

**PENGUKURAN BIOMASSA DAN KARBON  
HUTAN TANAMAN JATI (*Tectona grandis*, L.f)  
DI KPH RANDUBLATUNG,  
PERUM PERHUTANI UNIT I JAWA TENGAH**

**Tesis**

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-2**

**Program Studi Ilmu Kehutanan**



**Diajukan oleh:**

**HARYO PAMBUDI**

**NIM. 09/290986/PKT/832**

**Kepada :**

**PROGRAM STUDI ILMU KEHUTANAN  
FAKULTAS KEHUTANAN UNIVERSITAS GADJAH MADA  
YOGYAKARTA  
2011**

LEMBAR PENGESAHAN

TESIS

**PENGUKURAN BIOMASSA DAN KARBON HUTAN TANAMAN JATI  
(*Tectona grandis* L.f) DI KPH RANDUBLATUNG,  
PERUM PERHUTANI UNIT I JAWA TENGAH**

Disusun Oleh :

**HARYO PAMBUDI**  
**NIM.09/290986/PKT/832**

Telah dipertahankan di hadapan Dewan Penguji

Pada tanggal 08 Agustus 2011

Susunan Dewan Penguji :


Pembimbing Utama,


Anggota Dewan Penguji,

  
**Dr. Ir. Ris Hadi Purwanto, M.Agr.Sc**

  
**Dr. Ir. Nunuk Supriyatno, M.Sc**

Pembimbing Pendamping

  
**Dr. Ir. Haryono Supriyo, M.Agr.Sc**



  
**Dr. Senawi, MP**

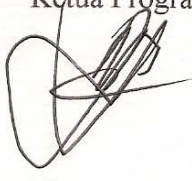
Tesis ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar *Master of Science (M.Sc.)*

Tanggal.....

Dekan Fakultas Kehutanan,

Ketua Program S2,

  
  
**Prof. Dr. Ir. Mochammad Na'iem, M.Agr.Sc**  
**NIP. 19540416 197803 1 005**

  
**Dr. Ir. JP. Gentur Sutapa, M.Sc**  
**NIP.19621201 198703 1 001**

## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, Agustus 2011

Yang menyatakan,

Haryo Pambudi

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr. wb.

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah memberikan kemampuan kepada penulis untuk menyelesaikan penulisan tesis ini. Tesis ini berjudul “*Pengukuran Biomassa dan Karbon Hutan Tanaman Jati (Tectona grandis L.f) di KPH Randublatung, Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah*”. Penulisan tesis merupakan salah satu syarat yang harus dilakukan untuk memperoleh gelar *Master of Science* pada Program Studi Ilmu Kehutanan, Universitas Gadjah Mada.

Terima kasih penulis ucapkan kepada :

1. Kepala Pusat Standardisasi dan Lingkungan, Kemenhut, atas kesempatan karyasiswa yang diberikan.
2. Prof.Dr.Ir. Mochammad Na'iem, M.Agr.Sc, selaku Dekan Fakultas Kehutanan, UGM, Yogyakarta.
3. Ketua Program S-2 beserta seluruh staf yang telah memberikan bantuan dan pengarahan selama mengikuti pendidikan S-2.
4. Dr. Ir. Ris Hadi Purwanto, M.Agr.Sc. selaku pembimbing I dan Dr. Ir. Haryono Supriyo, M.Agr.Sc selaku pembimbing II yang telah mengarahkan penulis selama penulisan tesis ini.
5. Ka.KPH Randublatung Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah, beserta jajarannya atas bantuan dan kerjasamanya selama proses penelitian.
6. Kepala Pusbanghut Perum Perhutani Cepu atas program kerjasama penelitian (Pengukuran Stok Karbon pada Kelas Perusahaan Hutan Jati dengan Menyusun Persamaan Allometrik) bersama dengan Fakultas Kehutanan UGM.
7. Rekan - rekan sesama mahasiswa pascasarjana Ilmu Kehutanan, yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyusunan tesis ini.
8. Rekan-rekan staf Pustanling yang telah memberikan bantuan dan dukungan selama ini.

9. Seluruh orang tuaku yang selalu mengirimkan doanya.
10. Istriku Aulia Nur Umiyati dan ketiga anakku Ataya C.P, Umayma Najiya C.P, Magistra Ali A.P atas pengorbanan dan doa kalian selama ini
11. Mas Bambang, dik Bobby dan mbak fitri atas kerjasamanya selama penelitian.
12. Semua pihak yang telah membantu, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tesis ini mungkin belum sempurna dan masih memerlukan pengembangan lebih lanjut, oleh karena itu masukan sangat diharapkan guna perbaikan selanjutnya.

