

ANALISIS POTENSI TEGAKAN BAMBU PARRING (*Gigantochloa atter*)
SEBAGAI PENYERAP DAN PENYIMPAN KARBON

(Studi Kasus Pengelolaan Hutan Bambu Rakyat di Tanralili Kabupaten
Maros)

ANALYSIS OF STAND POTENTIAL OF THE BAMBOO PARRING
(*Gigantochloa atter*) AS THE CARBON STOCK AND SEQUESTRATION

(The Case Study Of The Community Bamboo Forest Management On
Tanralili, Maros Regency)

BAHARUDDIN
P0100308021



PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR

2013

ANALISIS POTENSI TEGAKAN BAMBU PARRING (*Gigantochloa atter*)
SEBAGAI PENYERAP DAN PENYIMPAN KARBON

(Studi Kasus Pengelolaan Bambu Hutan Bambu Rakyat di Tanralili
Kabupaten Maros)

Disertasi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Doktor

Program Studi

Ilmu Pertanian

Disusun dan Diajukan oleh

BAHARUDDIN

Kepada

PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013

Disertasi

ANALISIS POTENSI TEGAKAN BAMBU PARRING (*Gigantochloa atter*)
SEBAGAI PENYERAP DAN PENYIMPAN KARBON

(Studi Kasus Pengelolaan Hutan Bambu Rakyat di Tanralili Kabupaten
Maros)

ANALYSIS OF STAND POTENTIAL OF THE BAMBOO PARRING
(*Gigantochloa atter*) AS THE CARBON STOCK AND SEQUESTRATION

(The Case Study Of The Community Bamboo Forest Management On
Tanralili, Maros Regency)

Disusun dan Diajukan Oleh

BAHARUDDIN

Nomor Pokok P0100308021

Menyetujui
Komisi Penasihat,

Prof. Dr. Ir. H. Djamal Sanusi
(Promotor)

Prof. Dr. Ir. Daud Malamassam, M.Agr
(Kopromotor)

Prof. Dr. Ir. Kaimuddin M.S
(Kopromotor)

Mengetahui
Plt. Ketua Program Studi S3 Ilmu Pertanian

Prof. Dr. Ir. Mursalim

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah :

Nama : BAHARUDDIN

Nomor Pokok : P0100308021

Program Studi : Ilmu Pertanian

Dengan ini menyatakan bahwa isi dari disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri dan belum pernah dilakukan penelitian dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk telah saya nyatakan dengan benar

Makassar,
Desember 2013

Baharuddin

PRAKATA

Syukur Alhamdulillah penulis ucapkan kepada Allah SWT, atas selesainya disertasi ini dengan judul Analisis Potensi Tegakan Bambu Parring (*Gigantohloa atter*) Sebagai Penyerap dan Penyimpan Karbon (Studi Kasus Pengelolaan Hutan Bambu Rakyat di Tanralili Kabupaten Maros). Penulisan disertasi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Doktor Bidang Ilmu Pertanian pada Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar.

Disertasi ini berkenaan tentang model penduga biomassa, serapan CO₂ dan cadangan karbon bambu parring (*Gigantochloa atter*), walaupun analisis secara statistik menyatakan bahwa semua model penduga merupakan penduga tidak bias artinya dapat digunakan. ***Namun seperti yang dikatakan oleh Alexey Voinov bahwa Sebuah model adalah penyederhanaan realitas (A model is a simplification of reality) dan Albert Einstein menyatakan bahwa: Penjelasan terbaik adalah sesederhana mungkin, tetapi tidak ada yang lebih sederhana (The best explanation is as simple as possible, but no simpler), oleh William Deming menyatakan bahwa Semua model salah ... Beberapa model bermanfaat (All models are wrong ... Some models are useful).***

Disertasi ini tersusun atas keterlibatan berbagai pihak dengan tulus dan ikhlas sehingga pada kesempatan yang sangat baik ini saya menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya dan ucapan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada yang terhormat :

Bapak Prof. Dr. Ir. Djamal Sanusi, selaku ketua Tim Promotor dengan penuh keikhlasan memberikan bimbingan, perhatian dan sumbangan pemikiran untuk suatu tujuan yang mulia sehingga diperoleh karya ilmiah ini. Bapak Prof. Dr. Ir. Daud Malamassam, M.Agr., selaku Ko-Promotor memberikan masukan, arahan, dan pemikiran yang sangat berharga sehingga karya ilmiah ini dapat tersusun dengan baik. Kepada bapak Prof. Dr. Ir. Kaimuddin, M.S. atas bimbingan, arahan dan perhatiannya sehingga penulis mendapatkan motivasi untuk menyelesaikan disertasi ini.

Doa untuk kedua orang tua (alm) kami sekeluarga semoga mendapat lindungan dari ALLAH SWT., dan kepada ibunda yang masih sempat bersama kami semoga diberi kesehatan dan kekuatan. Kepada isteri dan anak tercinta yang dalam suasana suka dan duka serta doanya ikut mendukung sepenuhnya sehingga disertasi ini dapat terselesaikan semoga disertasi ini memberikan manfaat yang berarti bagi kehidupan umat manusia.

Akhirnya penulis haturkan terima kasih kepada Bapak Rektor Universitas Hasanuddin, Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin dan Dekan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin atas izin dan fasilitas yang telah diberikan.

Makassar, Agustus 2013

Baharuddin

ABSTRAK

BAHARUDDIN: *Analisis Potensi Tegakan Bambu Parring (Gigantohloa atter) sebagai Penyerap dan Penyimpan Karbon: Studi Kasus Pengelolaan Hutan Bambu Rakyat di Tanralili Kabupaten Maros.* (dibimbing oleh Djamal Sanusi, Daud Malamassam, dan Kaimuddin.

Penelitian ini bertujuan, menghitung potensi, biomassa, kadar karbon serapan CO₂ dan cadangan karbon, menentukan model pendugaan biomassa terbaik sebagai dasar dalam perhitungan potensi serapan karbon bambu. Penelitian ini dilaksanakan di Kecamatan Tanralili Kabupaten Maros Provinsi Sulawesi Selatan. Pengambilan data dilakukan dengan metode survey, pengukuran dan pengambilan sampel lapangan, dan analisis laboratorium. Analisis model penduga biomassa menggunakan software SPSS for Windows Versi 20. IBM. Analisis biomassa bambu dan kadar karbon dilakukan dengan menggunakan Metode ASTM D1110-56 ASTM D 2016; ASTM D1105-9; ASTM D 1104-56, ASTM D1103-60 ASTM D110-84, ASTM, TAPPI T268 OM 88. Persiapan contoh uji untuk analisis komponen kimia (TAPPI T-257 os 76), dan Penentuan komponen pati (metode titrasi). Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi total tegakan bambu parring sebanyak 4600 batang per ha, jumlah rumpun 192 per ha, serta 24 batang per rumpun. Maksimum yang dapat dipanen sehingga diperoleh hutan bambu yang lestari dan berkelanjutan adalah 1822 batang per ha per tahun. Pengelolaan hutan bambu rakyat tidak menerapkan konsep kelestarian. Biomassa dan cadangan karbon bambu parring sebesar 64.07 dan 31.50 ton per ha dengan serapan karbon dioksida sebesar 31.33 ton per ha per tahun. Model penduga terbaik dalam pendugaan biomassa bambu parring adalah model allometrik dengan penduga diameter dengan model persamaan $W = aD^b$, diformulasikan $W = 0,348 \times D^{1,830}$ yang merupakan penduga tak bias. Kadar karbon bambu parring berdasarkan analisis komponen kimia adalah 49.17%. Model penduga terbaik cadangan karbon adalah model allometrik dengan model persamaan $W = aD^b$, diformulasikan $W = 0,171 \times D^{1,831}$ yang merupakan penduga tak bias.

ABSTRACT

Baharuddin. Analysis Of Stand Potential Of The Bamboo Parring (*Gigantochloa atter*) As The Carbon Stock And Sequestration: The Case Study Of The Community Bamboo Forest Management On Tanralili, Maros Regency. (Supervised by Djamal Sanusi, Daud Malamassam, and Kaimuddin).

This research aimed, to calculate the bamboo potential, the bamboo biomass, the CO₂ sequestration and stock carbon, . To estimate the best biomass estimation model as basis in the potential calculation of the CO₂ sequestration and carbon stock. This research conducted on Tanralili subdistrict of Maros Regency of South Sulawesi Province. The collecting data conducted with the survey method, measuring and the field sample interpretation, and also to be conducted the laboratorium analysis, respectively. The biomass model analysis used SPSS for Windows Versi 20. IBM. The analysis of the fix carbon and bamboo biomass conducted with ASTM D1110-56 ASTM D 2016; ASTM D1105-9; ASTM D 1104-56, ASTM D1103-60 ASTM D110-84, ASTM, TAPPI T268 OM 88 methods. The preparing test example to the chemistry component analysis (TAPPI T-257 os 76), and determining of the starch component (titration method). The research outcome was acquired the total bamboo parring stand potential about 4600 culms per ha with the number clump 192 per ha, and also quantity culms every clump about 24 culms. The Number maximum bamboo culms can be harvested from the people forestry until be acquired the eternal bamboo forest and sustainable (maximum sustainable yield) were 1822 culms per ha one year. Managing the people bamboo forest on didn't apply the sustainable management concept until need be managed with well. Biomass potential and the stock carbon about 64.07 and 31.50 ton per ha with dioxide carbon spare about 31.33 ton per ha a year. The best estimation model with diameter in $W = aD^b$ with model be formulated $W = 0,348 \times D^{1,830}$ weren't bias. The carbon content of bamboo parring for each to the measure based on the chemistry component analysis method was 49.17%. The best estimation model in stock carbon with diameter in $w = aD^b$ with one be formulated $w = 0,171 \times D^{1,831}$ wasn't bias.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGANTAR.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	iv
PRAKATA	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Kegunaan Penelitian	6
E. Ruang Lingkup Penelitian	6
F. Novelty (Kebaruan)	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Sumberdaya Hutan beserta Fungsi dan Manfaatnya ...	8

	B. Peranan Hutan beserta Dampaknya terhadap Lingkungan Global	8
	C. Hutan Rakyat	11
	D. Biomassa dan Metode Pengukurannya	20
	E. Deskripsi dan Klasifikasi Bambu Parring	40
	F. Kerangka Pikir	34
	G. Defenisi Operasional	45
BAB III	METODE PENELITIAN	46
	A. Waktu dan Tempat Penelitian	46
	B. Alat dan Bahan	46
	C. Jenis Data	47
	D. Pelaksanaan Penelitian	48
	E. Analisis Data	59
BAB IV	KEADAAN UMUM LOKASI PENELITIAN	67
	A. Letak dan Luas	67
	B. Kondisi Biofisik	69
BAB V	HASIL DAN PEMBAHASAN	71
	A. Potensi Tegakan Bambu Parring	71
	B. Kadar Air Bambu Parring	79
	C. Komponen Kimia dan Kadar Karbon Bambu Parring	81
	D. Model Penduga Biomassa	85
	E. Validasi Model Penduga Biomassa	87

F. Potensi Biomassa dan Cadangan Karbon Bambu Parring	88
G. Potensi Serapan CO ₂	91
H. Biomassa dan Cadangan Karbon Batang Bambu Parring	92
I. Model Hubungan Diameter dan Tinggi dengan Biomassa	93
J. Model Hubungan Diameter dan Tinggi dengan Cadangan Karbon	99
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	103
A. Kesimpulan	103
B. Saran	104
DAFTAR PUSTAKA	105
LAMPIRAN	117

