

**ESTIMASI CADANGAN KARBON PADA PERKEBUNAN
KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq) PTPN XIV
DI LUWU TIMUR**

**ASNIWATI VALENSARI
G 111 09 307**



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
JURUSAN BUDIDAYA PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

**ESTIMASI CADANGAN KARBON PADA PERKEBUNAN
KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq)PTPN XIV
DI LUWU TIMUR**

**Diajukan untuk menempuh Ujian Sarjana
Pada Program Studi Agroteknologi Jurusan Budidaya Pertanian
Fakultas Pertanian
Universitas Hasanuddin**

**ASNIWATI VALENSARI
G 111 09 307**



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
JURUSAN BUDIDAYA PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2013

**ESTIMASI CADANGAN KARBON PADA PERKEBUNAN
KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq) PTPN XIV DI LUWU TIMUR**

ASNIWATI VALENSARI

G111 09 307

Makassar, Agustus 2013

Menyetujui :

Pembimbing I

Pembimbing II

(Prof. Dr. Ir. Laode Asrul, MP)

NIP. 19630307 198812 1 001

(Prof. Dr. Ir. Kaimuddin, M.Si)

NIP. 19730223 200501 2 001

Mengetahui :

**Ketua Jurusan Budidaya Pertanian
Fakultas Pertanian**

(Prof. Dr. Ir. Elkawakib Syam'un, MS.)

NIP. 19560318 198503 1 001

PENGESAHAN

**JUDUL : ESTIMASI CADANGAN KARBON PADA PERKEBUNAN
KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq) PTPN XIV DI
LUWU TIMUR**

NAMA : ASNIWATI VALENSARI

NIM : G 111 09 307

Skripsi ini telah diterima dan dipertahankan pada Hari Jumat, Tanggal 16 Bulan Agustus Tahun 2013 dihadapan pembimbing/penguji berdasarkan Surat Keputusan No. 768/H.04.12.5.1/PP.27/2013, dengan susunan sebagai berikut :

Prof. Dr. Ir. Kaimuddin, M.Si (Ketua/ Anggota) _____

Dr.Ir. Hj. Hernusye Husni, M.Sc (Sekretaris/ Anggota) _____

Prof. Dr. Ir. Laode Asrul, MP (Anggota) _____

Dr. Ir. Abdul Haris Bahrin, M.Si (Anggota) _____

Ir. Asmiaty Sahur, MP (Anggota) _____

**ESTIMASI CADANGAN KARBON PADA PERKEBUNAN
KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq) PTPN XIV
DI LUWU TIMUR**

**ASNIWATI VALENSARI
G 111 09 307**

Makassar, Agustus 2013

Menyetujui :

Pembimbing I

Pembimbing II

**(Prof. Dr. Ir. Laode Asrul, MP)
NIP. 19630307 198812 1 001**

**(Prof. Dr. Ir. Kaimuddin, M.Si)
NIP. 19600512 198903 1 003**

**Mengetahui :
Ketua Jurusan Budidaya Pertanian**

**(Prof. Dr. Ir. Elkawakib Syam'un, MS)
NIP. 19560318198503 1 001**

RINGKASAN

ASNIWATI VALENSARI (G111 09 307). Estimasi Cadangan Karbon Pada Perkebunan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) PTPN XIV Luwu Timur.
Dibimbing oleh **Laode Asrul** dan **Kaimuddin**.

Penelitian ini dilaksanakan di areal perkebunan kelapa sawit PTPN XIV Kabupaten Luwu Timur yang berlangsung pada bulan April 2013. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat emisi CO₂ dan untuk mengestimasi besarnya simpanan karbon dalam tanaman kelapa sawit pada berbagai umur tanaman di PT. Perkebunan Nusantara XIV Kabupaten Luwu Timur sehingga mampu menepis pendapat yang mengatakan bahwa tanaman kelapa sawit merupakan tanaman perusak lingkungan. Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai bahan rekomendasi dalam pengurangan emisi CO₂ dan juga untuk melindungi bumi dari bahaya gas rumah kaca yang marak terjadi akibat terjadinya pemanasan global. Metode pengukuran simpanan karbon pada tanaman kelapa sawit dilakukan dengan metode RaCSA dari ICRAF yang dilakukan dengan mengukur berat kering biomassa di atas permukaan tanah dalam petak 40 m x 40 m. Pengukuran simpanan karbon di atas tanah meliputi karbon yang disimpan dalam biomassa pohon dan serasah guguran tanaman yang ada di permukaan tanah. Biomassa tegakan diperoleh dengan pendekatan allometrik. Hasil pengukuran simpanan karbon pada tanaman kelapa sawit menunjukkan bahwa simpanan karbon semakin meningkat seiring bertambahnya umur tanaman. Total simpanan karbon pada kelapa sawit dan serasah sebesar 3.584,63 ton C ha⁻¹, sedangkan total pengurangan emisi CO₂ sebesar 13.155,79 ton CO₂ ha⁻¹. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa tanaman kelapa sawit bukanlah perusak lingkungan sebab mampu menyimpan karbon dalam jumlah yang cukup besar.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi dengan judul **Estimasi Cadangan Karbon Pada Perkebunan Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq) PTPN XIV di Luwu Timur**.

Tulisan ini merupakan penghargaan khusus buat yang terkasih Ayahanda Iswanto dan Ibunda Agus Meria Poendey, kakek Ps. Poendey dan Nenek Mbonia Laenus, Yusphinus Poendey, serta adikku Fhedy Ridwan Effendi, dan tak lupa Rudi Lestriono yang tak jemu berdoa dan selalu mengasihi serta memberikan semangat juangku. Kalian adalah anugerah terindah yang Tuhan berikan bagiku.