Wassalamualaikum Wr. Wb

Yogyakarta, Agustus 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

|   | <b>Halaman</b> |
|---|----------------|
| <b>HALAMAN JUDUL .....</b>  | <b>i</b>       |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>  | <b>ii</b>      |
| <b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>  | <b>iii</b>     |
| <b>KATA PENGANTAR .....</b>   | <b>iv</b>      |
| <b>DAFTAR ISI .....</b>   | <b>vi</b>      |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>   | <b>viii</b>    |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>  | <b>x</b>       |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>  | <b>xii</b>     |
| <b>INTISARI .....</b>   | <b>xiii</b>    |
| <b>ABSTRACT .....</b>   | <b>xiv</b>     |
| <b>I. PENDAHULUAN .....</b>   | <b>1</b>       |
| 1.1. Latar Belakang .....   | 1              |
| 1.2. Rumusan Masalah .....  | 3              |
| 1.3. Tujuan .....   | 3              |
| 1.4. Manfaat .....  | 4              |
| <b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>   | <b>5</b>       |
| 2.1. Fotosintesis dan Siklus Karbon .....   | 5              |
| 2.2. Perubahan Iklim dan Pemanasan Global .....   | 8              |
| 2.3. Peranan Hutan dalam Menyerap Karbon .....  | 10             |
| 2.4. Sebaran Biomassa dan Karbon .....  | 12             |
| 2.5. Inventarisasi Biomassa dan Karbon Hutan .....  | 15             |
| 2.6. Estimasi Biomassa Hutan /Pohon .....   | 21             |
| 2.6.1. Persamaan Allometrik .....   | 21             |
| 2.6.2. <i>Biomass Expansion Factor</i> (BEF) .....  | 23             |
| 2.6.3. Rasio Biomassa <i>Belowground</i> : <i>Aboveground</i><br>( <i>Root</i> : <i>Shoot Ratio</i> ) ..... | 23             |
| 2.7. Tanaman Jati .....   | 25             |
| <b>III. METODE PENELITIAN .....</b>   | <b>30</b>      |
| 3.1. Lokasi dan Waktu Pengambilan Data .....  | 30             |
| 3.2. Bahan dan Alat .....   | 30             |
| 3.3. Metode Penelitian .....  | 32             |
| 3.3.1. Pengambilan Sampel di Lapangan .....   | 33             |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.3.2. Pengujian Laboratorium .....   | 37        |
| 3.3.2.1. Pengukuran Kandungan Biomassa .....  | 37        |
| 3.3.2.2 Perhitungan Kandungan Karbon .....  | 38        |
| 3.3.3. Kandungan Karbon Pohon .....   | 41        |
| 3.4. Persamaan Allometrik .....   | 41        |
| 3.5. Kemampuan Hutan Jati Menyimpan Karbon .....  | 42        |
| 3.6. Penyerapan Karbondioksida (CO <sub>2</sub> ) Hutan Jati .....  | 43        |
| <b>IV. GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN .....</b>  | <b>45</b> |
| 4.1. Lokasi .....   | 45        |
| 4.2. Tanah dan Topografi .....  | 46        |
| 4.3. Iklim .....  | 47        |
| 4.4. Kondisi Tegakan .....  | 47        |
| <b>V. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>  | <b>49</b> |
| 5.1. Pohon Sampel .....   | 49        |
| 5.2. Kandungan Biomassa dan Karbon Tanaman Jati .....   | 52        |
| 5.2.1. Kandungan Biomassa .....   | 52        |
| 5.2.2. Rasio Biomassa <i>Belowground</i> : <i>Aboveground</i><br>( <i>Root</i> : <i>Shoot Ratio</i> ) .....               | 56        |
| 5.2.3. Kandungan Karbon .....   | 60        |
| 5.3. Persamaan Allometrik dsan <i>Biomassa Expansion Factor</i> (BEF) .....   | 63        |
| 5.3.1. Persamaan Allometrik dbh- Biomassa .....   | 63        |
| 5.3.2. Persamaan Allometrik dbh - Kandungan Karbon .....  | 67        |
| 5.3.3. <i>Biomassa Expansion Factor</i> (BEF) .....   | 69        |
| 5.3.4. <i>Carbon Expansion Factor</i> (BEF) .....   | 72        |
| 5.4. Estimasi Kandungan Biomassa Tegakan Jati .....   | 73        |
| 5.4.1. Estimasi Kandungan Biomassa Menggunakan Persamaan<br>Allometrik .....  | 76        |
| 5.4.2. Estimasi Kandungan Biomassa Menggunakan BEF .....  | 79        |
| 5.5. Estimasi Kandungan Karbon Tegakan Jati .....   | 81        |
| 5.5.1. Estimasi Kandungan Karbon Menggunakan Persamaan<br>Allometrik .....  | 82        |
| 5.5.2. Estimasi Kandungan Karbon Menggunakan Rumus C<br><i>Standing Crop</i> dan <i>Carbon Expansion Factor</i> CEF ..... | 85        |
| 5.6. Penyerapan CO <sub>2</sub> Tegakan Jati .....  | 89        |
| <b>VI. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>   | <b>92</b> |
| 6.1. Kesimpulan .....   | 92        |
| 6.2. Saran .....  | 93        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>   | <b>94</b> |
| <b>LAMPIRAN .....</b>   | <b>98</b> |