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Tegakan Bambu Berumpun (simpodial)	15
Gambar 2. Pola Serapan Karbon Bersih Tahunan Dengan Pola Panen Teratur Dalam Siklus 60 Tahun	26
Gambar 3. Kerangka Pemikiran Analisis Potensi, Pengelolaan dan Serapan Karbon Hutan Bambu Rakyat di Kecamatan Tanralili Kabupaten Maros	44
Gambar 4. Kerangka Kerja Penelitian Analisis Potensi Tegakan Bambu Serta Peranannya sebagai Penyerap CO ₂ dan Penyimpan Karbon Hutan Rakyat Bambu di Kecamatan Tanralili Kabupaten Maros	48
Gambar 5. Alur penentuan model terpilih	66
Gambar 6. Peta Penyebaran Tegakan Bambu di Kecamatan Tanralili Kabupaten Maros	68
Gambar 7. Grafik Jumlah Anakan dan Jumlah Batang Bambu setelah Dipanen	73
Gambar 8. Rumpun Bambu dengan Komposisi Umur Kurang 1 Tahun Dan 1 Tahun	74
Gambar 9. Potensi Tegakan Bambu Berdasarkan Kelas Umur	75
Gambar 10. Penebangan Bambu dengan Umur 1 Tahun yang lebih banyak	77
Gambar 11. Rumpun Bambu yang tidak Dilakukan Penebangan Jumlah Anakan Sedikit	78
Gambar 12. Rumpun Bambu yang Dilakukan Penebangan Jumlah Anakan Banyak	79
Gambar 13. Kadar Air Basah Tiap Bagian Bambu Parring	81
Gambar 14. Grafik Sebaran Hubungan Diameter Bambu (cm) dengan Biomassa (Kg)	86
Gambar 15. Diagram Pencar Hubungan Diameter dengan Biomassa Total Bambu Parring	96

Gambar 16. Diagram Pencar Hubungan Tinggi dengan Biomassa Total Bambu Parring	96
Gambar 17. Diagram Pencar Hubungan Diameter dengan Cadangan Karbon bambu Parring	100
Gambar 18. Diagram Pencar Hubungan Tinggi dengan Cadangan Karbon bambu Parring	100

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Persentase Karbon Yang Terkandung Dalam Setiap Komponen Kimia Penyusun Bambu	65
Tabel 2. Potensi Tegakan Bambu Parring pada Hutan Rakyat di Kecamatan Tanralili, Kabupaten Maros	75
Tabel 3. Persentase Komponen Kimia Bambu Parring	82
Tabel 4. Kadar Karbon Bambu Parring Berdasarkan Analisis Komponen Kimia	84
Tabel 5. Model Penduga Biomassa Bagian-Bagian Bambu Parring	87
Table 6. Validasi Model Penduga Biomassa Bambu Parring	88
Tabel 7. Potensi Biomassa dan Cadangan Karbon Tegakan Bambu Parring pada Hutan Rakyat di Kecamatan Tanralili, Kabupaten Maros	90
Tabel 8. Potensi Serapan CO ₂ Tegakan Bambu Parring pada Hutan Rakyat di Kecamatan Tanralili, Kabupaten Maros	92
Tabel 9. Biomassa, Cadangan Karbon dan Serapan Karbon Total Bambu Parring	95
Tabel 10. Penduga Parameter Model Hubungan Diameter dan Biomassa Bambu Parring	96
Tabel 11. Validasi Penduga Model Hubungan Tinggi dan Diameter Bambu Parring	98
Tabel 12. Uji Bias Model Penduga Biomassa Bambu Parring	99
Tabel 13. Penduga Parameter Model Hubungan Diameter dan Cadangan Karbon Bambu Parring	101
Tabel 14. Validasi Penduga Model Cadangan Karbon Hubungan Tinggi dan Diameter Bambu Parring	102
Tabel 15. Uji Bias Model Penduga Cadangan Karbon Bambu Parring	102

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Hasil Analisis Luas Areal Hutan Rakyat Bambu di Kecamatan Tanralili Kabupaten Maros	118
Lampiran 2. Data Hasil Inventarisasi Potensi Tegakan Bambu Kecamatan Tanralili Kabupaten Maros	128
Lampiran 3. Kondisi Rumpun Setelah Penebangan	138
Lampiran 4. Hasil Perhitungan Kadar Air Bambu Parring	139
Lampiran 5. Hasil Perhitungan Biomassa Kering Bambu Parring	140
Lampiran 6. Hasil Perhitungan Biomassa Model	142
Lampiran 7. Hasil Analisis Komponen Kimia Bambu Parring	144
Lampiran 8. Hasil Analisis Komponen Kimia Bambu Parring	145
Lampiran 9. Hasil Perhitungan Cadangan Karbon Bambu Parring	146
Lampiran 10. Cadangan Karbon Total Model	148
Lampiran 11. Validasi model Biomassa Akar	150
Lampiran 12. Validasi Model Biomassa Batang	151
Lampiran 13. Validasi Model Biomassa Ranting	152
Lampiran 14. Validasi Model Biomassa Daun	153
Lampiran 15. Validasi Biomassa Model 1 (BM1)	154
Lampiran 16. Validasi Biomassa Model 2 (BM2)	155
Lampiran 17. Validasi Biomassa Model 3 (BM3)	156
Lampiran 18. Validasi Biomassa Model 4 (BM4)	157
Lampiran 19. Validasi Biomassa Model 5 (BM5)	158
Lampiran 20. Validasi Penduga Model Cadangan Karbon Berdasarkan Analisis Komponen Kimia	159

Lampiran 21. Hasil Analisis SPSS Model Penduga Biomassa Bambu Parring	164
Lampiran 22. Hasil Analisis SPSS Model Penduga Cadangan Karbon Berdasarkan Analisis Komponen Kimia	176

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Indonesia dalam rangka mitigasi dan adaptasi perubahan iklim akan menurunkan emisi karbon 26% melalui kebijakan penurunan penggunaan energi minyak bumi dan pengendalian alih fungsi hutan. Indonesia akan menurunkan emisi karbon menjadi 41% jika ada dukungan internasional. Ada beberapa kebijakan yang telah dilakukan seperti moratorium hutan dan penggunaan energi alternatif. Indonesia juga masuk dalam skema REDD (*Reducing Emission from Deforestation and forest Degradation*). Salah satu persyaratan yang harus dipenuhi adalah mendokumentasikan, melaporkan, dan memverifikasikan atau disebut dengan MRV (*Measurable, Reportable dan Verifiable*) perubahan cadangan karbon secara transparan, konsisten, dapat dibuktikan secara lengkap dan akurat. Untuk memenuhi persyaratan ini dibutuhkan penelitian tentang pengukuran cadangan karbon pada lahan hutan yang memiliki variasi baik secara jenis, tempat tumbuh, tipe ekosistem hutan dan pengelolaan hutan yang dilakukan.

Peran Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) sebagai bahan pengganti kayu diperlukan dalam mengatasi kekurangan kayu di banyak negara. HHBK lebih ditekankan karena memiliki berbagai kelebihan-kelebihan

yang dapat diperoleh. Bambu saat ini telah ditemukan sebagai sumberdaya alam potensial untuk menggantikan kayu. Bambu memiliki sifat kekuatan yang luar biasa, mudah pengolahannya dan pertumbuhannya cepat dibanding dengan pohon pada umumnya, (Laemlaksakul dan S. Kaewkuekool, 2006). Bambu juga memiliki potensi yang sangat besar untuk mengurangi banyak masalah lingkungan saat ini. Meningkatnya laju kerusakan hutan tropis menjadikan bambu sebagai sumberdaya alam alternatif penting, (Quintans, 1998).

Di dunia ada sekitar 1500 jenis bambu, 154 jenis terdapat di Indonesia, 131 jenis diantaranya merupakan tumbuhan asli, (Widjaya *et al.*, 2004 dalam Barly 2009). Bambu merupakan tumbuhan monokotil, selalu hijau dengan pertumbuhan perimer dengan membentuk tunas, tanpa ada pertumbuhan sekunder, (Nats, et al., dan Kleinheinz, et al., 2001). Bambu adalah jenis yang cepat tumbuh dan memanfaatkan sinar matahari sangat tinggi, walaupun bambu dapat tumbuh pada kondisi cahaya yang terbatas. Bambu adalah rumput, *Gramineae*, oleh karena itu bukan merupakan pohon, (Van der Lugt, 2008), akan tetapi bambu dianggap sama dengan pohon, (INBAR 2009 dan Buckingham, 2009).

Tanaman bambu dapat diperbaharui, dipanen setiap tahun, tersedia dan mudah diperoleh, (Chihongo, et al., 2000). Bambu merupakan salah satu produk pertanian tradisional pada lahan pekarangan karena kemampuan untuk memenuhi aneka keperluan masyarakat petani dan terjadi perubahan istilah sebagai "*poor man's*

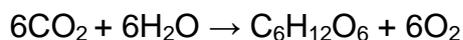
timber” saat ini menjadi “*the timber of the 21st century*”, (Anitha et al., 2008). Peranan bambu dalam ekosistem sangat besar terutama untuk kelestarian sumberdaya alam dan peranannya dalam lingkungan untuk mengatasi pemanasan global. Bambu memiliki sifat pertumbuhan cepat, sifat mekanik yang baik, ramah lingkungan dan potensial diaplikasikan secara luas, (Van der Lugt, et al., 2006). Berdasarkan hal tersebut maka pemanfaatan bambu dalam masyarakat sangat luas, termasuk pemanfaatan bambu untuk dapat mengatasi emisi Gas Rumah Kaca (GRK).

Kegiatan pengelolaan tegakan hutan bambu akan berpengaruh terhadap potensi dan keberlanjutan hasil yang diperoleh, baik dalam jumlah maupun ukuran bambu yang dipanen. Batang bambu yang hidup secara alami dan tidak dikelola dapat hidup kurang lebih satu dekade dan tidak dapat menyimpan karbon pada level yang tinggi. Penelitian saat ini menunjukkan bahwa tegakan bambu yang dikelola dapat menyerap karbon dioksida (CO₂) lebih tinggi dibanding dengan bambu yang tumbuh secara alami tanpa dikelola atau dengan penanaman jenis pohon yang cepat tumbuh (*fast growing*), (INBAR, 2009). Bambu jika dibiarkan tanpa dikelola maka pengikatan karbon akan mengalami stagnasi. Semakin intensif pemanenan dan pemanfaatannya maka serapan karbon semakin tinggi.

Karbon yang terakumulasi selama laju pertumbuhan akan kembali relatif cepat ke atmosfer dalam bentuk batang yang membusuk.

Pemanenan bambu dengan sistem tebang pilih menyebabkan rumpun bambu beregenerasi dan bertumbuh lebih cepat. Ketika bambu dikelola seyogyanya melalui tebang pilih, pemanenan batang bambu masak tebang menyerap lebih banyak karbon dan selanjutnya diawetkan sebelum digunakan, (INBAR, 2009).

Bambu melakukan aktifitas fisiologis melalui proses fotosintesa. CO₂ diambil dari udara dan diasimilasikan menjadi gula dan bahan makanan lain selama fotosintesis, dan merupakan sumber karbon untuk semua molekul organik, (Cambell, et al., 2002), kemudian menyimpannya dalam bentuk biomassa. Reaksi fotosintesis umumnya diringkas seperti persamaan berikut:



Berdasarkan persamaan reaksi kimia fotosintesis di atas lebih lanjut Sanusi, (1997) menjelaskan bahwa untuk memproduksi 1 ton massa kayu maka akan dibutuhkan atau diserap 1,467 ton CO₂ dan melepaskan 1,067 ton oksigen (O₂).

