm). Kemudian untuk tinggi pohon dilakukan penaksiran dengan menggunakan klinometer sederhana dengan prinsip trigonometri. Persamaan allometrik yang digunakan ialah berdasarkan Maurin *et.al*

(2012) dan Handi (2012) yang dipilih berdasarkan vegetasi pohon di hutan alam sebagai berikut :

$$Y = 0,0509 \times \rho \times \text{DBH}^2 \times T$$

Keterangan :

Y : biomassa total (kg/m), ρ : berat jenis kayu (680 kg/m³), DBH: diameter setinggi dada(m), T : tinggi tanaman (m).

Jika semua data biomassa tegakan yang diperoleh pada suatu lahan dijumlahkan, maka akan didapatkan total biomassa per lahan (kg/luasan lahan) yang selanjutnya dapat dihitung biomassa per hektar dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$w = \frac{\sum_{i=1}^n W_{pi}}{A} \times 10.000$$

Keterangan :

W : total biomassa pohon (ton/ha), n: jumlah pohon, W_{pi}: Biomassa pohon (ton), A: luas plot (m²).

Cadangan karbon yang tersimpan dalam bentuk biomassa dapat diketahui dengan mengalikan biomassa dengan fraksi karbon dari biomassa tersebut, yang secara umum sebesar 0,50 (IPPC, 2006; Balitbang Kehutanan, 2010; Ari Wibowo, 2013), dengan persamaan berikut ini :

$$C = W \times 0,5$$

dimana :

C: Cadangan karbon tersimpan (ton/ha), W: Biomassa (ton/ha), 0,5: Proporsi/fraksi karbon

Kemudian untuk tahap kedua yaitu tahap pengembangan modul konsep manfaat hutan pada muatan lokal pendidikan lingkungan hidup kelas XI di SMAN 1 Pekanbaru. Tahap pengembangan modul dilaksanakan pada bulan November 2015 sampai dengan Januari 2016. Pengembangan modul menggunakan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Develop, Implementation, Evaluation*), dimana pada penelitian ini hanya dilakukan pada tahap *Analysis, Design, dan Develop*. Untuk tahap *Implementation dan Evaluation* tidak dilaksanakan pada penelitian ini. Modul yang telah dikembangkan sampai pada tahap *develop* akan divalidasi oleh 5 orang validator dengan menggunakan lembar validasi. Validator terdiri dari 2 ahli materi, 1 ahli kependidikan dan 2 tenaga kependidikan/guru. Setelah divalidasi akan dilakukan uji coba terbatas modul terhadap peserta didik dengan menggunakan lembar angket uji coba terbatas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Jenis di Hutan dan Taman Kota Pekanbaru

Komposisi merupakan penyusun suatu tegakan yang meliputi jumlah jenis, suku ataupun banyaknya pohon. Berdasarkan hasil penelitian diketahui bahwa di hutan dan taman Kota Pekanbaru terdapat 21 suku, 48 jenis dan 3218 individu. Untuk keseluruhan lokasi penelitian terdapat jumlah suku yang berbeda-beda yaitu berkisar antara 8-15

suku. Jumlah suku terbanyak ditemukan pada lokasi Hutan Kota Diponegoro sebanyak 15 suku dan suku terendah terdapat pada lokasi Taman Rumbai yaitu 8 suku. Suku dengan jumlah jenis yang terbanyak pada hutan dan taman Kota Pekanbaru ialah dari suku Fabaceae yang terdiri dari 13 jenis dan 1197 pohon. Diantaranya ; *Acacia sp* (Akasia), *Adenanthera pavonina* (saga), *Archidendron pauciflorum* (jengkol), *Dalbergia latifolia* (senokeling), *Parasirianthes falcataria* (sengon), *Pterocarpus indicus* (angsana), *Samanea saman* (trembesi), *Senna Siamea* (johar), *Delonix regia* (flamboyan), *Leucaena leucocephala* (petai cina), *Erythrina Lithosperma* (dadap), *Caesalpinia pulcherrina* (kembang merak), *Bauhinia purpurea* (kupu-kupu).