## DAFTAR TABEL

| No. | Teks  | Hal |
|-----|---|-----|
| 1.  | Perkiraan Sebaran Biomassa Tumbuhan pada Berbagai Ekosistem Darat .....                                 | 13  |
| 2.  | Estimasi Stok Biomassa Karbon Hutan di Beberapa Negara (Mt C) .....                                     | 14  |
| 3.  | Nilai Rasio Biomassa <i>Belowground</i> : <i>Aboveground</i> Beberapa Tipe Hutan .....                  | 24  |
| 4.  | Kondisi Topografi Wilayah KPH Randublatung .....  | 47  |
| 5.  | Rata-rata Hari Hujan dan Curah Hujan Wilayah Kabupaten Blora pada Tahun 2005 - 2009 .....               | 47  |
| 6.  | Ikhtisar Kelas Hutan KPH Randublatung Tahun 2010 (Triwulan I) .....                                     | 48  |
| 7.  | Data Pohon Sampel .....   | 49  |
| 8.  | Kandungan Biomassa Organ Pohon Berdasarkan Variasi Umur dan dbh .....                                   | 53  |
| 9.  | Nilai Rasio Akar : Total <i>Aboveground</i> (R) .....   | 57  |
| 10. | Nilai Rasio Biomassa <i>Belowground</i> : <i>Aboveground</i> ( <i>Root</i> : <i>Shoot Ratio</i> ) ..... | 58  |
| 11. | Kisaran Kadar Karbon Masing-masing Organ Tanaman Jati .....   | 61  |
| 12. | Kandungan Karbon Organ Tanaman Jati .....   | 62  |
| 13. | Persamaan Allometrik dbh - Biomassa .....   | 64  |
| 14. | Persamaan Allometrik dbh – Kandungan Karbon .....   | 68  |
| 15. | <i>Biomassa Expansion Factor</i> (BEF) Tanaman Jati KU I – KU IV .....                                  | 71  |
| 16. | Inventarisasi Tegakan Jati Di KPH Randublatung .....  | 74  |
| 17. | Kandungan Biomassa Tegakan Jati dengan Metode BEF .....   | 80  |



|  |    |
|--|----|
| 18. Perbandingan Kandungan Biomassa Tegakan Jati KU I - KU IV<br>Berdasarkan Metode Allometrik dan BEF .....                 | 81 |
| 19. Perbandingan Kandungan Karbon KPH Randublatung dan KPH Cepu<br>.. .....  | 83 |
| 20. Kandungan Karbon Tegakan Berdiri (C tb) .....  | 85 |
| 21. Kandungan Karbon Tegakan Berdiri Terkoreksi (C tb1) .....  | 86 |
| 22. Nilai <i>Carbon Expansion Factor</i> (CEF) Berdasarkan Hasil Pengamatan<br>dan Persamaan Allometrik .....                | 87 |
| 23. Perbandingan Kandungan Karbon Berdasarkan Empat Metode .....   | 88 |
| 24. Penyerapan CO <sub>2</sub> Tegakan Jati Tiap Kelas Umur di KPH Randublatung .....  | 89 |
| 25. Luas Tegakan Kelas Perusahaan Jati Produktif Perum Perhutani .....   | 91 |
| 26. Peran Tegakan Kelas Perusahaan Jati Produktif Perum Perhutani pada<br>Penurunan Emisi CO <sub>2</sub> di Indonesia ..... | 91 |