Ada beberapa masalah yang diungkapkan dalam Konferensi ketujuh Para Pihak (Conference of the Parties atau COP) Perserikatan Bangsa-Bangsa Konvensi Kerangka Kerja Perubahan Iklim (UNFCCC) di Marrakesh dan keikutsertaan Indonesia dalam program **Reducing Emissions From Deforestation And Forest Degradation** (REDD), mengenai Monitoring, Reporting dan Verifying (MRV). Selanjutnya konferensi di Doha Qatar menghasilkan serangkaian dokumen kolektif

yang berjudul *The Doha Climate Gateway*, salah satu diantaranya adalah perpanjangan masa berlaku Protokol Kyoto hingga tahun 2020.

Penelitian tentang pertumbuhan bambu dan biomassa umumnya menyimpulkan bahwa masih kontradiktif, dan terjadi variasi sehingga sulit untuk membuat kesimpulan secara umum, (Hunter, et al., 2003 *dalam* Hogarth, 2004). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi bambu sebagai penyerap CO₂ dan mempertimbangkan bambu masuk dalam skema perdagangan karbon atau mekanisme pembangunan bersih (*Clean Development Mechanism*) dan REDD.

B. Rumusan Masalah

1. Berapa besar potensi, serapan karbon bambu parring di kecamatan Tanralili Kabupaten Maros?
2. Apakah pengelolaan bambu parring di Kecamatan Tanralili Kabupaten Maros dikelola secara lestari?
3. Bagaimana hubungan antara variable diameter dan tinggi bambu parring dengan model penduga biomassa, serapan karbon?
4. Berapa kadar karbon bambu parring berdasarkan analisis komponen kimia?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Menghitung potensi bambu, biomassa bambu, serapan CO₂ dan cadangan karbon pada hutan rakyat bambu

2. Menentukan model pendugaan biomassa terbaik sebagai dasar dalam perhitungan potensi serapan karbon bambu.
3. Menganalisis pengelolaan hutan rakyat bambu berdasarkan potensi bambu saat ini.

D. Kegunaan Penelitian

Penelitian ini berguna untuk :

1. Sebagai bahan informasi bagi pengambil kebijakan tentang potensi tegakan bambu dan praktek-praktek pengelolaan yang dilakukan oleh masyarakat
2. Sebagai bahan informasi tentang potensi bambu dalam penyerapan CO₂ dan penyimpan karbon.

E. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini mencakup tentang potensi tegakan bambu, pengukuran biomassa bambu, penentuan komponen kimia penyusun dan kadar karbon. Sehubungan dengan itu, akan dilakukan analisis tentang variabel-variabel yang berkaitan dengan potensi tegakan bambu, biomassa bambu dan serapan karbon bambu. Analisis tentang peranannya sebagai penyerap karbon, maka dilakukan analisis variabel-variabel yang berkaitan dengan dimensi bambu untuk membuat model persamaan allometrik, pengukuran biomassa, penentuan kadar air, penentuan kadar abu, penentuan kadar karbon dan selanjutnya analisis hubungan variabel-variabel yang berkaitan dengan potensi serapan

karbon. Selain hasil analisis tersebut, juga akan dilihat kondisi pengelolaan tegakan hutan rakyat berdasarkan dengan potensi bambu saat ini. Besarnya potensi bambu dan gambaran tentang tegakan bambu saat ini mencerminkan pengelolaan hutan rakyat bambu selama ini, apakah prinsip-prinsip pengelolaan hutan rakyat bambu berkelanjutan (*Sustainable forest management*) dilakukan.

F. Novelty (Kebaruan)

Kebaruan dari penelitian ini adalah menentukan kadar karbon biomassa bambu berdasarkan dengan analisis komponen kimia dan model penduga biomassa, dan cadangan karbon bambu parring di Kecamatan Tanralili Kabupaten Maros.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Sumberdaya Hutan beserta Fungsi dan Manfaatnya

Hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumberdaya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan (UU No 41 tahun 1999). Menurut *Encyclopedia Forest Science*, (2004), bahwa definisi hutan mencakup beberapa ambang parameter (biasanya disajikan sebagai rentang) terkait dengan karakteristik biofisik hutan (seperti tinggi minimum, penutupan tajuk minimum) dan/atau berhubungan dengan status penggunaan lahan tanah. Berdasarkan definisi Protokol Kyoto dalam REDD, hutan memiliki: luas minimum 0,05-1 ha, penutupan tajuk minimum 10-30%, tinggi minimum 2-5 m atau hutan muda dengan potensi memenuhi tiga kriteria tersebut. FAO,(2006), mendefinisikan hutan adalah lahan dengan luas lebih dari 0.5 ha, tinggi pohon lebih dari 5 m dan penutupan tajuk lebih dari 10 %. Lorenz et al., (2010) menyatakan luas > 0,5 ha dan lebar > 20 m dapat dikategorikan sebagai hutan.

B. Peranan Hutan beserta Dampaknya terhadap Lingkungan Global

Hutan penyedia jasa ekosistem termasuk keanekaragaman hayati, manfaat lainnya sebagai potensi mitigasi bagi perubahan iklim yang timbul, (Teobaldelli et al., 2010). Tidak diragukan lagi bahwa hutan

memengaruhi pasar karbon baik secara nasional dan global, (Wayburn et al., 2007). Hutan memegang peranan penting dalam keseimbangan karbon. Vegetasi atau tumbuhan hijau membantu memperbaiki lapisan atmosfer menghasilkan O₂ yang sangat diperlukan oleh makhluk hidup dan menyerap CO₂ dari udara. Jika tumbuhan hijau tidak menghasilkan oksigen lagi, maka hampir semua kehidupan akan berhenti. Jika CO₂ bertambah banyak di atmosfer hal ini dapat merubah iklim di bumi secara drastis.

Hutan sebagai sumber karbon (*source*) dan juga sebagai penyimpan (rosot atau *sink*) adalah komponen penting dalam memerangi pemanasan global. *Deforestasi* sendiri menyumbang sekitar 20% dari emisi antropogenik, (FAO, 2006). Selanjutnya *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2007), menyebutkan bahwa sektor kehutanan mewakili lebih dari 50% potensi mitigasi global dari GRK. Hutan juga berperan penting dalam siklus karbon secara global sebab hutan menyimpan dalam jumlah yang besar dalam bentuk biomassa dan karbon dalam tanah, (Falkowski et al., 2000 *dalam* Sulistyawati, et al., 2008). Diperkirakan bahwa hutan menyimpan 86% dari cadangan karbon dalam vegetasi dan 73% dalam tanah, (Malhi et al., 1999). Diasumsikan bahwa peningkatan jumlah pohon berpotensi memperlambat akumulasi karbon di atmosfer. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kemampuan memperbaiki karbon bervariasi dan signifikan di antara berbagai pohon, (Malhi et al., 1999 dan Yu et al., 2008). Oleh karena itu, pemilihan pohon

dengan kemampuan yang tinggi untuk memperbaiki karbon akan sangat membantu.

Efek rumah kaca terjadi pada saat revolusi industri tahun 1700, kandungan CO₂ di atmosfer 280 ppm. Pada tahun 1958 terjadi peningkatan menjadi 315 ppm; tahun 2004 sebesar 378 ppm, tahun 2005 sebesar 379 ppm, dan pada 2007 meningkat menjadi 383 ppm. Seorang ahli terkenal di dunia tentang pemanasan global dan perubahan iklim di New York NASA, *Goddard Institute for Space Studi (GISS)*, menyatakan bahwa iklim mendekati titik kritis yang berbahaya. Batas tidak lebih dari 350 ppm masih bisa diturunkan dengan reboisasi dan meningkatkan kegiatan dibidang pertanian, (Tomecek, 2012) seperti pemanfaatan lahan kritis dan lahan tidur.

Satu ton CO₂ terdapat 0,27 ton karbon. Satu ton karbon setara dengan 3,7 ton CO₂. Ada sekitar 0,47 ton karbon per meter kubik kayu dan hasil pembakaran 1 m³ akan menghasilkan 1,7 ton CO₂, (Innes dan Peterson, 2004). Pohon yang mati dan membusuk menyumbang emisi lebih tinggi dibanding dari kebakaran hutan yang mempercepat pelepasan karbon ke atmosfer, (Lynch et al., 2006 *dalam* Oneil et al., 2007).

Pengurangan emisi CO₂ dapat dilakukan dengan mengurangi emisi langsung dengan meningkatkan jumlah CO₂ yang diserap di atmosfer melalui fotosintesis dan oleh tumbuhan diubah menjadi bahan organik

dalam bentuk biomassa, (Apps et al., 2003 *dalam* Ulumuddin et al., 2005). Penyerapan CO₂ yang masuk ke dalam sistem fisiologi tumbuhan akan menghasilkan biomassa dan akhirnya kembali ke dalam tanah telah ditulis sejak 1992, serta banyak praktek berkaitan dengan cara mengurangi emisi karbon dari atmosfer dengan menyimpan ke dalam sistem biologi. Karbon disimpan secara biologi di dalam ekosistem pertama pada tumbuhan dan selanjutnya dikonsumsi oleh hewan pemakan tumbuhan dalam suatu rantai makanan, (Melkania, 2009),

C. Hutan Rakyat

1. Potensi dan Permasalahannya

Pengertian Hutan Rakyat menurut UU No. 41/1999 tentang kehutanan, hutan rakyat adalah hutan yang tumbuh di atas tanah yang dibebani hak milik. Berdasarkan Peraturan Menteri Kehutanan No. P.03/MENHUT-V/2004, pengertian hutan rakyat adalah hutan yang tumbuh di atas tanah yang dibebani hak milik maupun hak lainnya dengan ketentuan luas minimum 0,25 ha, penutupan tajuk tanaman kayu-kayuan dan tanaman lainnya lebih dari 50 %. Definisi ini diberikan untuk membedakannya dengan hutan negara, yaitu hutan yang tumbuh di atas tanah yang tidak dibebani hak milik atau tanah negara.

Hutan rakyat memberikan manfaat baik secara ekologis maupun ekonomis bagi masyarakat. Manfaat secara ekologis antara lain perbaikan tata air DAS, perbaikan kualitas udara, konservasi tanah dan sekaligus

memperbaiki mutu lingkungan. Adapun manfaat secara ekonomis dari keberadaan hutan rakyat adalah adanya menghasilkan komoditi yang bernilai ekonomi, dapat meningkatkan pendapatan masyarakat dan pemenuhan kebutuhan akan hasil hutan baik kayu maupun HHBK. Hutan rakyat merupakan sumber bahan baku bagi industri pengolahan kayu dan HHBK. Kebutuhan masyarakat secara langsung dapat diperoleh dengan adanya hutan rakyat.

Tegakan bambu merupakan salah satu bentuk hutan rakyat yang banyak diusahakan secara swadaya oleh masyarakat. Widjaya, et al., (2005) menyatakan bahwa bambu merupakan salah satu tanaman bernilai ekonomi Indonesia yang banyak tumbuh di lahan masyarakat dipedesaan. Bambu adalah bagian integral hutan dan salah satu di antara HHBK terutama di wilayah hutan tropis dan sub tropis di Asia dan umumnya tumbuh di lahan milik, (Ghimire, 2008).