Penulis juga menyadari bahwa pelaksanaan penelitian hingga penyusunan skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Laode Asrul, MP selaku pembimbing I dan Prof. Dr. Ir. Kaimuddin Molle, M.Si selaku pembimbing II, penulis ucapkan terimakasih atas segala arahan dan bimbingan, petunjuk dan dorongan sejak rencana penelitian hingga penyusunan laporan ini.
2. Ketua jurusan Budidaya Pertanian Prof. Dr. Ir. Elkawakib Syam'un, MS yang telah banyak membantu dalam proses penyelesaian studi. Beserta seluruh staf dosen Jurusan Budidaya Pertanian yang telah membimbing penulis selama menuntut ilmu di Jurusan Budidaya Pertanian.

3. Kepada sahabat-sahabatku Nany Prihatini Paidjo dan Nining Nurmalasari atas bantuan dan kerjasamanya dalam suka dan duka mendampingi penulis selama penulis menyelesaikan studi hingga pada penyelesaian skripsi.
4. Kepada teman-teman Keluarga HIMAGRO spesial kepada teman-teman seperjuangan Klimakterik 09 yakni Tika, Desy, Nurfitriani, Nursyamsi, Nahrudin, Isriyani, Lina, St. Nurdiah, Muh. Naim, Reski Nur Awalia, Fahrina, Julian, Sulaiman, A. Safitri Sacita, Ramli, Nur Ilham, Komang, Rasni, Wakifatul, Alfi, Muh. Ilham, Munir, Cakra, A. Faradila, A. Adriyani, Mukarammatul, Yulianti, dan Bayu atas bantuan, doa, dan kebersamaannya.
5. Kepada segenap pihak-pihak yang tidak sempat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak berjasa dan senantiasa membantu penulis dalam menyelesaikan studi di Jurusan Budidaya Pertanian Universitas Hasanuddin .

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kesempurnaan. Penulis mengharapkan skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dalam upaya pengembangan pertanian. Amin.

Makassar, Agustus 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Hipotesis	4
1.3. Tujuan dan Kegunaan	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Klasifikasi dan Morfologi Tanaman Kelapa Sawit	5
2.1.1. Akar	5
2.1.2. Batang	6
2.1.3. Daun	7
2.1.4. Buah	9
2.2. Pemanasan Global dan Gas Rumah Kaca	10
2.3. Biomassa Tanaman	14
2.4. Karbon Tersimpan	15
2.5. Serapan Karbon	17
2.6. Perhitungan Cadangan Karbon	18
BAB III. BAHAN DAN METODE	20
3.1. Tempat dan Waktu	20
3.2. Alat dan Bahan	20
3.3. Metode Penelitian	20
3.3.1. Jenis	20
3.3.2. Metode	20

3.4. Parameter Penelitian	21
3.5. Penetapan Plot Pengamatan	21
3.6. Pengolahan dan Analisis Data	22
3.6.1. Analisis Vegetasi Tanaman	22
3.6.2. Kuantifikasi Karbon Tersimpan Pada Tegakan	23
3.6.3. Kuantifikasi Karbon Tersimpan Pada Serasah	24
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1. Hasil	26
4.1.1. Gambaran Umum Lokasi PTPN XIV Kabupaten Luwu Timur	26
4.1.2. Berat Kering Biomassa Pohon Serta Berat Basah dan Berat Kering Nekromassa Tak Berkayu (Serasah)..	29
4.1.3. Rata-Rata Karbon Tersimpan Pada Pohon Kelapa Sawit dan Nekromassa Tak Berkayu (Serasah)	30
4.1.4. Biomassa Pohon	31
4.1.5. Karbon Tersimpan dan Pengurangan Emisi CO ₂ Tegakan dan Nekromassa Tak Berkayu (Serasah)	32
4.1.6. Total Karbon Tersimpan dan Pengurangan Emisi CO ₂ Per Afdeling	35
4.2. Pembahasan	36
4.2.1. Berat Kering Biomassa Serta Berat Basah dan Berat Kering Nekromassa Tak Berkayu (Serasah)	36
4.2.2. Karbon Tersimpan	37
4.2.3. Biomassa Pohon dan Nekromassa Tak Berkayu	39
4.2.4. Pengurangan Emisi CO ₂ di Udara	40
4.2.5 Karbon Tersimpan dan Pengurangan Emisi Co ₂ Kawasan di PTPN XIV	41

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1. Kesimpulan	47
5.2. Saran	48
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	53

DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Luas Afdeling Perkebunan Kelapa Sawit PT Perkebunan Nusantara XIV (Persero) Kabupaten Luwu Timur	27
2.	Berat Kering Biomassa Pohon	29
3.	Berat Basah dan Berat Kering Subcontoh Nekromassa Tak Berkayu (serasah)	30
4.	Rata-Rata Karbon Tersimpan Pada Pohon Kelapa Sawit	30
5.	Rata – rata Karbon tersimpan per Subcontoh Nekromassa Tak Berkayu (Serasah)	31
6.	Rata-Rata Biomassa Tegakan	31
7.	Rata – rata Biomassa Nekromassa Tak Berkayu	32
8.	Rata – rata Karbon Tersimpan dan Pengurangan Emisi CO ₂ Tegakan	32
9.	Rata – rata Karbon Tersimpan dan Pengurangan Emisi CO ₂ Nekromassa Tak Berkayu (Serasah)	33
10.	Rata – rata Total Karbon Tersimpan dan Pengurangan Emisi CO ₂ Per Afdeling	35
Lampiran		
1.	Data Tinggi Tanaman (cm)	53
2.	Data Diameter Batang (cm)	53
3.	Data Berat Basah Total Nekromassa Tak Berkayu (Serasah)	54
4.	Data Berat Basah Subcontoh Nekromassa Tak Berkayu (Serasah)	54
5.	Data Berat Kering Subcontoh Nekromassa Tak Berkayu (Serasah)	55