## DAFTAR GAMBAR

| No. | Teks  | Hal |
|-----|---|-----|
| 1.  | Siklus Karbon .....   | 7   |
| 2.  | Skenario Konsentrasi CO <sub>2</sub> di Atmosfer Berdasarkan SRES ..... | 9   |
| 3.  | Dampak Perubahan Iklim Terhadap Negara-negara di Dunia .....            | 11  |
| 4.  | Proses Akumulasi dan Pelepasan Karbon pada Sistem Hutan .....           | 12  |
| 5.  | Peta Sebaran Karbon di Hutan Tropis Afrika dan Asia Tenggara .....      | 16  |
| 6.  | Kantong Karbon .....  | 18  |
| 7.  | Grafik Hubungan Diameter Pohon dengan Biomassa Organ Tanaman ....       | 22  |
| 8.  | Lokasi Penyebaran Hutan Jati di Dunia .....                             | 26  |
| 9.  | Persentase Luas Hutan Jati Masing-masing Negara .....                   | 27  |
| 10. | Peta Lokasi Penelitian .....  | 31  |
| 11. | Pengambilan Sampel Batang .....   | 34  |
| 12. | Pengukuran Sortimen .....   | 35  |
| 13. | Pengambilan Sampel Disk dan Serbuk Batang .....                         | 35  |
| 14. | Pengambilan Sampel Cabang/Ranting dan Daun .....                        | 36  |
| 15. | Pengambilan Sampel Akar .....   | 37  |
| 16. | Diagram Alir Metode Penelitian .....                                    | 44  |
| 17. | Skema Pembagian Wilayah Hutan KPH Randublatung .....                    | 46  |
| 18. | Selisih Tinggi Pohon Berdiri (h) dan Panjang Pohon (p) .....            | 50  |
| 19. | Kesalahan Melihat Puncak Pohon dalam Pengukuran Tinggi Pohon .....      | 51  |
| 20. | Kesalahan Pengukuran Tinggi Pohon dalam Kondisi Condong .....           | 51  |

|   |    |
|---|----|
| 21. Penentuan Jarak Pengukuran Pohon yang Tidak Tepat .....   | 52 |
| 22. Persentase Kandungan Biomassa Organ Tanaman .....   | 54 |
| 23. Persentase Kandungan Biomassa Rata-rata Organ Tanaman .....   | 55 |
| 24. Persentase Kandungan Biomassa dan Kandungan N Daun dan Kulit .....                                      | 56 |
| 25. Kadar Karbon Organ Tanaman Jati .....   | 60 |
| 26. Persentase Kandungan Karbon Organ Tanaman .....   | 63 |
| 27. Hubungan antara dbh – Kandungan Biomassa (kg/pohon).....  | 66 |
| 28. Hubungan antara dbh – Kandungan Karbon Biomassa (kg/pohon) .....  | 70 |
| 29. Kerangka Alur Penyusunan <i>Carbon Expansion Factor</i> (CEF) .....                                     | 73 |
| 30. Hubungan Umur dan Diameter Setinggi Dada (dbh) Tanaman Jati) .....                                      | 75 |
| 31. Hubungan Dbh dan Tinggi Pohon Tanaman Jati .....  | 76 |
| 32. Hubungan Umur Jati dengan Kandungan Biomassa per hektar .....   | 77 |
| 33. Perbandingan Persentase Kandungan Biomassa Terhadap<br>Persentase Luas Masing - masing Kelas Umur ..... | 78 |
| 34. Hubungan antara Umur terhadap Kandungan Karbon per hektar<br>Tegakan Jati .....                         | 82 |
| 35. Perbandingan Persentase Kandungan Karbon Terhadap Persentase<br>Luas Masing - masing Kelas Umur .....   | 84 |
| 36. Rancangan Penelitian Pengukuran Biomassa dan Karbon Hutan Jati .....                                    | 93 |

## DAFTAR LAMPIRAN

| No. | Teks  | Hal |
|-----|---|-----|
| 1.  | Data Inventarisasi Petak Ukur Masing-masing Kelas Umur .....  | 98  |
| 2.  | Kandungan Biomassa, Karbon dan Penyerapan CO <sub>2</sub><br>Tegakan Jati ( <i>Tectona grandis</i> , L.f) di KPH Randublatung ..... | 100 |
| 3.  | Perbandingan Kandungan Karbon Tegakan Jati Berdasarkan<br>4 Metode Pengukuran .....   | 105 |
| 4.  | Hasil Analisis SPSS Hubungan dbh-Kandungan Biomassa .....   | 108 |
| 5.  | Hasil Analisis SPSS Hubungan dbh-Kandungan Karbon .....   | 111 |
| 6.  | Dokumentasi Penelitian .....  | 114 |

## INTISARI

Indonesia adalah salah satu produsen utama tanaman jati (*Tectona grandis*, L.f) di dunia. Tanaman jati merupakan penyimpan karbon dalam waktu yang lama dan memainkan peran yang penting dalam penyerapan CO<sub>2</sub>. Namun, sejauh ini persamaan untuk biomassa dan karbon total (*above+below ground*) tanaman jati masih jarang dilakukan. Pengukuran biomassa dan karbon total dapat digunakan untuk (1) menyusun persamaan allometrik, *Biomassa expansion Factor* (BEF) dan *Carbon Expansion Factor* (CEF), (2) estimasi biomassa total, karbon total dan penyerapan CO<sub>2</sub> tegakan jati.