Bambu di Indonesia di jumpai di hutan alam dan hutan tanaman. Tumbuh sebagai hutan sekunder dan hutan terbuka, walaupun ada juga yang tumbuh di hutan primer. Hutan alam bambu banyak ditemukan di kawasan hutan lindung dan taman nasional, tetapi sering dieksploitasi oleh pedagang dan memberi upah penduduk lokal untuk mengambil bambu tanpa izin. Secara nasional tidak tersedia data inventarisasi tentang bambu, walaupun diperkirakan ada 5 juta ha hutan alam bambu di Indonesia, (Wang, 2006).

2. Hutan rakyat bambu dan manfaatnya

Sektor bambu di Indonesia berjalan dengan berbagai permasalahan, termasuk: penebangan liar, luas areal sedikit, biaya terbatas, nilai tambah produk rendah, kurang penelitian, dan data inventarisasi lahan bambu kurang, (Wang, 2006). Salah satu sentra pengembangan bambu di Indonesia adalah Sulawesi Selatan. Menurut Muin dkk., (2006), secara umum di Sulawesi Selatan tegakan bambu tersebar pada lahan milik petani secara monokultur. Bambu tersebut menempati areal kebun khusus yang letaknya tidak jauh dari pemukiman seperti yang di jumpai di Tana Toraja dan Soppeng atau dalam bentuk yang menyerupai hutan bambu yang terdapat di Gowa dan Maros.

Bambu yang umum diusahakan di Sulawesi Selatan terdiri atas 4 jenis, yaitu *Gigantochloa atter* (parring), *Schizostachyum brachyladum* (tallang, totoang), *Bambusa vulgaris* (banoa, lalo, awo) dan *Dendrocalamus asper* (pattung, betung) dengan potensi 8.975 batang/ha. Bambu di Sulawesi Selatan telah memberi banyak manfaat kepada masyarakat. Namun demikian, pemanfaatan bambu masih bersifat konvensional dan tingkat pemanfaatan masing-masing daerah bervariasi. Bambu umumnya dimanfaatkan secara tradisional oleh masyarakat berdasarkan kebiasaan, baik sebagai bahan konstruksi, kerajinan dan makanan.

Luas areal bambu di Sulawesi Selatan belum diketahui secara pasti, namun ada kecenderungan mengalami penurunan dari tahun ke

tahun. Salah satu faktor penyebab adalah adanya permintaan bambu semakin meningkat namun tidak diimbangi dengan perbaikan pengelolaan tegakan bambu. Begitu pula terjadinya banyak konversi lahan menyebabkan luas lahan bambu semakin berkurang.

Bambu merupakan *perennial* dengan batang memiliki zat berkayu dan beruas-ruas, lazimnya bertumbuh seperti pohon. Sering disamakan dengan tumbuhan berkayu dan memiliki zat kayu, umumnya batang berongga, memiliki rimpang yang kompleks dan bercabang, daun petiole tajam seperti pisau, dengan pelapisan organ menonjol, (Kleinheinz et al., 2000, Linvill et al., 2000 dan Widjaya, 2001). Menurut Ohrnberger (1999), dalam Bystriakova, et al., (2003), bambu dapat berbentuk pohon atau herba. Bambu secara botani bukan kayu, komponen kimia bambu secara substansial sama dengan kayu dan secara proporsi kira-kira sama dengan kayu, (Schott, 2006). Walaupun bambu adalah tumbuhan yang secara biologi adalah rumput bukan pohon, namun Badan Dunia FAO, FAO (2004) dalam (Liese, 2009); bahwa, hutan bambu dan palmae memiliki kriteria tinggi dan penutupan tajuk terpenuhi sebagai pohon, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tegakan Bambu Parring (*Gigantochloa atter*) Berumpun (simpodial) di Kecamatan Tanralili Kabupaten Maros

Bambu merubah radiasi matahari untuk memperoleh hasil dan jasa lebih baik dibanding dengan beberapa jenis pohon, (Andargatchew, 2008). Namun, bila dilihat secara sepintas, bahwa tidak ada alasan bambu mengungguli pohon dalam penyerapan karbon, (Liese, 2009). Namun demikian ada beberapa potensi yang dimiliki oleh bambu untuk dapat mengatasi berbagai permasalahan.

Bambu memiliki sifat cepat tumbuh, produksi tinggi, setiap tahun dapat dipanen dan tumbuh kembali, jika dikelola dengan cara yang tepat. Sebagai tanaman cepat tumbuh di bumi, bambu merupakan mitra yang sangat baik untuk ekosistem, dapat dipanen kembali setiap tiga tahun, tanpa merusak sistem tanaman dan lingkungan sekitarnya, dengan tajuk

yang sangat baik sehingga dapat menghijaukan lahan terdegradasi. Tajuk bambu tumbuh tercepat sehingga baik untuk penghijauan kembali wilayah terdegradasi. Bambu juga luar biasa untuk peremajaan lahan yang telah terdegradasi khususnya dapat tumbuh lebih cepat dibanding dengan pohon, dan umumnya dapat tumbuh 80 - 300 mm setiap hari, (Laemlaksakul et al., 2006). Bambu dapat digunakan untuk memperindah lingkungan dan landscape dengan bentuk yang elegan dan nilai dekoratif yang tinggi (*high ornamental*), (Lai et al., 2006).

Saat ini, perhatian terhadap bambu meningkat, bambu mudah diperoleh, memiliki kekuatan regenerasi, produktifitas tinggi dan cepat dipanen. Bambu efisien dalam penggunaan lahan, dan menghasilkan biomassa per satuan luas lebih banyak di banding dengan pohon, (Dannenmann et al., 2007). Beberapa studi telah membuktikan bahwa bambu dapat menyerap karbon empat kali lebih banyak dari pohon dan pada saat yang sama melepaskan oksigen 35% lebih dari pohon, (Lai et al., 2006 dan Brenner, 2008). Bambu dapat memberikan peluang tak terhitung nilainya untuk perbaikan lingkungan, dengan menyerap karbon sampai 12 ton/ ha/tahun, (Lai et al., 2006).

Ekosistem bambu adalah bagian penting dari ekosistem hutan karena sebagai sumber karbon, menyimpan karbon (*sink*) di bumi, dan bambu tumbuh sangat cepat dan membentuk tegakan, (Kumar et al., 2010). Bambu memiliki potensi yang sangat besar untuk memproduksi biomassa dan penyerapan karbon terutama pada bagian batang. Jika

jumlah fiksasi karbon bambu lebih besar dibanding dengan penguraian, maka bambu menyimpan karbon (*carbon sink*), (www.bamboocarboncredit.com). Peningkatan penyerapan cadangan karbon dapat dilakukan dengan (a) meningkatkan pertumbuhan biomasa 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, (Sedjo et al., 1988 *dalam* Rahayu, et al.).

3. Kebijakan Pengelolaan Hutan Bambu

Prinsip pengelolaan hasil hutan berkelanjutan dalam bidang kehutanan dapat diaplikasikan pada bambu, namun mekanisme agak berbeda. Rebung yang tumbuh setiap tahun sebagai dasar penentuan jumlah batang bambu ditebang setiap tahun. Penebangan merangsang produksi batang baru dan meningkatkan produktifitas. Tebang habis tidak dianjurkan karena secara substansial menurunkan ukuran batang berikutnya untuk beberapa tahun, (Stapleton et al., 1997).

Berdasarkan hal tersebut maka dibutuhkan pengelolaan tegakan bambu yang multiguna. Pengelolaan hutan bambu multiguna adalah untuk memenuhi kebutuhan ekonomi serta perbaikan lingkungan, yang merupakan fungsi utama dari hutan bambu. Tujuan pengelolaan hutan bambu dibagi menjadi tiga jenis: memaksimalkan manfaat ekonomi, memaksimalkan manfaat ekologi dan memaksimalkan manfaat sosial, (Xiao, 2001)

Bambu merupakan sumberdaya alam yang dapat diperbaharui, setiap rumpun terdapat 40 – 50 batang, dan bertambah lebih dari 10 - 20 batang setiap tahun. Jumlah batang yang dipanen agar tetap lestari berkisar 10 – 20 batang per rumpun setiap tahun, (Hanim et al., 2010). Pemanenan juga dapat dilakukan dengan menggunakan persentase bambu yang dipanen, pada bambu yang dikelola jumlah yang di panen 20 % dari jumlah batang setiap tahun untuk memacu pertumbuhan baru, (Lewis, 2000).

4. Pertumbuhan Bambu

Meskipun bambu termasuk tumbuhan berkayu, bambu merupakan keluarga rumput-rumputan dan dikenal sebagai salah satu tumbuhan yang paling cepat tumbuh dan sangat produktif di dunia, (Dransfield dan Widjaja 1995, Quintans, 1998, dan Midmore, 2009). Bambu mencapai pertumbuhan maksimal dalam satu musim pertumbuhan, (Brenner, 2008). Batang bambu dapat mencapai tinggi penuh dalam hitungan 2 sampai 3 bulan, (Nats, et al.). Bambu adalah kelompok organisma berfotosintesa dengan pertumbuhan tercepat kedua setelah kelp raksasa (rumput laut), dan memiliki rimpang, batang, cabang dan daun. Menempati ranking 5 dalam daftar tumbuhan menghasilkan biomassa, (El Bassam, 2001 dalam Hogarth, 2004).

Pertumbuhan batang yang baik di awal musim hujan, (Malanit, 2009). *D. asper* selama musim hujan dapat mencapai ketinggian penuh dalam waktu kurang dari setahun, (Dransfield, et al., 1995). Berbeda

dengan daerah subtropis, perubahan musim panas ke musim gugur, sebagian besar bambu menghasilkan gula dan di simpan di dalam rimpang. Menghasilkan akar rimpang, pertumbuhan ke atas, dan membentuk rimpang baru. Pada musim semi kadang-kadang pertumbuhan turun, dan bambu mengambil energi yang terakumulasi menjadi tunas baru (rebung), tumbuh mencapai ukuran maksimal dalam waktu sekitar 30 - 60 hari, (Nath, et al.).

Setelah mencapai tinggi maksimum bambu berkembang ke arah luar membentuk rimpang untuk menghasilkan batang baru, (Brenner, 2008). Sebuah rumpun dewasa bisa mencapai diameter 3 m dan kurang lebih 60 batang, (Malanit, 2009). Pada awal pertumbuhan selama beberapa waktu tertentu pertumbuhan berlangsung di rumpun sehingga tidak nampak pertumbuhan ke atas. Namun setelah melewati batas waktu tertentu pertumbuhan bambu menjadi sangat pesat. Secara umum pada tahun pertama dan kedua setelah tanam, tidak tampak pertumbuhan yang luar biasa di atas tanah, sebagai tanaman yang menyimpan sebagian besar energinya ke dalam rimpang, (Nath, et al.). Setelah pertumbuhan maksimum tercapai, tinggi, tebal dan volume batang tidak berubah, akhirnya proses pematangan (*maturity*) mulai. Pada saat proses ini berlangsung, dinding sel memadat dan berat jenis naik, kadar air dan sifat fisik mekanik meningkat, (Malanit, 2009).