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Layout Penelitian	22
2. Peta Lokasi Penelitian	28
3. Pembuatan plot utama (40 m x 40 m)	55
4. Pembuatan Plot 1 m x 1 m	56
5. Pengukuran lingkaran batang untuk kemudian dikonversi menjadi diameter batang	56
6. Kondisi Lahan Pengamatan	57

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan yang terletak di daerah khatulistiwa termasuk wilayah yang sangat rentan terhadap ancaman dan perubahan iklim. Perubahan pola curah hujan, peningkatan frekuensi kejadian iklim ekstrim, kenaikan suhu udara, dan naiknya permukaan air laut merupakan dampak serius perubahan iklim yang dihadapi Indonesia. Beberapa wilayah di Indonesia sudah mengalami pergeseran musim yaitu perubahan awal dan panjangnya musim, tinggi curah hujan dan keragamannya (Direktorat Perlindungan Perkebunan, 2007).

Perubahan iklim merupakan tantangan multidimensi paling serius, kompleks dan dilematis yang dihadapi umat manusia pada abad ke-21 bahkan mungkin hingga abad ke-22. Dampak negatifnya cepat meluas dari tingkat global hingga ke tingkat lokal yang terpencil sekalipun (Prisma, 2010). Sebagai sebuah fenomena global, dampak pemanasan global dirasakan oleh seluruh umat manusia. Isu kenaikan suhu bumi terus mendapat perhatian serius dari bangsa-bangsa di Asia termasuk Indonesia. ***Iklim bumi mengalami perubahan ke arah yang makin buruk. Gejala perubahan ini lebih akrab disebut dengan pemanasan global (global warming), karena indikasi yang sangat nyata yaitu meningkatnya suhu udara rerata permukaan bumi. Definisi perubahan iklim menurut Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) mengacu pada perubahan dalam status iklim yang diidentifikasi pada perubahan rata-rata***

atau variabelitas faktor-faktor yang berkaitan dengan iklim dan tetap berlaku untuk satu periode yang luas dan panjang (Jallow, Bogatac, Bojariu, Hawkins, Diaz, Lee, Allali, Elgizouli, Wratt, Hohmeyer, Griggs, and Leary, 2007).

Untuk mengurangi dampak perubahan iklim, upaya yang dapat dilakukan saat ini adalah meningkatkan penyerapan karbon dan menurunkan emisi karbon (Lasco, 2004 *cit.* Rahayu, Lusiana & Noordwijk, 2006). Peningkatan penyerapan cadangan karbon dapat dilakukan dengan (a) meningkatkan pertumbuhan biomassa hutan secara alami, (b) menambah cadangan kayu pada hutan yang ada dengan penanaman pohon atau mengurangi pemanenan kayu, dan (c) mengembangkan hutan dengan jenis pohon yang cepat tumbuh. Karbon yang diserap oleh tanaman disimpan dalam bentuk biomassa kayu, sehingga cara yang paling mudah untuk meningkatkan simpanan adalah dengan menanam dan memelihara pohon karena didalamnya tersimpan banyak karbon (Rahayu *et al.* , 2006).

Harapan sekarang bertumpu pada agen lain yang sangat intensif menyerap CO₂ yaitu tumbuhan atau tanaman, baik yang hidup di dalam kawasan hutan, di lahan pertanian, perkebunan maupun di tempat - tempat pemukiman, di kota maupun di desa. Para ahli mengawatirkan bahwa kehidupan manusia dan ekosistem alam tidak akan mampu beradaptasi terhadap perubahan iklim yang sangat cepat (Saraswati, 1988).

Hutan primer mempunyai simpanan karbon terbesar terutama dalam biomassa dan nekromassa di bagian atas tanah, mikrobia dan bahan organik tanah. Simpanan karbon di bentang alam dapat ditingkatkan melalui reforestasi dan revegetasi dan melalui praktik-praktik pertanian seperti pembajakan lahan. Berbagai aktivitas ini

dapat menciptakan bentang alam yang beragam dan kompleks yang dapat menyokong keragaman hayati (Laporan Pembangunan Dunia, 2010).

Tanaman merupakan penyerap karbondioksida (CO_2) di udara bahkan beberapa diantara tanaman mempunyai kemampuan besar, untuk menyerap CO_2 . Tanaman dalam kehidupannya sehari-hari melakukan apa yang disebut fotosintesis. Dalam proses fotosintesis ini selain diproduksi zat organik juga dihasilkan gas oksigen. Melalui peningkatan CO_2 di sekitar tanaman dapat menstimulasi berdiffusi lebih banyak kedalam daun sehingga CO_2 internal meningkat dan mendorong laju fotosintesis. Produk fotosintesis menyediakan energi bagi seluruh kehidupan di dunia (Zakaria, 2010).

Pengukuran peran lahan dalam mengurangi gas CO_2 di atmosfer, biasanya dilakukan dengan jalan mengukur simpanan karbon (C) yang terdapat dalam biomassa pohon dan tumbuhan bawah, dalam lapisan organik dan dalam tanah (Hairiah, Sitompul, Noordjik & Palm, 2001; Montagnini dan Nair, 2004), karena pengukuran tersebut relatif lebih sederhana dan mudah dilakukan.

Dalam penelitian ini cadangan karbon diukur pada tanaman kelapa sawit. Hal ini disebabkan oleh karena tanaman kelapa sawit merupakan tanaman dengan sistem pertanaman monokultur yang dianggap tanaman yang tidak ramah lingkungan atau dengan kata lain sebagai perusak lingkungan. Selain itu, tanaman kelapa sawit juga disebut sebagai tanaman yang melakukan emisi karbon nomor 3 di dunia. Oleh karena itu, untuk membuktikan asumsi itu kurang tepat, maka perlu dilakukan estimasi terhadap karbon tanaman kelapa sawit sehingga diperoleh data yang dapat dijadikan dasar pemikiran bahwa tanaman kelapa sawit bukan perusak

lingkungan sekitar, akan tetapi mampu menyimpan karbon yang sangat dibutuhkan oleh tanaman terutama dalam mengatasi masalah pemanasan global.