Pengumpulan data dilakukan di KPH Randublatung, Perum Perhutani Unit I, Jawa Tengah, Indonesia. Jumlah pohon sampel pada penelitian ini adalah 18 pohon yang berasal dari 6 kelas umur (KU). Metode *destructive sampling* pada pohon sampel dengan *diameter at breast height* (dbh) digunakan sebagai prediktor untuk menghitung kandungan biomassa dan karbon total. Persamaan allometrik hubungan dbh dengan kandungan biomassa dan karbon total disusun dan digunakan untuk mengukur kandungan biomassa dan karbon total pada 10 kelas umur (KU I – KU X).

Persamaan allometrik hubungan dbh dengan kandungan biomassa total adalah  $Bt = 0,133dbh^{2,394}$  ( $R^2$  0,974) dan hubungan dbh dengan kandungan karbon total adalah  $Kt = 0,088dbh^{2,39}$  ( $R^2$  0,977). Nilai *Biomassa Expansion Factor* (BEF) untuk mengonversi volume batang berdiri ke dalam kandungan biomassa total pada umur 6; 16; 20; 36 tahun secara berturut-turut sebesar 0,54; 0,50; 0,45 dan 0,41. *Carbon Expansion Factor* (CEF) untuk mengonversi volume batang berdiri ke dalam kandungan karbon total pada KU I – X secara berturut-turut adalah 0,56; 0,24; 0,19; 0,20; 0,18; 0,21; 0,21; 0,21; 0,20 dan 0,20. Pengukuran kandungan biomassa total tegakan jati di KPH Randublatung adalah sebesar 1.502.619,216 ton, dengan kandungan biomassa per hektar sebesar 64,562 ton/ha. Kandungan karbon total tegakan jati adalah sebesar 983.857,74 ton, dengan kandungan karbon per hektar 42,172 ton/ha dan besarnya penyerapan CO<sub>2</sub> tegakan jati adalah sebesar 3.607.478,38 ton dengan penyerapan CO<sub>2</sub> per hektar sebesar 154,631 ton/ha.

Kata kunci : Jati, biomassa, karbon, persamaan allometrik, KPH Randublatung.

## ABSTRACT

Indonesia is one of the main producers of teak (*Tectona grandis*, L.f) plantations in the world. Teak plantations are a long-term sink for carbon and play an important role in CO<sub>2</sub> absorption. However, so far the equations for teak plantations have not been developed in total biomass and carbon (above+below-ground). Total biomass and carbon measurements can be used (1) to develop equations allometrik, Biomass Expansion Factor (BEF) and Carbon Expansion Factor (CEF), (2) to estimate the total biomass, total carbon and CO<sub>2</sub> sequestration of teak plantations.

The data were collected in KPH Randublatung, Perum Perhutani Unit I, Central Java, Indonesia. The number of trees sampled in this research was 18 with 6 age class (KU). Destructive sampling was used to collect the samples where diameter at breast height (dbh) was used as predictor for total biomass and total carbon. Allometric equations relationship between dbh to total biomass and carbon was constructed and used to measure the total biomass and carbon storage in 10 age classes (KU I – KU X).

Allometric equations relationship dbh to total biomass was  $B_t = 0.133\text{dbh}^{2.394}$  ( $R^2$  0.974) and relationship dbh to total carbon was  $K_t = 0.088\text{dbh}^{2.39}$  ( $R^2$  0.977). Biomass Expansion Factor (BEF) that can be used to converse stem volume to total biomass content for ages 6; 16; 20; 36 year are 0.54; 0.50; 0.45 and 0.41 respectively. Carbon Expansion (CEF) that can be used to converse stem volume to total carbon content for KU I – X are 0.56; 0.24; 0.19; 0.20; 0.18; 0.21; 0.21; 0.21; 0.21; 0.20 and 0.20 respectively. Measured total biomass of teak plantations in KPH Randublatung was 1,502,619.216 tons, which averaged 64.562 tons/ha. The total carbon of teak plantation was 983,857.74 tons, which averaged 42.172 tons/ha and the total CO<sub>2</sub> sequestration was 3,607,478.38 tons, which averaged 154.631 tons/ha.