Fabaceae merupakan suku yang dapat ditemukan pada keseluruhan lokasi penelitian, walaupun dengan jenis yang berbeda. Jenis suku Fabaceae adalah jenis yang umum ditanam di dalam kawasan hutan kota. Pemilihan jenis ini didasarkan pada beberapa faktor antara lain jenis Fabaceae memiliki sifat yang mudah tumbuh dan memiliki nilai estetika yang baik (Dahlan, 1992). Famili fabaceae juga merupakan jenis yang memiliki toleransi yang luas terhadap suhu, kelembaban, dan keadaan tanah serta kompetisi unsur hara sehingga sangat mempengaruhi atau memungkinkan terjadi perkembangan pohon yang baik serta memiliki diameter batang yang cukup besar (Nova *et al.*, 2011).

Selain berdasarkan suku dan jumlah jenis penyusun vegetasi, komposisi penyusun vegetasi juga dapat dilihat dari jumlah pohon penyusun vegetasi. Berdasarkan hasil penelitian, lokasi penelitian dengan jumlah pohon terbanyak ialah pada Taman Wisata Alam Mayang yaitu sebanyak 1425 individu. Sedangkan lokasi dengan jumlah pohon terendah ialah pada Taman Kota Diponegoro yaitu sebanyak 105 individu. Jenis dengan jumlah terbesar penyusun vegetasi hutan dan taman Kota Pekanbaru ialah dari jenis Akasia (*Acacia sp*) dengan jumlah 801. Menurut Wissa (2011), Akasia adalah tumbuhan cepat tumbuh dengan ukuran sedang dan termasuk pohon *evergreen*. Akasia merupakan pohon yang banyak ditanam dalam kegiatan rehabilitasi lahan. Karakteristiknya yang cepat tumbuh dan tajuknya yang lebat menjadikan pohon ini efektif dan dapat mengurangi resiko kebakaran.

Struktur Vegetasi Pohon di Hutan dan Taman Kota Pekanbaru

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan struktur vegetasi pohon di beberapa hutan dan taman kota Pekanbaru seperti pada Tabel.1.

Tabel.1 Struktur Vegetasi Pohon di Hutan dan Taman Kota Pekanbaru

No	Lokasi	Parameter				
		Jumlah Jenis	K (pohon/ha)	F	D (m ² /ha)	H'
1	Hutan Diponegoro	22	120.80	6.38	5.65	2.42
2	Hutan Kota Chevron	16	1504.17	6,33	43,95	2,28
3	Taman Kota Diponegoro	16	38,52	7,67	2,02	2,30
4	Taman Wisata Alam Mayang	18	356.25	7.00	15.31	2.00
5	Taman Mesjid Agung Annur	14	202.00	8.00	10.13	1.89
6	Taman Rumbai	11	320.00	7.00	5.59	1.40
Rerata		16.17	500.64	7.10	9.17	1.93

(Keterangan : H' : Keanaekaragaman, K : Kerapatan, D : Dominansi, F : Frekuensi)

Berdasarkan Tabel.1 dapat diketahui bahwa struktur vegetasi di beberapa hutan dan taman Kota Pekanbaru memiliki beberapa perbedaan dari hal kerapatan, frekuensi, dominansi dan tingkat keanekaragamannya. Secara keseluruhan kerapatan di hutan dan taman kota Pekanbaru adalah 500,64 pohon/ha tergolong baik berdasarkan Fandeli (dalam Safril Kasim, 2012) dimana nilai kerapatan >201 termasuk kategori baik, kemudian rerata frekuensi sebesar 7,10, rerata dominansi sebesar 9,17 m^2/ha dan indeks keanekaragaman yang tergolong sedang dengan nilai rerata 1,93.