Keuntungan terbesar dari bambu tidak diragukan lagi, kecepatan pertumbuhan yang tak tertandingi. Bambu di negara-negara tropis tumbuh

hingga 30 meter dalam waktu enam bulan. Rekor kecepatan pertumbuhan telah diukur untuk batang bambu adalah 1,20 meter per hari, (Martin, 1996 *dalam* Van der Lugt, 2008). Kisaran tingkat pertumbuhan bambu 30 -100 cm per hari, (Quintans, 1998), 121 cm selama 24 jam, (Ueda 1960 *dalam* Hogarth, 2004), 4 kaki dalam sehari, (*Amazing Bamboo Facts*). Tunas *Bambusa tulda* memanjang pada tingkat rata-rata 70 cm per hari, (Dransfield et al., 1995). Bambu tertentu dapat tumbuh vertikal 5 cm/jam atau 120 cm/hari, (Bachtiar, 2008).

Faktor-faktor yang memengaruhi produktivitas dan perluasan rumpun adalah sumberdaya rimpang yang mengakumulasi karbohidrat dari hasil fotosintesa (Li et al., 1998, Oshima, 1961 dan Ueda, 1960 *dalam* Hogarth, 2006). Kemampuan suatu rumpun untuk memproduksi cabang-cabang (*ramets*) baru adalah terkait dengan kemampuan dari daun tajuk dan rimpang yang tersedia. Sebagai sumberdaya untuk memproduksi cabang-cabang, maka kendala-kendala adalah kerapatan batang, (Isagi et al., 1997). Batang yang rapat akan menghambat produksi cabang-cabang. Pada tajuk yang kecil produksi glukosa rendah yang pada akhirnya banyak menyerap energi yang tersimpan dalam rumpun untuk pertumbuhannya sehingga memengaruhi produktivitas suatu rumpun, (Hogarth, 2006).

D. Biomassa dan Metode Pengukurannya

1. Biomassa dan Komponen Penyusun Biomassa

a. Pengertian Biomassa

Biomassa adalah energi matahari yang tersimpan dalam bentuk bahan organik. Bahan organik ini merupakan sumber energi yang banyak dimanfaatkan oleh masyarakat di seluruh dunia. Sekitar 11 % kebutuhan energi primer dari biomassa dan sekitar 2 miliar orang di seluruh dunia tergantung pada biomassa sebagai sumber energi, (Jenkins, 2010).

Biomassa adalah volume dikalikan dengan kerapatan, (Picard et al., 2012). Biomassa didefinisikan sebagai massa zat organik hidup dan mati, (GTOS, 2009). *The Asian Biomass Handbook* (2008), mendefinisikan biomassa adalah bahan yang dihasilkan secara langsung dan tidak langsung dari tanaman yang dimanfaatkan sebagai energi atau bahan dalam jumlah yang besar. Secara tidak langsung merujuk pada produk yang tersedia melalui hasil ternak dan industri makanan. Biomassa disebut sebagai *phytomass* dan sering diterjemahkan *bioresource* atau bio-turunan sumberdaya. Selanjutnya dikatakan bahwa biomassa terdiri atas kata bio + massa, dan awalnya digunakan dalam bidang ekologi hanya mengacu pada jumlah hewan dan tumbuhan. Dengan demikian, biomassa adalah total berat atau volume organisme dalam suatu luasan tertentu. Biomassa adalah berat bahan organik suatu organisme per satuan unit luasan per satuan waktu, berat bahan organik umumnya dinyatakan dengan satuan berat kering (*dry weight*) atau kadang-kadang dalam berat kering bebas abu (*ash free dry weight*), (Chapman, 1976 dalam Sutaryo, 2009). Biomassa merupakan jumlah

total dari bahan organik yang hidup di atas tanah pada pohon termasuk daun, ranting, cabang, batang utama dan kulit yang dinyatakan dalam berat (ton) kering oven per satuan luas, (Brown, 1997). Biomassa hutan adalah bahan organik yang dihasilkan oleh produksi primer melalui fotosintesa dikurangi oleh konsumsi respirasi dan panen, (Watson). Istilah biomass umumnya mengacu pada materi organik yang dapat diperbaharui yang dihasilkan oleh tanaman melalui proses fotosintesa, (Panwar, 2011).

Pembentukan biomassa akan mengurangi konsentrasi CO₂ dari atmosfer melalui proses fotosintesis, CO₂ yang diserap untuk tumbuh dan berkembang. Ketika biomassa dibakar, karbon (C) akan diubah ke dalam bentuk CO₂ dan kembali ke atmosfer. Proses ini berlangsung secara terus menerus sehingga jumlah konsentrasi CO₂ di atmosfer akan selalu seimbang. Tetapi bila konsumsi energi fosil menjadi meningkat maka konsentrasi CO₂ akan meningkat. Sehingga penambahan biomassa dibutuhkan untuk menyeimbangkan kembali jumlah CO₂ yang diserap dan dilepaskan.

b. Stok Karbon dan Serapan Karbon

Stok karbon adalah karbon yang tersimpan di satu tempat pada waktu tertentu. Stok karbon hutan termasuk pohon hidup berdiri dan vegetasi mati, puing-puing kayu dan sampah, bahan organik penting di dalam tanah, dan stok karbon yang dipanen seperti kayu untuk produk kayu dan bahan bakar, (Casper, 2010). Kandungan karbon absolut dalam

biomassa pada waktu tertentu dikenal dengan istilah stok karbon, (*carbon stock*) (Apps et al., 2003 dalam Ulumuddin dkk., 2005).

Karbon dalam hutan disimpan tidak hanya di dalam biomassa pohon, tetapi juga di bawah tegakan, tanah, dan serasah. Biomassa yang tersimpan dalam ekosistem dibagi menjadi beberapa kategori yaitu: biomassa di atas permukaan (AGB) Biomassa di bawah permukaan (BGB), bahan organik yang mati (DOM) dalam kayu, DOM serasa dan bahan organik tanah (SOM),(Watson).

Proses pengembalian karbon (C) dari atmosfer dan disimpan dalam bagian pohon disebut serapan karbon (*carbon sequestration*) atau penimbunan karbon dalam tubuh tanaman hidup, (Hairiah dkk., 2011) . Istilah serapan karbon didefinisikan sebagai proses pengambilan substansi yang mengandung karbon, khususnya CO₂ ke dalam penyimpanan dalam jangka waktu lama, (IPCC, 2007). Lebih khusus lagi, penyerapan karbon dapat didefinisikan sebagai pengalihan dan penyimpanan yang aman CO₂ dari atmosfer pada tumbuhan dalam waktu yang lama dan dapat diemisikan atau dikembalikan ke atmosfer, (Lal, 2008 dalam Lorenz et al., 2010).

Hutan menyerap CO₂ dari udara dan menyimpannya dalam biomassa hutan sehingga hutan mempunyai peran dalam upaya menstabilkan konsentrasi CO₂ di atmosfer, hal ini sering disebut dengan program karbon sink, (Adinugroho). Potensi penyerapan karbon melalui

praktek-praktek kehutanan bervariasi menurut wilayah dan terutama tergantung pada jenis tanah dan tingkat pertumbuhan jenis pohon asli masing-masing daerah, (Cason, et al., 2006). Tingkat penyimpanan karbon tegakan berkorelasi positif dengan tingkat akumulasi volume, jika dikelola secara intensif akan menyerap karbon pada tingkat yang lebih cepat daripada tegakan alam, (Birdsey, 1992 *dalam* Cason, et al., 2006).

Cadangan karbon daratan terdiri atas cadangan karbon di atas permukaan tanah, cadangan karbon di bawah permukaan tanah dan cadangan karbon lainnya. Cadangan karbon di atas permukaan tanah terdiri atas 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, arang sisa pembakaran). Cadangan karbon di bawah permukaan tanah meliputi akar tanaman hidup maupun mati, organisme tanah dan bahan organik tanah. Pemanenan hasil kayu (kayu bangunan, pulp, arang atau kayu bakar), resin, buah-buahan, daun untuk makanan ternak menyebabkan berkurangnya cadangan karbon dalam skala plot, tetapi belum tentu demikian jika diperhitungkan dalam skala global. Demikian juga halnya dengan hilangnya bahan organik tanah melalui erosi, (Rahayu dkk.).

Salim, (2005), menyatakan bahwa karbon merupakan komponen penting penyusun biomassa tanaman melalui proses fotosintesis, kandungannya sekitar 45 – 50% bahan kering tanaman. Stok karbon

diestimasi dari biomassa dengan menganggap 40% biomassa adalah karbon, (Ulumuddin dkk., 2005). Sedangkan menurut Matthews, (1993) dalam Cason, et al., (2006), estimasi karbon dikonversi dari biomassa dengan menggunakan standar ratio 50 % karbon per unit biomassa.

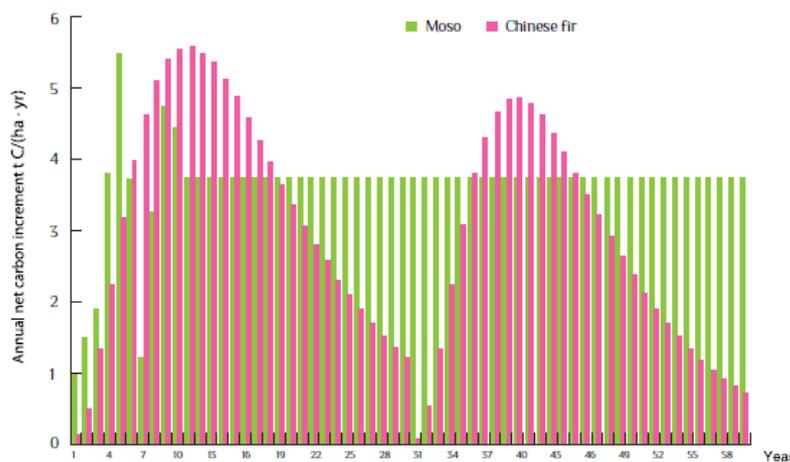
Potensi untuk mempromosikan penyerapan karbon melalui praktek-praktek kehutanan bervariasi menurut wilayah dan terutama tergantung pada jenis tanah dan tingkat pertumbuhan jenis asli masing-masing daerah pohon. Dalam hal jenis pohon, jumlah karbon yang disimpan meningkat sampai pohon ini mencapai masak tebang, mencapai penyimpanan karbon yang menjadi *steady state*.

Mengingat bahwa tingkat penyimpanan karbon berkorelasi positif dengan tingkat akumulasi volume, tegakan yang dikelola secara intensif akan menyerap karbon pada tingkat lebih cepat dari hutan alam. Tingkat penyerapan karbon di hutan yang tersisa untuk mencapai masak tebang akan secara bertahap menurun seiring waktu karena tingkat pertumbuhan menurun, melalui respirasi, dekomposisi bahan organik, dan dekomposisi terkait mortalitas, (Birdsey, 1992 dalam Cason, et al., 2006).

Pengelolaan tegakan bambu untuk tujuan produksi batang berbeda dengan pengelolaan tegakan hutan seperti Hutan Tanaman Industri (HTI). Bambu pada saat mencapai umur 3 tahun sudah mencapai umur masak tebang, dan yang ditebang hanya umur 3 tahun sedangkan HTI masak

tebang minimal lebih dari 5 tahun dan dilakukan penanaman. Bambu setelah panen pada umur 3 tahun akan merangsang pertumbuhan anakan baru (rebung) dan tidak perlu penanaman lagi.

Yiping, et al., (2010), memberikan perbandingan potensi penyerapan CO₂ antara jenis bambu Moso dengan jenis Chinese Fir dengan dua kali rotasi tebang 30 tahun. Seperti terlihat pada Gambar 1.