1.2 Hipotesis

Adapun hipotesis dari penelitian ini adalah :

1. Terdapat perbedaan jumlah biomassa dan karbon tersimpan pada tanaman kelapa sawit pada umur tanaman yang berbeda.
2. Terdapat perbedaan total pengurangan emisi CO₂ pada tanaman kelapa sawit dengan umur tanaman yang berbeda.
3. Terdapat hubungan umur tanaman dengan biomassa dan jumlah karbon tersimpan.

1.3 Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat emisi CO₂ dan untuk mengestimasi besarnya simpanan karbon dalam tanaman kelapa sawit pada berbagai umur tanaman di PT. Perkebunan Nusantara XIV Kabupaten Luwu Timur sehingga mampu menepis pendapat yang mengatakan bahwa tanaman kelapa sawit merupakan tanaman perusak lingkungan.

Kegunaan dari penelitian ini adalah sebagai bahan rekomendasi dalam pengurangan emisi CO₂ dan juga untuk melindungi bumi dari bahaya gas rumah kaca yang marak terjadi akibat terjadinya pemanasan global.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi Dan Morfologi Tanaman Kelapa Sawit

Klasifikasi :

Kingdom : Plantae (Tumbuhan)
Subkingdom : Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
Super Divisi : Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Divisi : Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas : Liliopsida (berkeping satu / monokotil)
Sub Kelas : Arecidae
Ordo : Arecales
Famili : Arecaceae (suku pinang-pinangan)
Genus : *Elaeis*
Spesies : *Elaeis guineensis* Jacq.

Kelapa sawit diklasifikasikan atas perbedaan tipe buah, bentuk luar, tebal cangkang, dan warna buah. Bagian dari kelapa sawit seperti sistem perakaran, batang, daun dan bunga perlu diketahui karena keterkaitannya dengan berbagai bidang baik itu pemupukan, panen dan lain- lain (Vademecum, 2008).

2.1.1 Akar

Akar tanaman kelapa sawit berasal dari pangkal batang dan terdiri dari 4 jenis akar. Akar primer memiliki diameter 8 – 10 mm, panjangnya dapat mencapai 18 m. Akar sekunder memiliki diameter 2 – 4 mm, dengan panjang mencapai 16 m. Akar tersier memiliki diameter 0,75 – 1,5 mm, dengan panjang mencapai 15 m. Akar kwartier memiliki diameter 0,1 – 0,5 mm, dengan panjang

mencapai 1 – 4 m. Akar primer dan sekunder berfungsi menyerap air. Sedangkan tersier dan kwartier berfungsi untuk menyerap nutrisi. Sistem perakaran membentuk sudut siku – siku terhadap jenis akar berikutnya (Lumbangaol, 2011).

Kelapa sawit merupakan tanaman yang memiliki sistem perakaran serabut. Akar pertama yang muncul akar pertama muncul dari biji yang telah tumbuh (kecambah) adalah radikula (bakal akar) dengan panjang dapat mencapai 15 cm, dan dapat juga bertahan sampai 6 bulan. Radikula selanjutnya akan mati dan digantikan oleh akar primer (utama) yang keluar dari bagian bawah batang (bulb) beberapa bulan kemudian. Pemeliharaan akar akan meningkatkan kapasitas absorpsi tanaman (penyerapan unsur hara melalui akar) (Vademecum, 2008).

Penyebaran akar bergantung pada kondisi tanah. Sistem perakaran cenderung tumbuh ke arah bawah, pertumbuhan selanjutnya dibatasi oleh dalamnya permukaan air tanah. Pada tanah yang bertekstur halus, akar sangat rapat, kurang baik bila dibandingkan dengan perkembangan akar pada tanah yang memiliki aerasi baik dan bertekstur longgar. Praktik budidaya tanaman kelapa sawit mempengaruhi penyebaran akar, terutama akar tertier dan kuartier yang berfungsi mengabsorpsi zat hara dari dalam tanah (Anonim, 2009).

2.1.2 Batang

Kelapa sawit merupakan tanaman monokotil, batangnya tidak mempunyai kambium. Batangnya berfungsi sebagai penyangga tajuk serta menyimpan bahan makanan. Batang kelapa sawit berbentuk silinder dengan diameter 20 – 75 cm. tinggi batang dapat bertambah 24 – 25 cm.tahun⁻¹. Jika kondisi lingkungan sesuai, maka tinggi pohon maksimum yang ditanam di perkebunan antara 15 – 18 m,

sedangkan yang di alam mencapai 30 cm. pertumbuhan batang tergantung pada jenis tanaman, kesuburan lahan, dan iklim (Fauzi, Widiasturi, Sastyawibawa, dan Hartono, 2006).

Batang kelapa sawit tumbuh tegak lurus dan pelepah menempel membalut batang. Pada tanaman dewasa diameternya 45 – 60 cm. Bagian batang bawahnya lebih gemuk disebut bongkol bawah. Kecepatan tumbuh berkisar 35 – 37 cm.tahun⁻¹. Sampai tanaman berumur 3 tahun batang belum terlihat karena masih terbungkus pelepah. Tinggi dan tipe pertumbuhan tanaman kelapa sawit dapat dipengaruhi oleh jenis varietasnya. Karena sifatnya phototropi dan heliotrope (menuju cahaya dan arah matahari) maka pada keadaan terlindung, tumbuhnya akan lebih cepat tetapi diameter batang akan lebih kecil (Vademecum, 2008).