Untuk kerapatan perlokasi tertinggi terdapat pada lokasi Hutan Kota Chevron sebesar 1504.17 pohon/ha dan kerapatan terendah pada lokasi Taman Kota Diponegoro sebesar 38,52 pohon/ha. Sedangkan nilai frekuensi terbesar terdapat pada lokasi Taman Mesjid Agung Annur Sebesar 8.00 sedangkan terendah terdapat pada lokasi Hutan Chevron sebesar 6,33. Kemudian untuk lokasi dengan total nilai dominansi tertinggi adalah pada Hutan Kota Chevron sebesar 43,95 m^2/ha dan terendah pada lokasi Taman Kota Diponegoro sebesar 2,02 m^2/ha . Hal ini dapat dikarenakan dari nilai basal area jenis di lokasi ini juga cukup tinggi. Nilai Dominansi menunjukkan proporsi antara luas tempat yang ditutupi oleh jenis tumbuhan dengan luas total habitat serta menunjukkan jenis tumbuhan yang dominan didalam vegetasi (Indriyanto, 2006). Indeks keanekaragaman keseluruhan lokasi penelitian memiliki rentang 1,40-2.42. Indeks keanekaragaman tertinggi sebesar 2.42 terdapat pada lokasi Hutan Kota Chevron dan keanekaragaman terendah terdapat pada lokasi Taman Rumbai sebesar 1,40.

Kemudian secara keseluruhan jenis pada hutan dan taman Kota Pekanbaru yang memiliki nilai kerapatan tertinggi secara keseluruhan pada hutan dan taman Kota Pekanbaru ialah pada jenis *Swietenia macrophylla* (Mahoni) sebesar 108,52 pohon/ha sedangkan jenis dengan nilai kerapatan terendah ialah pada jenis *Ficus elastica* (Beringin Karet Merah) sebesar 0,06 pohon/ha. Nilai kerapatan nantinya akan berpengaruh terhadap cadangan karbon yang disimpan pada suatu vegetasi. Mahoni juga memiliki nilai frekuensi tertinggi sebesar 0,75. Hal ini menunjukkan bahwa mahoni merupakan jenis yang paling sering ditemui disekitar plot/lokasi penelitian dan memiliki tingkat kemunculan atau frekuensi yang tinggi. Kemudian untuk nilai dominansi tertinggi di Hutan dan Taman Kota Pekanbaru juga dari jenis *Swietenia macrophylla* (Mahoni) sebesar 3,68 m^2/ha . Menurut Safril Kasim, (2012) dominansi suatu jenis selain dipengaruhi oleh jumlah individu perhektarnya juga didukung oleh besarnya luas bidang dasar yang dimiliki masing-masing jenis tersebut. Kemudian menurut Odum (1971), jenis yang dominan mempunyai produktivitas yang besar, dan dalam menentukan suatu jenis vegetasi dominan yang perlu diketahui adalah diameter batangnya. Keberadaan jenis dominan pada lokasi penelitian menjadi suatu indikator bahwa vegetasi tersebut berada pada habitat yang sesuai dan mendukung pertumbuhannya.

Secara keseluruhan jenis yang memiliki nilai penting tertinggi di hutan dan taman Kota Pekanbaru yaitu *Swietenia macrophylla* (Mahoni) dengan rerata nilai penting sebesar 72,27%. Tanaman mahoni merupakan tanaman yang tumbuh dengan baik di tempat terbuka dan terkena cahaya matahari secara langsung, baik di dataran tinggi maupun dataran rendah. Hal inilah yang menyebabkan tanaman ini banyak ditanam di hutan dan taman kota Pekanbaru. Indeks nilai penting pada jenis-jenis yang memiliki nilai tertinggi dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu tempat tumbuh atau faktor lingkungan yang mendukung keberadaan jenis ini, kemampuan beradaptasi dengan lingkungan serta dapat mengembangkan diri secara cepat pada habitatnya.