Sumber: Yiping, et al., 2010

Gambar 2. Pola Serapan Karbon Bersih Tahunan Dengan Pola Panen Teratur Dalam Siklus 60 Tahun

Berdasarkan Gambar 2, bahwa serapan karbon tahunan jenis bambu Moso mencapai puncaknya pada umur 5 tahun sama dengan jenis Chinese Fir pada umur 13 tahun yaitu 5.5 ton C/tahun. Pada bambu setelah umur 10 tahun dengan memanen batang yang masak tebang atau 1/3 jumlah batang yang bertumbuh setiap tahun akan menjadi 3.8 ton

C/tahun. Sedangkan Chinese Fir pada umur 13 tahun pertumbuhan menurun sehingga jumlah serapan karbon menurun hingga umur panen 30 tahun daur I. Akumulasi serapan karbon 217 ton C/ha bambu jenis Moso sedangkan jenis Chinese Fir hanya 176 ton C/ha selama 60 tahun, (Yiping, et al., 2010)

c. Siklus karbon

Walaupun jumlahnya kecil di atmosfer (0.033 %) karbon merupakan gas yang paling penting. Siklus karbon dapat memiliki dampak yang sangat besar pada iklim bumi, (*Global Change Ecosystems Research*, 2000). Siklus karbon menjadi penting terutama bagi pengambil kebijakan dan menarik perhatian para ilmuwan sejak lama karena hidup ini tergantung dari siklus karbon dan hubungannya dengan perubahan iklim global, (**Stern, 2002**).

Jumlah CO₂ di atmosfer tetap sangat stabil pada tingkat sekitar 280 μ mol/ mol selama ribuan tahun dan cukup stabil antara 200 dan 300 μ mol/mol selama 150.000 tahun sebelum itu. Sejak sekitar tahun 1850, CO₂ di atmosfer meningkat secara eksponensial sampai mencapai 352 μmol/mol pada tahun 1990. CO₂ meningkat sekitar 1,4 μ mol/mol/tahun selama 15 tahun terakhir, tetapi pada tahun 1988 peningkatannya lebih dari 2 μ mol/mol, sebuah lompatan terbesar dan lebih dari 0,5% dari kandungan CO₂ saat ini. Alasan utama peningkatan sejak tahun 1850 ini ialah penggunaan bahan bakar fosil, pembukaan lahan khususnya pembakaran hutan tropik juga ikut berperan. Gangguan hutan karena

pengaruh alam dan manusia menyebabkan lebih banyak karbon dilepaskan ke atmosfer daripada jumlah yang digunakan oleh vegetasi selama fotosintesis, (Brown, 2002 *dalam* Samalca, 2007). Ekosistem hutan memegang peranan sangat penting dalam siklus karbon secara global. Hutan menyimpan kurang lebih 80 % di atas permukaan dan 20 % di bawah permukaan dari seluruh karbon organik di daratan, (IPCC, 2001 *dalam* Samalca, 2007).

d. Biomassa Bambu

Biomassa bambu terdiri atas daun, cabang, batang atau culm, rimpang (*Coarse roots* atau *rhizomes*) dan akar serabut atau *Fine roots*. Biomassa bambu dapat dibagi atas biomassa di atas permukaan meliputi batang, cabang, daun dan di bawah permukaan termasuk akar dan rimpang. Ketersediaan air penting dalam produksi biomassa bambu. Produksi biomassa meningkat jika air tersedia dan akan berkurang produktivitasnya jika air terbatas, (Kleinhenz et al., 2000). Bambu dengan ketersediaan air mencukupi dihasilkan batang lebih tinggi tetapi jumlah batang lebih sedikit, ukuran lebih besar dan biomassa total yang lebih tinggi, biomassa terutama dialokasikan untuk pertumbuhan di atas permukaan tanah. Dalam iklim mikro dengan ketersediaan air yang rendah, bambu mengalokasikan biomassa lebih ke organ bawah tanah, dengan rimpang akar yang lebih panjang dan produksi meningkat, sehingga membantu untuk menyerap hara yang penting untuk pertumbuhan, (Liu et al., 2004 *dalam* Hogarth, 2004).

e. Komposisi Kimia Bambu

Komponen kimia bambu terdiri atas selulosa, hemiselulosa, lignin, karbohidrat, lemak, dan protein, dll. Dinding sel bambu tertuma terdiri atas selulosa, hemiselulosa dan lignin. Kandungan selulosa bervariasi antara 40 % sampai 50 %, hemiselulosa bervariasi antara 20 % sampai 30 %, lignin bervariasi antara 15 % sampai 35 %. Bahan lain seperti karbohidrat, lemak, protein, nitrit dan lain-lain yang merupakan ekstraktif diperoleh besarnya dalam kelarutan air dingin 3.92%, kelarutan dalam air panas 7.72%. Alkohol-eter 4.55%, alkohol-benzene 5.45%, dan kelarutan dalam NaOH 1 % adalah 27.26%, dan jika dilakukan pembakaran dengan suhu tinggi maka dapat diperoleh kadar abu sebesar 1 % - 2 %, (Buckingham, 2009). Bambu terdiri dari 50 - 70% holoselulose, 30% pentosan and 20 - 25% lignin, (Liese, 1992^b). Bambu terbangun atas 50-70 % selulosa, 20-30% hemiselulos dan 20-30% lignin, (Schott, 2006)

Karbohidarat dalam bentuk pati tersimpan sebagai cadangan makanan. Pati tersimpan dalam parenkim sebagai cadangan makanan. Kandungan pati bervariasi berdasarkan jenis, kondisi tempat tumbuh dan umur, kandungan pati ini dapat mencapai lebih dari 10 %, (Liese, 2009). Tingginya kandungan pati bambu karena memiliki parenkim dalam jumlah yang besar yaitu berkisar 50 %, (Liese dan Liese, 1992^a).

Gusmailina dkk, (1988) dalam Krisdianto, dkk., (2000), menyatakan bahwa komposisi kimia bambu di Indonesia bervariasi berdasarkan jenisnya. Berdasarkan dari 10 jenis bambu yang diteliti, diperoleh kadar

selulosa berkisar antara 42,4% - 53,8%, kadar lignin bambu berkisar antara 19,8% - 26,6%, sedangkan kadar pentosan 17,5% - 21,5%, kadar abu 1,24% - 3,77%, kadar silika 0,10% - 1,78%, kadar ekstraktif (kelarutan dalam air dingin) 4,5% - 9,9%, kadar ekstraktif (kelarutan dalam air panas) 5,3% - 11,8%, kadar ekstraktif (kelarutan dalam alkohol benzene) 0,9% - 6,9%, dan kelarutan dalam NaOH 1 % berkisar antara 22,2% - 29,8 %.

2. Pengukuran dan Pendugaan Biomassa

a. Pengukuran dan Pendugaan Biomassa

Penghitungan karbon, pemantauan kesehatan hutan, dan pengelolaan hutan berkelanjutan memerlukan penilaian yang akurat dari biomassa pohon dan volume kayu, (Brandeis et al., 2006). Alasan perlunya mengukur biomassa yaitu: semua tumbuhan termasuk pohon menghasilkan biomassa melalui fotosintesa, jika ilmuwan ingin mengetahui dengan baik bagaimana pohon bertumbuh, perlu mengetahui berapa banyak biomassa yang dihasilkan oleh pohon, berkaitan dengan pemanasan global, menarik dalam jumlah karbon yang diserap oleh biomassa hutan, hasil dari mengambil gas rumah kaca CO₂, keberadaan hutan tanaman sebagai sumber kayu energi yang tumbuh 3 – 5 tahun dijual berdasarkan berat bukan volume termasuk kayu bakar dan kayu untuk kertas, (West, 2009)

Metode yang digunakan untuk menduga volume pohon dan biomassa senantiasa berkembang untuk menduga yang sedekat mungkin

dengan realitas. Model penduga volume dan biomassa telah mengalami perubahan dan berbeda pada ekologi yang berbeda, (Parresol, 1999). *Yale School of Forestry & Environmental Studies Publication Series*, menyebutkan ada empat kategori dari metode pengukuran biomassa dan estimasi karbon adalah sebagai berikut : 1) inventarisasi hutan (biomassa); 2) penginderaan Jauh (hubungan antara biomassa dan penutupan lahan); 3) pengukuran langsung pelepasan dan serapan CO₂; dan 4) metode invers (hubungan antara biomassa, aliran CO₂, dan transportasi CO₂ atmosfer). Menurut FAO (2008) dan Sutaryo, (2009), terdapat 4 cara untuk menghitung biomassa yaitu (i) sampling dengan pemanenan (*Destructive sampling*) secara *in situ*, (ii) sampling tanpa pemanenan (*Non-destructive sampling*) dengan pendataan hutan secara *in situ*, (iii) pendugaan melalui penginderaan jauh, dan (iv) pembuatan model. Metode langsung dan akurat untuk menduga biomassa di atas permukaan adalah melakukan pemanenan, kemudian di oven dan ditimbang dalam kondisi kering oven, (Hunt, 2009).

Menurut Brown, (1997), berdasarkan cara memperoleh data terdapat dua pendekatan untuk menduga biomassa dari pohon, yaitu berdasarkan penggunaan dugaan volume dengan kulit kayu sampai batang bebas cabang yang kemudian diubah menjadi kerapatan biomassa (ton/ha) dan pendekatan dengan menggunakan persamaan regresi biomassa atau lebih dikenal dengan persamaan allometrik.

Pendugaan biomassa pada pendekatan pertama menggunakan persamaan berikut:

Biomassa di atas tanah (ton/ha) = VOB x WD x BEF.....(Brown et al.,1997)

Keterangan: VOB = Volume batang bebas cabang dengan kulit (m³/ha)

WD = Kerapatan kayu (kg/m³)

BEF = Biomassa Expansion Factor

Pendekatan kedua penentuan biomassa dengan menggunakan persamaan regresi biomassa berdasarkan diameter batang. Dasar dari persamaan regresi ini adalah hanya mendekati biomassa rata-rata per pohon menurut sebaran diameter, dengan menggabungkan sejumlah pohon pada setiap kelas diameter dan menjumlahkan seluruh pohon untuk seluruh kelas diameter. Fungsi dan model biomassa dipresentasikan melalui persamaan berdasarkan tinggi dan diameter pohon (Kusmana,1996 *dalam* Salim, 2005).

Menurut Chapman (1976) *dalam* Sutaryo, (2009) terdapat dua metode pengukuran dan pendugaan biomassa di atas tanah, yaitu:

1) Metode Pemanenan

Metode pemanenan individu tanaman diterapkan pada kondisi tingkat kerapatan tumbuhan/pohon cukup rendah dan komunitas tumbuhan dengan jenis sedikit. Nilai total biomassa diperoleh dengan

menjumlahkan biomassa seluruh individu dalam suatu unit luas tertentu. Metode pemanenan kuadrat mengharuskan memanen semua individu pohon dalam suatu unit luas contoh dan menimbanginya. Nilai total biomassa diperoleh dengan mengkonversi berat bahan organik yang dipanen di dalam suatu unit luas tertentu. Metode pemanenan individu pohon yang mempunyai luas bidang dasar (lbds) rata-rata. Metode ini biasanya diterapkan pada tegakan yang memiliki ukuran individu yang seragam. Pohon ditebang dan ditentukan berdasarkan rata-rata diameternya dan kemudian menimbanginya.