Keywords : Teak, biomass, carbon, allometric equations, KPH Randublatung

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Fotosintesis pada hakikatnya merupakan mekanisme masuknya energi ke dalam dunia kehidupan. Proses ini menjadikan hutan memiliki peran penting, karena penyusun utamanya adalah tumbuhan yang melakukan fotosintesis. Hutan juga memberikan manfaat sebagai penyerap karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) melalui proses fotosintesis. Gas CO<sub>2</sub> merupakan salah satu komponen kunci Gas Rumah Kaca (GRK) yang dapat berperan sebagai perangkap panas di atmosfer apabila melewati ambang batas.

Peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer mulai mendapat perhatian dari seluruh dunia. Konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer meningkat di masa pra industri sebesar 279 *part per million by volume* (ppmv), dan sebesar 379 ppmv pada tahun 2005. Emisi CO<sub>2</sub> yang berasal dari sektor penggunaan lahan meningkat dari 6,35 Gt pada tahun 1970, dengan kenaikan rata-rata 0,126 Gt, menjadi 9,5 Gt pada tahun 2004 (IPPC 2007c dalam Ravindranath *et al*, 2008). Indonesia berada di bawah Amerika Serikat dan China sebagai negara penghasil emisi di dunia dengan jumlah mencapai dua miliar ton CO<sub>2</sub> per tahunnya atau menyumbang sebesar 10% dari emisi CO<sub>2</sub> di dunia (Wetland International, 2006).

Peningkatan konsentrasi CO<sub>2</sub> menyebabkan pemanasan permukaan bumi akan mencairkan cukup banyak es di daerah kutub sehingga permukaan air laut akan naik dan menggenangi banyak kota pantai. Perubahan iklim lain yang



menyertainya terutama pada pola curah hujan, akan sangat banyak mengubah pertanian dan vegetasi alam (Salisbury *et al*, 1995).

Kondisi tersebut mendorong pelestarian keberadaan hutan yang dapat menyerap CO<sub>2</sub> dari atmosfer melalui fotosintesis. Laju fotosintesis berbagai spesies tumbuhan yang tumbuh pada berbagai daerah yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda. Perbedaan ini sebagian disebabkan oleh adanya keragaman cahaya, suhu dan ketersediaan air, tetapi tiap spesies menunjukkan perbedaan yang besar pada kondisi khusus yang optimum bagi mereka (Salisbury *et al*, 1995). Tanaman atau pohon berumur panjang yang tumbuh di hutan maupun di kebun campuran (agroforestri) merupakan tempat penimbunan atau penyimpanan karbon (*carbon sink*) yang jauh lebih besar dari pada tanaman semusim (Hairiah dan Rahayu, 2007).

Tanaman jati (*Tectona grandis*, L.f) merupakan jenis tanaman dengan umur masak tebang yang relatif panjang. Hal ini diduga akan memberikan manfaat sebagai penyerap kadar CO<sub>2</sub> di atmosfer melui proses fotosintesis relatif lama. Indonesia merupakan salah satu produsen utama tanaman jati di dunia dan banyak dijumpai di pulau Jawa karena karakteristik lingkungannya sesuai sebagai tempat tumbuh. Pengelolaan tanaman jati di Jawa yang dikelola oleh Perum Perhutani dibagi ke dalam beberapa kelas umur. Besarnya peran penting hutan jati dalam penyimpanan karbon dan pengurangan kadar CO<sub>2</sub> di atmosfer memerlukan penelitian yang lebih mendalam. Selain itu penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan informasi keberadaan/alokasi karbon yang diserap dari atmosfer pada tanaman jati.

## 1.2 Rumusan Masalah

Tanaman jati menghasilkan kayu yang sangat berharga dan dapat dipakai untuk memenuhi berbagai keperluan karena memiliki sifat fisis, mekanis, dan keawetan yang baik serta mudah dikerjakan. Kayu jati praktis sangat cocok untuk segala jenis konstruksi. Jati merupakan kayu yang paling baik untuk pembuatan kapal, terutama untuk kapal yang berlayar di daerah tropis. Meskipun kayu jati mempunyai kegunaan yang luas, satu hal yang sering tidak mendapat perhatian adalah proses fotosintesis yang dilakukan oleh tanaman tersebut.

Peranan tanaman jati dalam menyerap CO<sub>2</sub> di atmosfer melalui proses fotosintesis dapat diketahui dengan menghitung besarnya kandungan biomassa dan karbon pada masing-masing organ tanaman. Perhitungan kandungan biomassa dan karbon total seluruh organ tanaman jati masih jarang dilakukan. Hal ini terutama pada pengambilan akar (*belowground*) yang dianggap lebih sulit dibandingkan bagian atas permukaan tanah (*aboveground*). Perhitungan kandungan biomassa dan karbon total sangat penting dilakukan, karena selain dapat digunakan untuk menyusun persamaan allometrik, dapat digunakan juga untuk menyusun *Biomassa Expansion Factor* (BEF) dan *Carbon Expansion Factor* (CEF).