Indeks Nilai Penting (INP) digunakan untuk mengetahui tingkat dominansi atau penguasaan suatu jenis dalam suatu vegetasi.

Cadangan Karbon Hutan dan Taman Kota Pekanbaru

Berdasarkan hasil penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan cadangan karbon di Hutan dan Taman Kota Pekanbaru seperti pada Tabel.2.

Tabel.2 Total Biomassa dan Cadangan Karbon Hutan dan Taman Kota Pekanbaru

No	Lokasi	Total Biomassa (ton/ha)	Total Cadangan Karbon (ton/ha)
1	Hutan Kota Diponegoro	4.59	2.30
2	Hutan Kota Chevron	18.51	9.25
3	Taman Kota Diponegoro	1.76	0.88
4	Taman Wisata Alam Mayang	13.48	6.74
5	Taman Mesjid Agung Annur	2.90	1.45
6	Taman Rumbai	2.35	1.18
Total		43.59	21.80

Pada Tabel.2 secara keseluruhan total biomassa di hutan dan taman Kota Pekanbaru sebesar 43,59 ton/ha, dan dengan total cadangan karbon sebesar 21,80 ton/ha. Luas hutan dan taman Kota Pekanbaru secara keseluruhan adalah 14,94 ha, sehingga didapatkan total biomassa di hutan dan taman Kota Pekanbaru sebesar 651,23 ton dengan total cadangan karbon sebesar 325,692 ton. Cadangan karbon tertinggi berada pada lokasi Hutan Kota Chevron yaitu sebesar 9,25 ton/ha. Hutan Kota Chevron memiliki nilai kerapatan yang cukup tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan oleh Nowak dan Crane (2002), yaitu beragamnya nilai karbon tersimpan pada suatu vegetasi dipengaruhi oleh beberapa faktor salah satunya adalah kerapatan. Secara keseluruhan total cadangan karbon pada hutan kota lebih banyak dibandingkan dengan pada taman kota. Selain jenis vegetasi yang mempengaruhi hal ini, luas lokasi yang ditutupi vegetasi tersebut juga menjadi hal yang berpengaruh terhadap jumlah cadangan karbon.

Hutan kota dianggap memiliki kelebihan dalam menyerap CO₂ dibandingkan dengan taman, karena secara umum hutan kota menempati hamparan yang lebih luas dari pada taman. Selain dari itu biomassa hutan jauh lebih banyak dari pada taman sehingga cadangan karbonnya pun akan semakin tinggi. Karena terdiri dari beberapa strata ketinggian dan juga vegetasi hutan memiliki diameter pohon yang cukup besar dan dengan kerapatan yang jauh lebih besar dibandingkan dengan vegetasi taman (Dahlan, 1992).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Purwanto Ris Hadi, (2012) kriteria cadangan karbon atau (*stock*) karbon di dalam ekosistem hutan dapat dibagi menjadi 3, yaitu *stock* karbon rendah (<35 ton/ha), *stock* karbon sedang(35–100 ton/ha), dan *stock* karbon tinggi (>100 ton/ha). *Stock* karbon atau cadangan karbon berdasarkan hasil penelitian memiliki nilai sebesar 21,80 ton/ha, hal ini menunjukkan bahwa cadangan karbon pada vegetasi hutan dan taman Kota Pekanbaru termasuk ke dalam kategori rendah yaitu berada pada rentang <35 ton /ha.

Perbedaan jumlah cadangan karbon pada setiap lokasi penelitian salah satunya disebabkan karena perbedaan kerapatan tumbuhan pada setiap lokasi. Cadangan karbon pada suatu sistem penggunaan lahan dipengaruhi oleh jenis vegetasinya. Suatu sistem

penggunaan lahan yang terdiri dari pohon dengan jenis yang mempunyai nilai kerapatan kayu tinggi, biomasanya akan lebih tinggi bila dibandingkan dengan lahan yang mempunyai jenis dengan nilai kerapatan kayu rendah (Rahayu *et al*, 2007).