2) Metode Pendugaan tidak langsung

Metode persamaan allometrik dibuat dengan mencari korelasi yang paling baik antara diameter pohon dengan biomasanya. Untuk membuat persamaan allometrik, pohon-pohon yang mewakili sebaran kelas diameter ditebang dan ditimbang. Nilai total biomassa diperoleh dengan menjumlahkan semua berat individu pohon dalam suatu unit area contoh tertentu. Metode *Crop meter* yaitu metode pendugaan biomassa dilakukan dengan cara menggunakan seperangkat peralatan elektroda listrik yang kedua kutubnya diletakkan di atas permukaan tanah pada jarak tertentu. Biomassa tumbuhan dipantau antara dua elektroda dengan memperhatikan *electrical capacitance* yang dihasilkan alat tersebut.

b. Model Pendugaan Biomassa dan Karbon (persamaan allometrik).

Menurut Lai, (2002), bahwa pertumbuhan ada dua yaitu pertumbuhan isometrik dan pertumbuhan allometrik. Pertumbuhan

isometrik adalah pertumbuhan yang terjadi tanpa ada perubahan bentuk dan kerapatan, sedangkan pertumbuhan allometrik adalah suatu pertumbuhan dengan perubahan bentuk dan kerapatan namun mengalami pertumbuhan non isometrik. Berdasarkan hal tersebut maka biomassa dan kandungan karbon pohon dapat diduga dengan membuat suatu model penduga allometrik.

Manual of Biomass Survey and Analysis, (2005), menyebutkan dua pendekatan untuk mengestimasi biomassa di atas permukaan dari suatu pohon/hutan. Kedua pendekatan tersebut adalah pendekatan langsung dengan membuat persamaan allometrik dan pendekatan tidak langsung dengan menggunakan "*biomass expansion factor*", Persamaan allometrik digunakan untuk mengekstrapolasi cuplikan data ke area yang lebih luas. Metode allometrik merupakan metode pengukuran pertumbuhan tanaman yang dinyatakan dalam bentuk hubungan-hubungan eksponensial atau logaritma antar organ tanaman yang terjadi secara harmonis dan perubahan secara proporsional.

Niklas, (1994), dalam *Manual of Biomass Survey and Analysis*, (2005), menyebutkan bahwa allometrik berasal dari bahasa Yunani *allos*, "lain" dan *metron*, "mengukur". Selanjutnya dinyatakan bahwa allometrik adalah hubungan antara ukuran dari setiap bagian dan ukuran seluruh organisme. Allometrik didefinisikan sebagai suatu studi dari suatu hubungan antara pertumbuhan dan ukuran salah satu bagian organisme dengan pertumbuhan atau ukuran dari keseluruhan organisme. Allometrik

juga melihat hubungan antara ukuran dan parameter biologi seperti laju metabolisme. Istilah allometrik berarti hubungan antara bagian dari organisme dan keseluruhan organisme, (West, 2009). Dalam pengertian secara umum, allometri adalah setiap studi ukuran dan konsekuensinya, dinyatakan dalam fungsi power $Y = \alpha X^\beta$, (Reiss, 1989). Allometri juga memiliki satu definisi yang lebih ketat: hubungan proporsionalitas antara peningkatan relatif dalam dimensi, (Huxley, 1924; Gayon, 2000 dalam Picard, et al., 2012).

Persamaan allometrik biomassa adalah persamaan regresi yang menyatakan hubungan antara berat biomassa dan dimensi pohon seperti diameter dan tinggi. Persamaan allometrik dapat digunakan untuk menduga nilai parameter untuk jenis dengan mengukur nilai yang tidak tersedia. Dalam studi biomassa hutan/pohon persamaan allometrik digunakan untuk mengetahui hubungan antara ukuran pohon (diameter atau tinggi) dengan berat (kering) pohon secara keseluruhan. Persamaan allometrik dapat digunakan untuk menghubungkan antara diameter batang pohon dengan variabel yang lain seperti volume kayu, biomassa pohon, dan kandungan karbon pada tegakan hutan yang masih berdiri (*standing stock*), (Martin et al., 1998). Metode allometrik merupakan metode pengukuran pertumbuhan tanaman yang dinyatakan dalam bentuk hubungan-hubungan eksponensial atau logaritma antar organ tanaman yang terjadi secara harmonis dan perubahan secara proporsional, (Parresol, 1999).

Sebelum pembuatan model diperlukan parameter-parameter yang mendukung keberadaan model tersebut, yang menjadi kriteria adalah adanya korelasi yang tinggi antara parameter-parameter pencari. Dalam pembuatan model penduga biomassa digunakan satu atau dua peubah bebas (diameter setinggi dada, tinggi bebas cabang, tinggi total dan tinggi tajuk) dalam bentuk linear dan non linear.

Jika mempertimbangkan pohon pada skala populasi, dimensi berbagai individu secara statistik berhubungan satu dengan yang lain, (Gould, 1966 dalam Picard et al., 2012). Hubungan ini berasal dari perkembangan kehidupan individu yang sama untuk semua ke dalam keragaman sejarah pertumbuhan pohon. Misalnya, proporsi antara tinggi dan diameter, antara tajuk, tinggi dan diameter, antara biomassa dan diameter mengikuti aturan yang sama untuk semua pohon, besar atau kecil, selama mereka tumbuh di bawah kondisi yang sama, (Picard, 2012). Hal ini adalah prinsip dasar allometrik dan dapat digunakan untuk memprediksi variabel pohon (biasanya biomassa) dari dimensi lain (misalnya diameter). Persamaan allometrik adalah formula yang secara kuantitatif memformulasikan hubungan ini. Persamaan regresi allometrik sangat penting untuk memperkirakan biomassa di atas tanah dan karbon dari hasil inventarisasi hutan, tanpa ada pengukuran tinggi. Pendugaan stok karbon sangat tergantung pada penyusunan persamaan tersebut, kesalahan dan asumsim. (Chave et al., 2005 dalam Brandeis et al., 2006).

Berdasarkan tabel kelas diameter tegakan yang ada, biomassa per pohon dapat diduga melalui persamaan regresi biomassa atau persamaan allometrik. Hasil pengukuran langsung diameter pohon pada bidang dasar dapat digunakan dalam persamaan regresi. Biomassa total tegakan hutan dapat dihitung dari rata-rata biomassa dikalikan jumlah pohon dalam kelas diameter,(Watson). Persamaan allometrik dinyatakan dengan persamaan umum :

$$Y = a + bX$$

Dalam hal ini, **Y** mewakili ukuran yang diprediksi, **X** adalah bagian yang diukur,

b = kemiringan atau koefisien regresi dan **a** adalah nilai perpotongan dengan sumbu vertikal (**Y**).

Tidak semua perbandingan allometrik bersifat linier. Persamaan lain yang sering digunakan adalah persamaan pangkat (*power function*). Bentuk dasar dari persamaan ini adalah

$$Y = b X^a$$

Bentuk dasar ini kemudian ditransformasikan ke bentuk logaritma menjadi

$$\ln(Y) = \ln b + a \ln x$$

dimana :**b** adalah konstanta atau disebut dengan koefisien allometrik dan **a** adalah pangkat allometrik.

Penggunaan persamaan allometrik standar yang telah dipublikasikan sering dilakukan, tetapi karena koefisien persamaan allometrik ini bervariasi untuk setiap lokasi dan jenis, penggunaan persamaan standar ini dapat mengakibatkan galat (*error*) yang signifikan dalam mengestimasi biomassa suatu vegetasi, (Heiskanen, 2006 dan *Australian Greenhouse office*, 1999 dalam Sutaryo, 2009).

Hanya dua variabel bebas yang tersedia untuk pemodelan yaitu diameter (D) dan tinggi (H). Situasi ini menyebabkan ekspresi memiliki bentuk fungsional $Y = f(D, H)$. Memilih komponen persamaan biomassa yang terbaik berdasarkan *scatterplots* dari data dan menjalankan semua kemungkinan kombinasi regresi dari variabel, (Brandeis, et al., 2006).

Biomassa bambu bervariasi tergantung jenis, tempat tumbuh dan pengelolaannya. Sehingga secara spesifik setiap jenis bambu yang tumbuh di tempat tumbuh yang berbeda dan pengelolaan yang berbeda akan menghasilkan biomassa yang berbeda. Ada beberapa persamaan allometrik pada bambu untuk dapat menentukan biomassa seperti $M = 0.131 * D^{2.28}$, (van Noordwijk et al., 2002) dalam Yiping, et al., 2010), $Y = -3225.8 + 1730.4 DBH$, bambu (Sutaryo, 2009). Biomassa individu bambu tegakan jenis bambu Moso dan tegakan bambu secara keseluruhan menggunakan rumus $W=213.4164D^{-0.5805}H^{2.3131}$ ($R=0.8321$), (Chen 1998 dalam Yiping, et al., 2010). Menduga biomassa bambu secara umum diatas permukaan $(AGB)_{est} = 0.131 D^{2.28}$, (Priyadarsini, 2000 dalam Hairiah et al., 2011). Untuk menghitung cadangan karbon biomassa

menggunakan rumus : $C = 0.5B$ Dimana: B adalah biomassa dan C adalah cadangan karbon dalam biomassa, sedangkan 0.5 adalah fraksi karbon umumnya digunakan untuk pohon dan bambu, (Xu et al., 2007 dalam Yiping, et al., 2010)

GTOS, (2009) menyatakan bahwa persamaan allometrik digunakan untuk tipe dan jenis vegetasi tertentu. Persamaan allometrik terutama diperoleh berdasarkan spesifik jenis dan lokasi (UNFCCC, 2006). Dalam prakteknya, persamaan allometrik digunakan pada tipe vegetasi dan jenis yang berbeda sehingga nilai duga kemungkinannya akan menjadi *under estimate* atau *over estimate*. Koefisien allometrik bervariasi antar lokasi dan jenis, dan berdasarkan jarak tertentu dari diameter pohon, penggunaan persamaan allometrik standar dapat menyebabkan kesalahan signifikan dalam estimasi biomassa vegetasi (Chave et al., 2005 dan Heiskanen, 2006 dalam GTOS, 2009). Masalah ini terjadi ketika persamaan allometrik yang diterapkan pada tipe vegetasi yang berada di luar daerah di mana mereka awalnya diperoleh. Akibatnya ada upaya dalam mengembangkan persamaan allometrik regional dan nasional merupakan persamaan umum biomassa yang dapat diterapkan ke wilayah geografis yang lebih luas dari persamaan allometrik yang ada, (Schroeder et al., 1997, Lambert et al., 2005 dan Kasus dan Hall, 2008 dalam GTOS, 2009).

c. Perhitungan Biomassa dan Karbon Berdasarkan Komponen Kimia

Secara umum bahwa biomassa tumbuhan tersusun atas komponen kimia yang meliputi selulosa, hemiselulosa, lignin dan zat ekstraktif. Berdasarkan dengan rumus kimianya persentase karbon masing-masing dapat dihitung yaitu perbandingan berat karbon terhadap berat molekulnya yang dinyatakan dalam persen. Menurut *Environmental Science Activities for the 21st Century* (ESA21), jika gula sebagai titik poin massa tumbuhan, maka fraksi terbesar adalah karbon. Karbon sebagai hasil fotosintesa memiliki berat atom 12, hidrogen 1, dan oksigen 16 berarti bahwa $72/180 = 40\%$, maka massa penyusun kayu adalah 40%. Jika didasarkan dengan molekul-molekul lain dalam pohon (protein, lemak, dll), diperoleh kira-kira 45% berat kering dari pohon adalah karbon. Dengan kata lain, setiap 100 kg log dari setiap pohon maka kandungan karbon yang tersimpan adalah 45 kg.