## 1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Menyusun persamaan allometrik pada masing-masing organ tanaman (batang, cabang/ranting, akar dan daun) pada tanaman jati;
2. Menyusun *Biomassa Expansion Factor* (BEF) dan *Carbon Expansion Factor* (CEF) pada tanaman jati;

3. Menghitung kandungan biomassa pada tanaman jati;
4. Menghitung kandungan karbon pada tanaman jati;
5. Menghitung serapan gas CO<sub>2</sub> oleh tanaman jati;

#### **1.4 Manfaat**

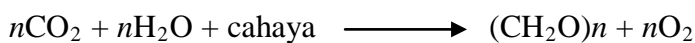
Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Memberikan informasi kandungan biomassa dan karbon tanaman jati, serta kemampuannya dalam menyerap karbon dari atmosfer melalui fotosintesis;
2. Memberikan informasi besarnya jasa lingkungan yang dapat diperoleh;
3. Memberikan informasi metode pendugaan kandungan biomassa dan karbon pada tanaman jati, yang dapat digunakan sebagai pendekatan untuk mengetahui seberapa besar tanaman jati dapat mengurangi konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer;
4. Pengembangan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan siklus karbon suatu jenis tanaman;
5. Memberikan pertimbangan kebijakan dalam pengelolaan hutan dalam menghadapi isu lingkungan terkini.

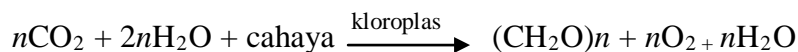
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Fotosintesis dan Siklus Karbon

Proses fotosintesis pada hakikatnya merupakan mekanisme masuknya energi ke dalam dunia kehidupan. Satu-satunya pengecualian terjadi pada bakteri kemosintetik, yang memperoleh energi dengan mengoksidasi substrat anorganik (Salisbury *et al*, 1995). Proses fotosintesis meliputi oksidasi air (pemindahan elektron disertai pelepasan O<sub>2</sub> sebagai hasil samping) dan reduksi CO<sub>2</sub> untuk membentuk senyawa organik, misalnya karbohidrat. Reaksi keseluruhan fotosintesis digambarkan sebagai berikut :



pada reaksi ini (CH<sub>2</sub>O)<sub>n</sub> adalah singkatan dari pati atau karbohidrat lain yang mempunyai rumus empiris mirip dengan itu (Julius Sachs, 1864 dalam Salisbury *et al*, 1995). Hasil penelitian selanjutnya mengenai proses fotosintesis dilakukan oleh Alan Stemler dan Richard Radmer (1975) lebih memperjelas reaksi yang terjadi yaitu :