Hal - hal yang mempengaruhi cadangan karbon suatu tegakan pohon ialah ukuran diameter, biomassa serta usia sebuah tegakan. Pada penelitian yang telah dilakukan didapatkan hubungan antara ukuran diameter suatu tegakan dengan cadangan karbon dan serapan CO₂ nya. Hubungan ini dapat dilihat pada Tabel.3

Tabel. 3. Total Cadangan Karbon Berdasarkan Kelompok Diameter

Diameter (cm)	Jumlah	C (ton/ha)	
		Total	Rerata
<10	300	0.15	0.001
10-19.9	1437	7.69	0.005
20-29.9	948	5.41	0.006
30-39.9	427	4.41	0.010
>40	106	4.14	0.039
Total	4636	21.80	0.06

Cadangan karbon pohon mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan diameter batang. Hal ini sesuai dengan Kusmana, *et.al.*, (1992) yang mengatakan bahwa salah satu faktor penting yang menentukan besarnya suatu cadangan karbon pohon adalah diameter batang pohon. Rayahu (2007) juga menjelaskan bahwa cadangan karbon pada vegetasi hutan salah satunya dipengaruhi oleh diameter batang. Namun demikian, jika dilihat berdasarkan total cadangan karbon dari beberapa kelas diameter pada hutan dan taman kota Pekanbaru terdapat perbedaan, yaitu terjadi penurunan total cadangan karbon pohon pada kelas diameter 20-29,9 cm, 30-30,9 cm dan pada diameter >40 cm. Penurunan cadangan karbon pohon dikarenakan sedikitnya jumlah pohon atau kerapatan yang ditemukan pada kelas diameter batang tersebut. Hal ini sesuai dengan Rahayu (2007) yang mengatakan bahwa selain diameter batang, kerapatan pohon juga mempengaruhi peningkatan cadangan karbon melalui peningkatan biomassa.

Berdasarkan Tabel.3 menunjukkan bahwa total cadangan karbon tertinggi terdapat pada pohon dengan rentang diameter 10-19,9 cm dan 20-29,9 cm. Diameter batang berkaitan dengan basal area, dimana semakin besar diameter maka ukuran basal area juga besar. Luas basal area mempengaruhi nilai karbon tersimpan karena sebagian besar karbon tersimpan pada tegakan batang (Odum, 1971).

Untuk melihat peningkatan cadangan karbon pada tiap kelas diameter batang dapat dilihat pada kolom rata-rata cadangan karbon dan serapan CO₂ pada Tabel.4 Pada Tabel tersebut menunjukkan rata-rata per pohon memiliki cadangan karbon yang semakin besar sesuai dengan ukuran diameter yang juga lebih besar. Jadi rata-rata cadangan karbon per pohon berbanding lurus dengan ukuran diameternya.

Cadangan karbon berkaitan dengan serapan CO₂ pada suatu jenis pohon. Selain beberapa hal sebelumnya yang mempengaruhi cadangan karbon pada suatu tegakan pohon. Jenis dari suatu pohon juga ikut berpengaruh, karena kemampuan serapan karbon untuk berbagai jenis pohon berbeda-beda, hal ini dapat berkaitan dengan morfologi, anatomi dan fisiologi suatu jenis pohon. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di Hutan dan Taman Kota Pekanbaru, diketahui 5 jenis pohon dengan cadangan karbon tertinggi seperti pada Tabel.4

Tabel. 4 Pohon dengan Potensi Cadangan Karbon Terbesar

No	Famili	Nama Jenis	Nama Lokal	Jumlah	Cadangan Karbon (ton/ha)
1	Fabaceae	<i>Acacia sp</i>	Akasia	801	6,09
2	Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i>	Mahoni	439	5.07
3	Fabaceae	<i>Parasirianthes falcataria</i>	Sengon	51	1.42
4	Verbenaceae	<i>Peronema canescens</i>	Sungkai	185	0.84
5	Fabaceae	<i>Samanea saman</i>	Trembesi	76	0.71
6		Lain-lain		1666	13.77
Total				3218	21.8