Unsur kimia penyusun utama bambu adalah: C 45,7%, H 4,3%, O 49,7%, dan N 0,3%, (Tippayawong et al., 2010). Sedangkan Kim, (2009), memperoleh C 47,17%, H 6,8%, O 43,74% dan N 0,27%. Selain komponen organik juga terdapat komponen anorganik berupa abu. Kadar abu bambu bervariasi dari 0,8% sampai 9,7% dengan jumlah yang lebih besar di wilayah buku dibanding dengan di ruas. Silika merupakan komponen utama dari epidermis dengan nilai antara 1,5% (*Bambusa vulgaris*) dan 6,4% (*Schizostachyum lumampao*), atau di atas 5% tergantung jenis, (Liese). Dibanding dengan biomassa kayu (1 – 5%), (Sims, 2007). Abu terdiri atas silika, tembaga, seng, besi, kalium,

kalsium, magnesium, mangan, dll, (Tamolang et al., 1980 dan Chen et al., 1987, *dalam* Liese).

E. Deskripsi dan Klasifikasi Bambu Parring

Bambu parring (*Gigantochloa atter*) sinonim dengan bambu *Bambusa thoursii* Kunth dan *Gigantochloa verticillata* dengan nama umum Indonesia Bambu ater, pring benel, pring jawa (Jawa), awi temen (Sunda), asalnya tidak diketahui dan banyak dibudidayakan di P. Jawa dan pulau-pulau lainnya di Indonesia. Banyak digunakan bahan bangunan, untuk keperluan rumah tangga seperti meubel, tusuk sate, tusuk gigi dan kerajinan, dan di Jawa Barat sebagai alat music, (Dransfield dan Widjaya, 1995). Di Sulawesi Selatan (Makassar) dikenal dengan nama bambu parring, tersebar luas di beberapa kabupaten dan merupakan jenis bambu yang paling banyak dibudidayakan dan dimanfaatkan.

Bambu parring merupakan jenis berumpun, dapat mencapai tinggi 25 m, diameter 5 – 10 cm, dengan ketebalan dinding di atas 8 mm dan panjang antar ruas 40 – 50 cm. Pemanenan dapat dilakukan mulai 4 – 5 tahun setelah penanaman. Direkomendasikan hanya menebang umur 2 – 3 tahun di atas permukaan tanah, terutama di musim kemarau. Di Indonesia rata-rata produksi batang 6 – 7 batang per tahun, 200 rumpun per ha, 1200 – 1400 batang per ha, (Dransfield dan Widjaya, 1995).

Sistematika dan Klasifikasi bambu parring

(<http://www.plantamor.com>) adalah sebagai berikut :

Kingdom : Plantae (Tumbuhan)

Subkingdom : Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)

Super Divisi : Spermatophyta (Menghasilkan biji)

Divisi : Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)

Kelas : Liliopsida (berkeping satu / monokotil)

Sub Kelas : Commelinidae

Ordo : Poales

Famili : Poaceae (suku rumput-rumputan)

Genus : Gigantochloa

Spesies : *Gigantochloa atter* (Hassk) Kurz ex Munro,

F. Kerangka Pikir

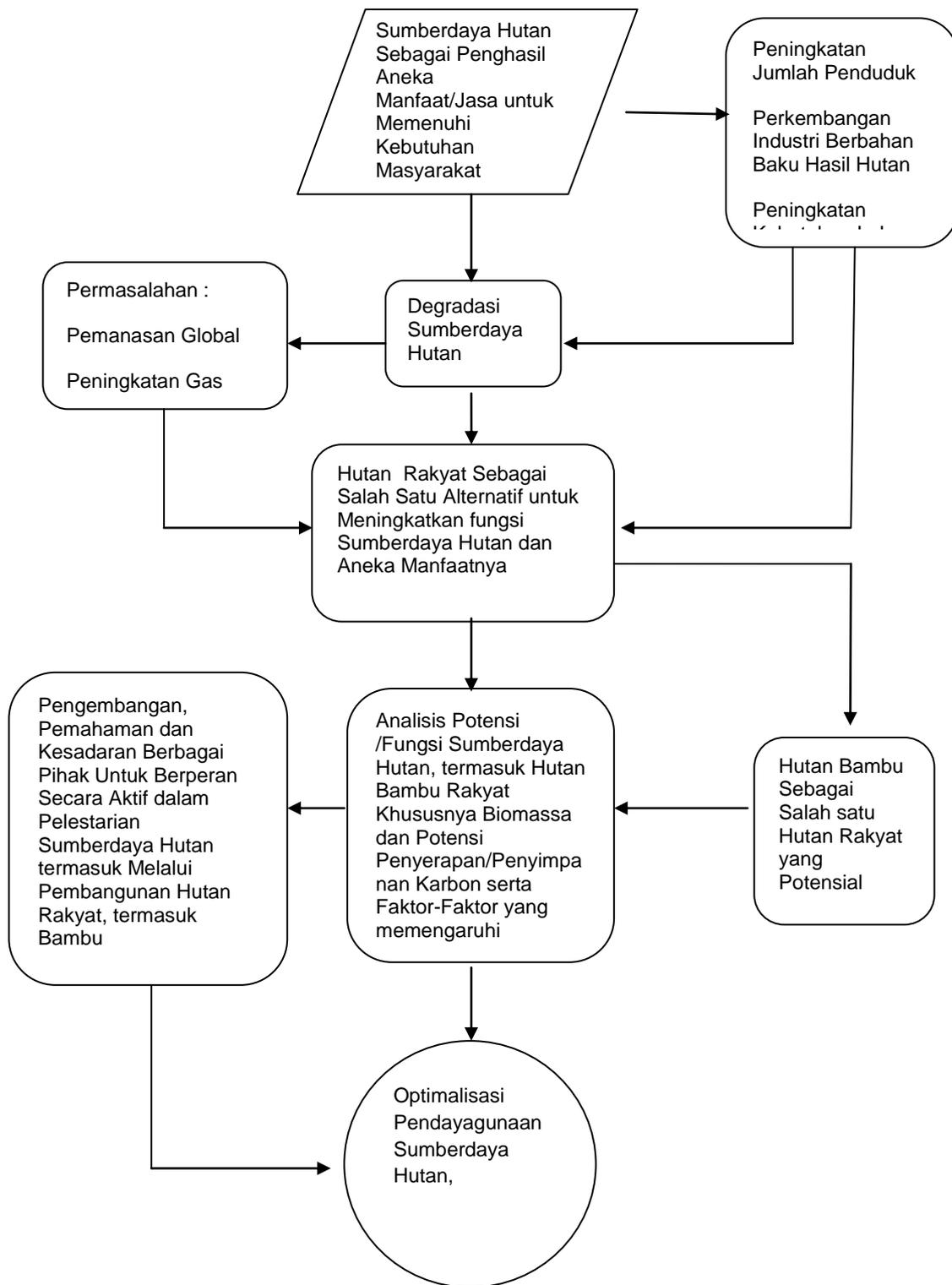
Peranan hutan bambu di Provinsi Sulawesi Selatan terutama di Kabupaten Maros sangat penting. Secara sosial ekonomi bambu telah memberikan peranan dan manfaat secara ekonomi kepada masyarakat. Namun demikian, pemanfaatan bambu masih terbatas dan bersifat konvensional. Bambu pada umumnya dimanfaatkan berdasarkan budaya dan kebiasaan dan masih secara tradisional oleh masyarakat, baik sebagai bahan konstruksi, kerajinan, dan sumber pendapatan.

Saat ini bambu banyak dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari sebagai kebutuhan sendiri ataupun dijual langsung ke pedagang atau ke konsumen. Konsumen bambu selain untuk keperluan sendiri, juga banyak digunakan sebagai bahan untuk acara budaya, penyangga pengecoran, dan kerajinan, sehingga pemanfaatan dan pengolahan bambu tergantung dari konsumen yang membutuhkan.

Tegakan bambu bukan hanya berfungsi sebagai sumberdaya sosial dan ekonomi tetapi juga sebagai sumberdaya ekologi, Bambu memiliki kemampuan untuk tumbuh dengan cepat, membentuk tegakan yang cepat, kemampuan menyerap karbon, dan mengembalikan oksigen yang besar, mengurangi tingkat radiasi ultraviolet, mencegah erosi, sebagai tanaman pelindung pemukiman dari angin kencang dan kemampuan untuk mengurangi limbah pencemaran.

Fungsi dan peranan bambu akan optimal jika diikuti dengan tingkat pengelolaan tegakan yang baik. Luas areal dan potensi bambu di Sulawesi Selatan khususnya di Maros belum diketahui secara pasti, namun ada kecenderungan mengalami penurunan dari tahun ke tahun. Salah satu faktor penyebab adalah adanya permintaan bambu oleh masyarakat semakin meningkat, perubahan fungsi lahan, dan pengelolaan tegakan bambu yang kurang diperhatikan. Selain itu upaya pemanfaatan baik jumlah dan jenis belum optimal, sehingga hubungan antara potensi, pengelolaan dan pemanfaatan perlu dilakukan kajian.

Peran hutan bambu sebagai penyerap dan penyimpan karbon belum menjadi perhatian banyak orang, walaupun kemampuan menyerap karbon sangat tinggi dalam waktu yang singkat. Dalam penentuan kemampuan menyerap karbon perlu ada model penduga biomassa yang secara lokal dapat digunakan dengan hasil yang akurat. Pada saat ini beberapa lembaga internasional seperti IPCC dan ICRAF menggunakan pendekatan dan kadar karbon yang berbeda. Penentuan nilai karbon biomassa kering dengan menggunakan nilai koreksi 0.5 secara umum akan memberikan nilai yang bias. Pendekatan dengan menggunakan perhitungan karbon berdasarkan komponen kimia belum dilakukan, namun hasilnya akan lebih akurat.



Gambar 3. Kerangka Pemikiran Analisis Potensi, Pengelolaan dan Serapan Karbon Hutan Bambu Rakyat di Kecamatan Tanralili Kabupaten Maros.

G. Definisi Operasional

1. Hutan Bambu Rakyat adalah adalah hutan bambu yang tumbuh di atas tanah yang dibebani hak milik atau tegakan bambu rakyat yang dimiliki oleh petani di Kecamatan Tanralili Kabupaten Maros
2. *Carbon Sink* adalah Jika jumlah fiksasi karbon bambu lebih besar dibanding dengan penguraian, maka bambu menyimpan karbon.
3. Carbon Sequestration adalah jumlah karbondioksida yang diserap dan disimpan sebagai biomassa
4. HHBK adalah Hasil Hutan Bukan Kayu Bambu
5. Diameter bambu adalah diameter bambu yang diukur pada ruas kedua pangkal bambu.
6. Tinggi bambu adalah tinggi vertikal bambu dari permukaan tanah sampai pada ujung bambu.
7. Kadar air adalah kadar air kering oven
8. Komponen Kimia Penyusun adalah komponen kimia struktural dan non struktural
9. Kadar Karbon adalah kandungan karbon berdasarkan komponen kimia struktural dan non struktural dengan memperhitungkan kadar abu.
10. *Stock Carbon* (Rosot karbon): Media atau tempat penyerapan dan penyimpanan karbon dalam bentuk bahan organik, vegetasi hutan.