Kelapa sawit memiliki batang yang tidak bercabang. Pada pertumbuhan awal setelah fase muda, terjadi pembentukan batang yang melebar tanpa terjadi pemanjangan. Titik tumbuh terletak di pucuk batang dan terbenam di dalam tajuk daun. Pada batang terdapat pangkal pelepah daun yang melekat dan sukar terlepas, meski daun telah mengering atau mati. Pada batang tanaman tua, pangkal pelepah yang tertinggal di batang akan terkelupas, hingga batang kelapa sawit tampak berwarna hitam beruas (Sunarko, 2009).

2.1.3 Daun

Daun terdiri atas tangkai daun (petiole) kedua sisinya terdapat dua baris duri. Tangkai daun bersambung langsung dengan tulang daun utama yang lebih panjang dari tangkai daun. Pada kiri dan kanan tulang daun terdapat anak daun (pinnae). Tiap anak daun terdapat tulang daun (lidi) yang menghubungkan anak

daun dengan tulang daun utama. Pada tanaman kelapa sawit pembentukan daun membutuhkan waktu 4 tahun dari awal pembentukan daun hingga daun menjadi layu secara alami. Pada saat kuncup daun mulai mekar, daun kelapa sawit sudah berumur sekitar 2 tahun dari awal pembentukannya. Kelapa sawit dapat menghasilkan 1-3 daun setiap bulannya, karena bunga betina berasal dari ketiak daun, maka dalam satu pokok kelapa sawit bisa terdapat hingga 18 tandan buah segar pada waktu tertentu (Lumbangaol, 2011).

Tabel 1. Jumlah Pelepah Kelapa Sawit

Umur Tanaman	Jumlah Pelepah per Pokok
4 -8 tahun	56 – 64 pelepah
8 – 12 tahun	48 – 56 pelepah
>12 tahun	40 – 48 pelepah

Sumber : Fauzi, *et al*, 2006

Daun kelapa sawit mirip kelapa yaitu membentuk susunan daun majemuk, bersirip genap dan bertulang sejajar. Daun-daun membentuk satu pelepah yang panjangnya mencapai lebih dari 7,5-9 m. Jumlah anak daun di setiap pelepah berkisar antara 250-400 helai. Daun muda yang masih kuncup berwarna kuning pucat. Pada tanah yang subur, daun cepat membuka sehingga makin efektif melakukan fungsinya sebagai tempat berlangsungnya fotosintesis dan sebagai alat respirasi. Semakin lama proses fotosintesis berlangsung, semakin banyak bahan makanan yang dibentuk sehingga produksi akan meningkat. Daun kelapa sawit yang sehat dan segar berwarna hijau tua (Fauzi, *et al*, 2006).

Daun kelapa sawit memiliki rumus daun $3/8$. Lingkaran atau spiralnya ada yang berputar ke kiri dan kanan tetapi kebanyakan putar kanan. Pengenalan ini

penting diketahui agar kita dapat mengetahui letak daun ke – 9, ke – 17 dan lain – lain. Anak daun yang ditengah dapat mencapai panjang 1,2 m. Berat 1 pelepah dapat mencapai 4,5 kg berat kering.

2.1.4 Buah

Pada umumnya tanaman kelapa sawit yang tumbuh baik dan subur dapat menghasilkan buah serta siap dipanen pertama pada umur sekitar 3,5 tahun. Buah terbentuk setelah terjadi penyerbukan dan pembuahan. Waktu yang diperlukan mulai dari penyerbukan sampai buah matang dan siap panen kurang lebih 5 – 6 bulan. Warna buah tergantung dari varietas dan umurnya. Biasanya perintah panen diberikan berdasarkan jumlah jatuhnya brondolan, yakni 1-2 buah per kg tandan (Fauzi, *et al*, 2006).

Buah kelapa sawit berasal dari bunga betina yang sedang antesis, telah mengalami penyerbukan dari bunga jantan yang sedang antesis. Jika dihitung mundur maka dari awal pembentukan bunga hingga menghasilkan buah membutuhkan waktu kurang lebih 44 bulan. Tahapan – tahapan pembentukan bunga adalah sebagai berikut :

- Inisiasi pembentukan bunga terjadi 44 bulan sebelum matang fisiologis
- Pembentukan perhiasan bunga terjadi 36 bulan sebelum matang fisiologis
- Diferensiasi bunga terjadi 17 bulan sebelum matang fisiologis
- Peka aborsi bunga terjadi 12 bulan sebelum matang fisiologis
- Antesis terjadi 6 bulan sebelum matang fisiologis

Semua tahapan pembentukan bunga tersebut sangat peka terhadap kekeringan. Dapat dikatakan bahwa defisit air dapat menurunkan produksi buah sebanding dengan defisit air yang terjadi (Lumbangaol, 2011).

2.2 Pemanasan Global dan Gas Rumah Kaca

Di Indonesia, fenomena dampak pemanasan global dan perubahan iklim ditunjukkan dengan adanya berbagai peristiwa bencana alam yang terus meningkat seperti kekeringan, banjir, kebakaran hutan, tanah longsor, berkurangnya luas areal hutan dan pertanian, pengurangan keanekaragaman hayati, penurunan kuantitas dan kualitas sumber daya air. Sebagian sinar matahari yang masuk ke bumi dipantulkan ke angkasa, dan secara alami akan diserap oleh gas-gas atmosfer yang menyelimuti bumi. Sinar itu pun kemudian terperangkap di bumi. Situasi ini juga terjadi di dalam rumah kaca yaitu pada saat panas yang masuk terperangkap di dalamnya dan menghangatkan seisi rumah kaca tersebut. Akibatnya, semakin banyak sinar yang terperangkap di dalam bumi (Jallow *et al.*, 2007).