Berdasarkan Tabel.4 dapat diketahui bahwa pohon dengan cadangan karbon tiga terbesar yaitu pada jenis *Acacia sp* (Akasia) sebesar 6,09 ton/ha, kemudian *Swietenia macrophylla* (Mahoni) sebesar 5,07 ton/ha, dan *Parasirianthes falcataria* (Sengon) sebesar 1,41 ton/ha. Kemampuan berbagai jenis pohon dalam menyerap CO₂ berbeda-beda. Menurut Prasetyo *et al*, (2002) hutan yang mempunyai berbagai macam tipe vegetasi memiliki kemampuan atau daya serap CO₂ yang berbeda hal ini akan sangat berkaitan dengan jumlah cadangan karbon pada vegetasi tersebut. Secara keseluruhan hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis pohon dengan cadangan karbon dan kemampuan serapan CO₂ terbesar ialah pada jenis *Acacia sp* (Akasia). Hal ini berkaitan dengan penelitian yang dilakukan oleh Sofyan Hadi Lubis, *et.al* (2013) mengenai analisis cadangan karbon pohon pada lanskap hutan kota DKI Jakarta menunjukkan bahwa jenis pohon yang baik sebagai penyerap CO₂ yang ditemukan di hutan kota salah satunya ialah *Acacia sp* (Akasia).

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan *Acacia sp* (Akasia) ini ditemukan pada beberapa lokasi penelitian yaitu Alam mayang, Hutan Kota Diponegoro, Taman Kota Diponegoro, dan Hutan Kota Chevron. Selain itu jumlah cadangan karbon dari jenis ini menunjukkan nilai yang tinggi dipengaruhi dari jumlah jenis akasia tersebut yang cukup tinggi yaitu 801 batang. Menurut Sutaryo Dadun (2009), biomassa hutan sangat relevan dengan isu perubahan iklim. Biomassa hutan berperan penting dalam siklus biogeokimia, terutama pada silus karbon. Dari keseluruhan karbon hutan, sekitar 50% diantaranya tersimpan dalam vegetasi hutan dan taman kota. Sebagai konsekuensi, jika terjadi kerusakan hutan, kebakaran, dan pembalakan akan menambah jumlah karbon di atmosfer sehingga kualitas lingkungan menjadi menurun. Penerapan konsep hutan kota dan taman kota di dalam perencanaan tata kota akan mengatasi masalah penurunan kualitas lingkungan. Keberadaan hutan kota dan taman kota dengan vegetasi yang ada di dalamnya diharapkan dapat meningkatkan produksi oksigen dan menyaring partikel tercemar di udara sehingga meningkatkan kualitas lingkungan.

Pengembangan Modul Konsep Pemanfaatan Hutan Pada Muatan Lokal Pendidikan Lingkungan Hidup Kelas XI di SMAN 1 Pekanbaru

Hasil penelitian yang didapatkan dikembangkan menjadi bahan ajar berupa unit modul pembelajaran. Langkah pengembangan unit pembelajaran dilakukan menggunakan model pengembangan ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation dan Evaluation*) (Dick Walter and Low Carey, 2005). Namun dalam pengembangan modul ini hanya dilakukan pada tahap *analysis, design dan development*. Pada tahap analisis dilakukan analisis kurikulum, SK, KD yaitu pada KD 1.1. Menjelaskan manfaat hutan bagi masyarakat provinsi Riau, analisis kebutuhan peserta

didik dimana peserta didik membutuhkan bahan ajar yang bersifat kontekstual. Selanjutnya tahap desai, dilakukan perancangan modul dengan format yang sesuai dengan format modul berdasarkan Depdiknas, 2008. Setelah itu dilakukan pengembangan modul, modul dibuat dengan format yang digunakan. Setelah modul dibuat, dilakukan validasi terhadap modul dalam 5 aspek penilaian yaitu aspek isi, bahasa, sajian, kesesuaian dan kegrafisan.

Berdasarkan hasil validasi, secara keseluruhan dari 5 aspek penilaian didapatkan nilai rerata sebesar 4,25 dengan kategori sangat valid. Dalam proses validasi terdapat beberapa perbaikan, yaitu pada aspek sajian pada bagian penyajian peta konsep yang diperbaiki menjadi lebih sistematis dan lebih spesifik. Kemudian pada aspek bahasa, dimana terdapat beberapa kata yang belum sesuai dengan tata bahasa sehingga dapat diperbaiki menjadi lebih tepat lagi. Setelah validasi modul diperbaiki sesuai saran validator. Modul yang telah divalidasi kemudian dilakukan uji coba terbatas pada 10 responden peserta didik SMAN 1 Pekanbaru dengan menggunakan angket uji coba terbatas yang terdiri dari 12 aspek penilaian. Uji coba terbatas dilakukan untuk mengetahui keterpakain modul.

Berdasarkan uji coba terbatas, secara keseluruhan peserta didik yang menjadi responden dalam uji coba terbatas memberikan penilaian dengan kategori baik-sangat baik, hal ini menunjukkan respon yang positif atas modul yang diuji cobakan. Nilai tertinggi dari respon angket yaitu angket yang berkenaan dengan isi Modul yang disajikan sesuai dengan isu lingkungan sekitar yang terjadi (95,00). Hal ini sesuai dengan prinsip pengembangan modul yang dilakukan dengan model Burns yang mengedepankan isu-isu lokal yang terjadi di lingkungan. Sedangkan nilai terendah dari angket respon adalah mengenai aspek modul dapat meningkatkan motivasi responden untuk mempelajarinya (80,00), hal ini sejalan dengan aspek modul menggunakan bahasa yang komunikatif, efektif dan mudah dipahami yang mendapat nilai dengan kategori baik (82,50). Sehingga mempengaruhi motivasi peserta didik dalam mempelajari modul.