Pemanasan global diartikan sebagai kenaikan temperatur muka bumi yang disebabkan oleh efek Gas Rumah Kaca (GRK) dan berakibat pada perubahan iklim. Tingkat kegawatan perubahan iklim global ini tercatat dalam dokumen Protocol Kyoto dan *United Nation Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) yang menekankan pentingnya usaha kearah pengurangan emisi CO₂ di atmosfer. Demikian halnya dalam konferensi PBB tentang pembangunan dan lingkungan hidup atau *United Nation Conference on Environment and Development* (UNCED) pada tahun 1992 di Rio Janeiro Brazil, di mana menghasilkan dua deklarasi umum yang salah satu di antaranya juga menekankan bagaimana upaya mengurangi perubahan iklim global (Yusuf, 2008).

Gas rumah kaca adalah gas-gas di atmosfer yang dapat menimbulkan perubahan dalam kesetimbangan radiasi sehingga mempengaruhi suhu atmosfer bumi. Gas-gas tersebut dinamakan gas rumah kaca karena kemampuannya dalam menyerap dan memantulkan kembali radiasi gelombang panjang yang bersifat panas seperti yang dilakukan oleh kaca, sehingga menimbulkan efek pemanasan yang disebut efek rumah kaca (Widianto, Hairiah, Suhardjito dan Sardjono, 2003).

Hasil pengamatan para ahli bahwa perubahan iklim disebabkan oleh emisi gas rumah kaca (GHGs) melalui aktivitas *anthropogenic* termasuk perubahan penggunaan lahan, deforestasi, pembakaran biomasa, pengeringan lahan basah, pengolahan tanah, dan pembakaran bahan bakar fosil. Akibatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer dan kekuatan radiasinya meningkat dengan tajam sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk, tetapi khususnya sejak digalakkannya revolusi industri sekitar tahun 1850. Konsentrasi CO₂ telah meningkat sebesar 31% yaitu dari 280 ppmv pada tahun 1850 menjadi 380 ppmv pada tahun 2005, dan sekarang terjadi peningkatan 1.7 ppmv/tahun atau 0,46%/tahun (WMO, 2006; IPCC, 2007 dalam Lal, 2007). Pada periode yang sama konsentrasi gas metana (CH₄) dan nitrogen oksida (N₂O) juga meningkat.

Pertanian dan perubahan penggunaan lahan menyumbang sekitar 20 % emisi CO₂ ke atmosfer (Dumanski and Lal, 2004 dalam Hutchinson, *et al.*, 2007). Rata-rata kandungan karbon organik tanah belum terganggu pada lapisan permukaan sedalam 30 cm diseluruh dunia diperkirakan sebesar 15 Mg/ha. Dengan demikian apabila tanah tersebut diolah dan ditanami selama 20 tahun periode pertama maka sebanyak 20-30% karbonnya akan dilepas ke atmosfer

untuk daerah sedang dan 50-75% untuk daerah tropika (Dumanski and Lal, 2004 dalam Hutchinson *et al.*, 2007).

Perubahan iklim berubah secara perlahan tapi pasti. Fenomena yang terjadi di bumi lalu dinamakan efek rumah kaca, sedangkan gas-gas penyerap sinar disebut gas rumah kaca. Perubahan iklim global yang terjadi akhir-akhir ini disebabkan karena terganggunya keseimbangan energi antara bumi dan atmosfer. Saat ini konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) sudah mencapai tingkat yang membahayakan iklim bumi dan keseimbangan ekosistem (Hairiah dan Rahayu, 2007).

Konsentrasi Gas Rumah Kaca di atmosfer meningkat karena adanya pengelolaan lahan yang kurang tepat, antara lain adanya pembakaran vegetasi hutan dalam skala luas pada waktu yang bersamaan dan adanya pengeringan lahan gambut. Kegiatan-kegiatan tersebut umumnya dilakukan pada awal alih guna lahan hutan menjadi lahan perkebunan. Kebakaran hutan dan lahan serta gangguan lahan lainnya telah menempatkan Indonesia dalam urutan ketiga negara penghasil emisi CO₂ terbesar di dunia (Rahayu, 2007).

Menurut Murdiarso (2004) gas rumah kaca penting yang menyebabkan pemanasan global adalah karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), dan nitrous oksida (N₂O). Di antara ketiga gas tersebut kontribusi terbesar terhadap pemanasan global adalah CO₂, yaitu 55%. Untuk itu pengurangan CO₂ di atmosfer sangat penting dilakukan, sebab kenaikan suhu bumi akan berakibat pada perubahan pola hujan yang selanjutnya menyebabkan terjadinya banjir, kekeringan maupun kenaikan permukaan laut sebagai akibat mencairnya es di daerah kutub.

Salah satu faktor yang dapat menurunkan akumulasi CO₂ di atmosfer adalah penyerapan oleh vegetasi. Hutan yang mempunyai komposisi vegetasi yang beragam dapat bertindak sebagai pembersih udara dengan memanfaatkan CO₂ di udara dan digunakan dalam proses fotosintesis (Foley, 1993). Hutan di Indonesia cukup luas, maka Indonesia diharapkan mampu berperan sebagai paru – paru bumi. Namun demikian perlu diingat bahwa walaupun hutan di Indonesia cukup luas, laju deforestasi dari tahun ke tahun juga meningkat.

Hasil studi memperlihatkan bahwa pemanasan nampaknya akan lebih cepat terjadi di atas daratan ketimbang di laut terbuka. Laut yang lebih dingin ini kemudian akan menyerap panas tambahan yang terjadi sehingga menurunkan panas atmosfer. Perlambatan yang dihasilkan oleh laut ini dengan demikian tidak akan membuat bumi akan menjadi lebih panas secara penuh 1,5-4,5°C walaupun konsentrasi CO₂ akan berlipat ganda atau lebih. dan GRK lainnya akan menambah pemanasan tersebut. Prediksi lanjut adalah suatu pemanasan sebesar 1,0-3,5°C akan terjadi pada 2100. (3) Terakhir baru saja dokumen IPCC Working Group 1 (IPCC Working Group 2; 2001) mengatakan bahwa diproyeksikan untuk range skenario yang ada akan terjadi kenaikan suhu rerata permukaan terhadap keadaan 1990 sebesar 1,4-5,8°C sampai tahun 2100 dengan keragaman berbeda secara regional.

2.3 Biomassa Tanaman

Biomassa tanaman merupakan hasil dari proses pertumbuhan tanaman selama periode tertentu pada satuan luas tertentu. Dengan demikian biomassa suatu jenis tanaman dipengaruhi oleh pertumbuhan jenis tanaman tersebut (Woesono, 2002).

Biomassa tanaman merupakan ukuran yang paling sering digunakan untuk menggambarkan dan mempelajari pertumbuhan tanaman. Hal tersebut didasarkan atas kenyataan bahwa taksiran biomassa (berat) tanaman relatif mudah diukur dan merupakan integrasi dari hampir semua peristiwa yang dialami tanaman sebelumnya. Sehingga parameter ini merupakan indikator pertumbuhan yang paling representatif apabila tujuan utamanya adalah untuk mendapatkan penampilan keseluruhan pertumbuhan tanaman atau organ tertentu. Berat segar dapat digunakan untuk menggambarkan biomassa tanaman apabila hubungan berat segar dengan berat kering linier. Tetapi karena kandungan air dari suatu jaringan atau keseluruhan tubuh tanaman berubah dengan umur dan dipengaruhi oleh lingkungan yang jarang konstan, suatu hubungan yang linier di antara kedua bagian ini untuk seluruh massa pertumbuhan tanaman dapat tidak linier (Sitompul dan Guritno, 1995).

Berkenaan dengan upaya pengembangan lingkungan bersih, maka jumlah CO₂ di udara harus dikendalikan dengan jalan meningkatkan jumlah serapan CO₂ sebanyak mungkin. Jumlah karbon tersimpan dalam setiap penggunaan lahan tanaman, serasah dan tanah, biasanya disebut juga sebagai cadangan karbon (Hairiah dan Rahayu, 2007).

Di permukaan bumi ini, kurang lebih terdapat 90% biomassa yang terdapat dalam hutan berbentuk pokok kayu, dahan, daun, akar dan sampah hutan (serasah), hewan dan jasad renik. Biomassa ini merupakan hasil fotosintesis berupa selulosa, lignin, gula, lemak, pati, protein, damar, fenol dan senyawa lainnya. Begitu pula unsur hara, Nitrogen, Fosfor, Kalium dan berbagai unsur lain yang dibutuhkan tumbuhan melalui perakaran. Biomassa inilah merupakan kebutuhan makhluk di atas bumi melalui mata rantai antara

binatang dan manusia dalam proses kebutuhan CO_2 yang diikat dan O_2 yang dilepas (Arief, 1994). Banyaknya materi organik yang tersimpan dalam bentuk biomassa tanaman per unit luas dan per unit waktu merupakan pokok dari produktivitas tanaman (Heriansyah, 2005).

2.4 Karbon Tersimpan

Karbon merupakan salah satu unsur yang mengalami daur dalam ekosistem. Mulai dari karbon yang ada di atmosfer berpindah melalui tumbuhan hijau (produsen), konsumen dan organisme pengurai kemudian kembali ke atmosfer dan di atmosfer karbon terikat dalam bentuk senyawa karbon dioksida (CO_2) (Indriyanto, 2006).

Tumbuhan memerlukan sinar matahari, air (H_2O) dan gas asam arang (CO_2), melalui proses fotosintesis, CO_2 di udara diserap oleh tanaman dan diubah menjadi karbohidrat, kemudian disebarkan ke seluruh tubuh tanaman dan akhirnya ditimbun dalam tubuh tanaman berupa daun, batang, ranting, bunga dan buah. Proses penimbunan C dalam tubuh tanaman hidup dinamakan proses sekuestrasi (*C-sequestration*). Dengan demikian mengukur jumlah C yang disimpan dalam tubuh tanaman hidup (biomassa) pada suatu lahan dapat menggambarkan banyaknya CO_2 di atmosfer yang diserap oleh tanaman (Hairiah dan Rahayu, 2007).

Penimbunan karbon dapat dilakukan dengan dua cara yaitu : (1) di bawah tanah atau penyimpanan air tanah, (2) penyimpanan di dalam tumbuhan hidup (biomassa). Kombinasi karbon dari CO_2 dengan hidrogen diperlukan untuk membentuk gula sederhana yang disimpan di dalam jaringan. Setelah tanaman mati maka tubuhnya akan terurai dan melepaskan CO_2 . Pelepasan karbon ke atmosfer akibat konversi hutan berjumlah sekitar $250 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ C}$ ($\text{Mg} = \text{mega gram} = 10^6 \text{ g} = \text{ton}$) yang terjadi selama penebangan dan pembakaran walaupun penyerapan kembali karbon menjadi tanaman

perkebunan relatif lambat hanya sekitar 5 Mg ha⁻¹ C dalam hal lain ragam tanaman penutup tanah pada tegakan tanaman perkebunan dapat mensupplay ketersediaan unsur nitrogen didalam tanah dan tanaman yang dapat dipergunakan oleh tanaman disampingnya untuk proses pertumbuhan. Berbagai tanaman menyerap CO₂ dari udara selama proses fotosintesis untuk menghasilkan makanan (Hairiah dan Rahayu, 2007).