Secara keseluruhan seluruh aspek pada angket sudah menunjukkan nilai yang baik dan sangat baik. Hasil respon peserta didik dalam uji coba terbatas menunjukkan nilai 85,42 dengan kategori sangat baik. Modul Pendidikan Lingkungan Hidup yang telah diuji cobakan sudah direvisi sesuai dengan saran dan kekurangan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hutan dan Taman Kota Pekanbaru memiliki 21 famili, 48 jenis dan jumlah keseluruhan pohon sebanyak 3218 individu. Hutan dan Taman Kota Pekanbaru memiliki rerata kerapatan sebesar 500,64 pohon/ha, rerata frekuensi sebesar 7,10, rerata dominansi 9,17 m²/ha dengan jenis *Swietenia macrophylla* (Mahoni) sebagai jenis yang memiliki indeks nilai penting terbesar yaitu 72,27 dan memiliki rerata tingkat keanekaragaman sebesar 1,93 (kategori sedang). Secara keseluruhan total biomassa di Hutan dan Taman Kota Pekanbaru adalah sebesar 651,23 ton dengan total cadangan karbon sebesar 325,692 ton dan tergolong rendah. Modul Manfaat Hutan Kota dan Taman Kota berdasarkan hasil validasi adalah sangat valid dengan rerata sebesar 4,25. Kemudian hasil uji coba terbatas mendapatkan kategori sangat baik dengan rerata 85,42. Oleh karena itu modul ini dapat dijadikan sebagai tambahan referensi untuk materi pemanfaatan hutan pada muatan lokal pendidikan lingkungan hidup kelas XI. Peneliti selanjutnya dapat melakukan penelitian pada tahap selanjutnya yaitu tahap *implementation* dan *evaluation* pada skala lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan K, Rifardi, Suwondo, Fredik S. 2012. Strategi dan Rencana Aksi Provinsi (SRAP) Riau dalam Implementasi REDD+. Badan Pengelola REDD+.
- Badan Lingkungan Hidup Provinsi Riau. 2014. Laporan Penyelenggaraan Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Provinsi Riau Tahun 2014. Pekanbaru.
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Pekanbaru. 2013. RTH Kota Pekanbaru : *Seminar Lingkungan*. Pekanbaru.
- Dahlan EN. 1992. *Hutan Kota untuk Pengelolaan dan Peningkatan Kualitas Lingkungan Hidup*. Asosiasi Pengusahaan Hutan Indonesia. Jakarta
- Departemen Pendidikan Nasional. 2008. *Panduan Pengayaan Bahan Ajar*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Atas. Jakarta.
- Dick Walter and Lou Carey. 2005. *The Systematic Design of Instruction*. Pearson. Boston.
- Hairiah K dan Rahayu S. 2007. Pengukuran Karbon Tersimpan diberbagai Macam Penggunaan lahan. World Agroforestry Center. Bogor.
- Handi S. 2012. Peran Tanaman Karet dalam Mitigasi Perubahan Iklim. *Jurnal Buletin, RISTRI* 3(1) : 79-90. Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar. Bandung.
- Haruni K, Wahyu C.A, Rinaldi I. 2012. *Monograf Model-Model Allometrik untuk Pendugaan Biomassa Pohon Pada Tipe Ekosistem di Hutan Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengayaan Konservasi dan Rehabilitasi. Bogor.
- Indriyanto. 2006. *Ekologi Hutan*. Penerbit PT Bumi Aksara. Jakarta
- Kusmana, S.Sabiham, K.Abe, and H.Watanabe. 1992. An Estimation of Above Ground Biomass of A Mangrove Forest in East Sumatera. Indonesia
- Nova J S, A. Widyastuti, dan E. Yani. 2011. Keanekaragaman Jenis Pohon Pelindung dan Estimasi Penyimpanan Karbon Kota Purwokerto. Jakarta. Hal176-222.
- Nowak, D.J. & D.E.Crane. 2002. Carbon Storage and Sequestration by Urban Trees In The USA. *Enviromental Pollution*.116: 381-389.
- Odum, P. E. 1971. Dasar-Dasar Ekologi. Terjemahan Ir. Thahjono Samingan, M.Sc. Cet. 2. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Pekanbaru dalam angka. 2014.
- Prasetyo, L.B., U. Rosalina, D.Murdiyarto, G.Saito dan H. Tsuruta. 2002. Integrating Remote Sensing and GIS for Estimating Aboveground Biomass and Green House Gases Emission. *CEGIS Newsletter* Vol 1- April 2002.
- Purwanto, Ris Hadi. 2012. *Materi Kuliah Inventore Biomassa Hutan*. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Rahayu SB, B. Lusiana, and MV. Noordwijk. 2007. *Pendugaan Cadangan Karbon di Atas Permukaan Tanah pada Berbagai Sistem Penggunaan Lahan di Kabupaten Nunukan, KalimantanTimur*. World Agroforestry Centre. Bogor
- Sofyan Hadi Lubis, Hadi Susilo Arifin, Ismayadi Samsuudin. 2013. Analisis Cadangan Karbon Pohon Pada Lanskap Hutan Kota di DKI Jakarta. Program Studi Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan. Bogor
- Wissa Harry Pamudji. 2011. Potensi Serapan Karbon Pada Tegakan Akasia. Skripsi. Departmen Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan IPB. Bogor.
- WWF. 2013. Carbon Mapping And InVest Analysis In Kuantan Singingi District, Dharmasraya District And Tebo District. WWF Report. Indonesia.