Penimbunan emisi karbon dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut : (a) mempertahankan cadangan karbon yang telah ada dengan cara mengelola hutan lindung, mengendalikan deforestasi, menerapkan praktek silvikultur yang baik, mencegah degradasi lahan gambut dan memperbaiki pengelolaan cadangan bahan organik tanah, (b) meningkatkan cadangan karbon melalui penanaman tanaman berkayu, (c) mengganti bahan bakar fosil dengan bahan bakar yang dapat diperbaharui secara langsung maupun tidak langsung (angin, biomasa, aliran air), radiasi matahari, atau aktivitas panas bumi. Cadangan karbon pada suatu sistem penggunaan lahan dipengaruhi oleh jenis tegakannya. Suatu sistem penggunaan lahan yang terdiri dari pohon dengan spesies yang mempunyai nilai kerapatan kayu tinggi, biomasanya akan lebih tinggi bila dibandingkan dengan lahan yang mempunyai spesies dengan nilai kerapatan tanaman rendah (Hairiah dan Rahayu *et al*, 2007).

Komponen cadangan karbon daratan terdiri dari cadangan karbon di atas permukaan tanah, cadangan karbon di bawah permukaan tanah dan cadangan karbon lainnya. Cadangan karbon di atas permukaan tanah terdiri dari tanaman hidup (batang, cabang, daun, tanaman menjalar, tanaman epifit, dan tumbuhan bawah) dan tanaman mati (pohon mati tumbang, pohon mati berdiri, daun, cabang, ranting, bunga, buah yang gugur dan arang sisa pembakaran). Cadangan karbon di bawah permukaan tanah meliputi akar tanaman hidup maupun mati, organisme tanah dan bahan organik tanah.

2.5 Serapan Karbon

Kebanyakan CO_2 di udara dipergunakan oleh tanaman selama fotosintesis dan memasuki ekosistem melalui serasah tanaman yang jatuh dan akumulasi C dalam biomasa (tajuk) tanaman. Separuh dari jumlah C yang diserap dari udara bebas tersebut diangkut ke bagian akar berupa karbohidrat dan masuk ke dalam tanah melalui akar – akar yang mati (Hairiah, 2001).

Ada 3 pool utama pemasok C ke dalam tanah adalah: (a) tajuk tanaman, pohon dan tanaman semusim yang masuk sebagai serasah dan sisa panen; (b) akar tanaman, melalui akar – akar yang mati, ujung – ujung akar, eksudasi akar dan respirasi akar; (c) biota. Serasah dan akar – akar mati yang masuk ke dalam tanah akan segera dirombak oleh biota heterotrop, dan selanjutnya memasuki pool bahan organik tanah. Sementara kehilangan C dari dalam tanah dapat melalui (a) respirasi tanah, (b) respirasi tanaman, (c) terangkut panen, (d) dipergunakan oleh biota, (e) erosi (Hairiah, 2001).

Proses fotosintesis dan respirasi tanaman merupakan fungsi dari berbagai variabel lingkungan dan tanaman, termasuk diantaranya adalah radiasi matahari, temperatur dan kelembaban udara dan tanah, ketersediaan air dan hara, luas daun, lapisan ozon di udara dan polutan lainnya. Dengan demikian perubahan iklim akan berpengaruh kepada tanaman melalui berbagai jalan. Laju fotosintesis mungkin akan berkurang karena matahari tertutup awan tebal, tetapi ada kemungkinan juga akan meningkat karena konsentrasi CO_2 di udara meningkat. Semua proses yang berhubungan dengan respirasi umumnya sensitif terhadap peningkatan suhu, terutama akar – akar halus dan organism heterotropik dalam tanah. Meningkatnya temperatur tanah maka dalam waktu singkat akan diikuti

oleh meningkatnya laju mineralisasi bahan organik tanah (BOT) dan pelepasan hara ke dalam tanah. Hal tersebut mendorong terjadinya kembali proses fotosintesis, meningkatnya luas permukaan daun, sehingga meningkatkan pertumbuhan tanaman (Noor, 2001).

2.6 Perhitungan Cadangan Karbon

Persamaan alometrik merupakan persamaan yang menghubungkan dimensi-dimensi dari pohon dengan nilai biomassa pohon. Setiap tanaman yang berbeda akan memiliki pola yang berbeda untuk membentuk persamaan alometrik ini. Khusus untuk kelapa sawit, perhitungan biomasanya menggunakan persamaan alometrik berdasarkan pendekatan tinggi totalnya, yakni $BK = 0,0976H(m) + 0,0706$. Hasil dari biomassa pohon dinyatakan dalam kg/pohon (Dewi, Khasanah, Rahayu, Ekadinata and Noordwijk, 2009).

Konsentrasi karbon dalam bahan organik biasanya sekitar 46%, oleh karena itu estimasi jumlah karbon tersimpan per komponen dapat dihitung dengan mengalikan total berat massanya dengan konsentrasi karbon, sebagai berikut :

$$K = \text{Berat Kering Biomassa (kg/ha)} \times 0,46$$

Potensi penyerapan CO_2 diperoleh melalui perhitungan konversi kandungan unsur karbon terhadap besarnya serapan CO_2 , maka perhitungan dilakukan berdasarkan 1 juta metrik ton karbon ekuivalen dengan 3,67 juta metrik ton CO_2 (Murdiyarso, 2004), sehingga besarnya serapan CO_2 pada dimensi pertumbuhan pohon tiap hektarnya dapat diketahui. Dengan demikian melalui konversi luas area, maka potensi tegakan dalam menyerap CO_2 dapat dihitung dan diketahui, berikut rumus yang digunakan, yaitu :

dimana :

$$W\text{CO}_2 = W_u \times 3,67$$

$W\text{CO}_2$: Banyaknya CO_2 yang diserap (ton)