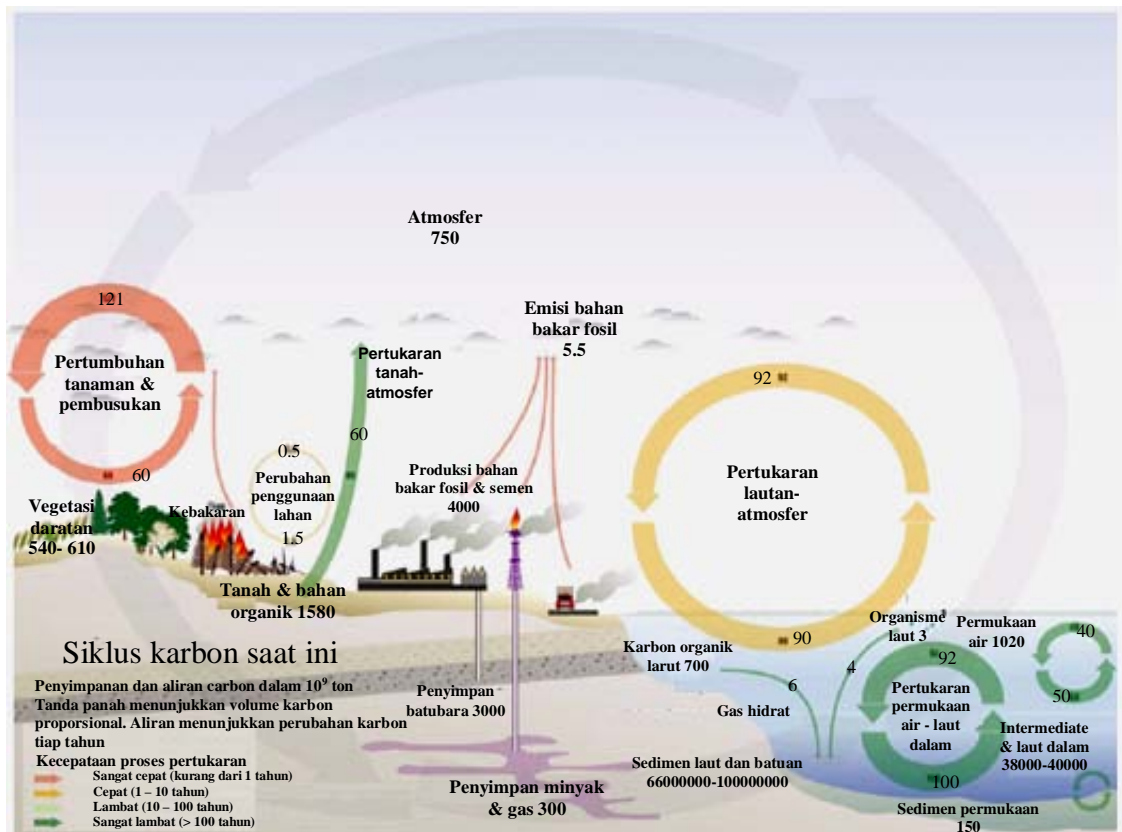


Banyaknya fotosintesis yang berlangsung di alam diperkirakan mampu menambat karbon tiap tahunnya berkisar antara 70-120 trilyun ton, setara dengan 170-290 gigaton bobot kering dengan rumus empiris menyerupai CH<sub>2</sub>O. Atmosfer mengandung karbon sekitar 746 trilyun ton dibandingkan dengan sekitar 560 trilyun ton di dalam organisme hidup. Lebih dari 13% karbon di

atmosfer digunakan dalam fotosintesis tiap tahunnya (Salisbury *et al*, 1995). Laju fotosintesis berbagai spesies tumbuhan menunjukkan perbedaan pada berbagai daerah tempat tumbuh. Perbedaan ini sebagian disebabkan oleh adanya keragaman cahaya, suhu, dan ketersediaan air, tapi tiap-tiap spesies juga menunjukkan perbedaan yang besar pada kondisi khusus yang optimum bagi mereka (Salisbury *et al*. 1995).

Proses fotosintesis merupakan salah satu proses merubah simpanan karbon yang dilakukan oleh tanaman. Selain itu tanaman juga melepaskan CO<sub>2</sub> ke atmosfer melalui proses respirasi. Pergerakan karbon ini merupakan salah satu aktifitas yang dikenal dengan siklus karbon. Dalam siklus ini terdapat empat cadangan (*reservoir*) karbon utama yang dihubungkan oleh jalur pertukaran. Reservoir-reservoir tersebut adalah atmosfer, biosfer terestrial (biasanya termasuk *freshwater system* dan material non hayati organik seperti karbon tanah (*soil carbon*), lautan (termasuk karbon anorganik terlarut dan biota laut hayati dan non-hayati), dan sedimen (termasuk bahan bakar fosil). Siklus karbon di alam selanjutnya disajikan pada Gambar 1.

Pertanian dan pembukaan lahan (terutama pembakaran hutan hujan tropika) akan menambah karbon ke atmosfer, dimana sebelumnya, karbon tersimpan di biomassa tumbuhan dan sebagai bahan organik tanah, tapi jumlah perpindahan ini tidak diketahui dengan pasti. Perpindahan tersebut terjadi melalui pembakaran dan pembusukan (oksidasi biologis) dan tidak ditunjukkan secara terpisah.



Sumber : Centre for Climatic Research, Institute for Environmental Studies, University of Wisconsin at Madison (USA), Okanagan University College (Canada), Geography Department; World Watch, November- December 1998; Nature;

Sumber : Henry, 2010

Gambar 1. Siklus Karbon

Proses penambahan  $\text{CO}_2$  ke atmosfer pada siklus karbon melalui berbagai cara yaitu (Salisbury *et al*, 1995):

1. Respirasi tumbuhan, mikroorganisme, dan hewan; pembakaran bahan bakar fosil; pembukaan lahan. Proses ini berlangsung dalam jangka pendek (yakni selama masa hidup kita);
2. Semburan gunung api dan semburan mata air mineral. Proses ini berlangsung dalam kurun waktu geologi (dan berlanjut sampai sekarang).

Sedangkan proses pengambilan  $\text{CO}_2$  dari atmosfer melalui beberapa mekanisme:

1. Fotosintesis (merupakan salah satu mekanisme penting pengambilan  $\text{CO}_2$  dari atmosfer);

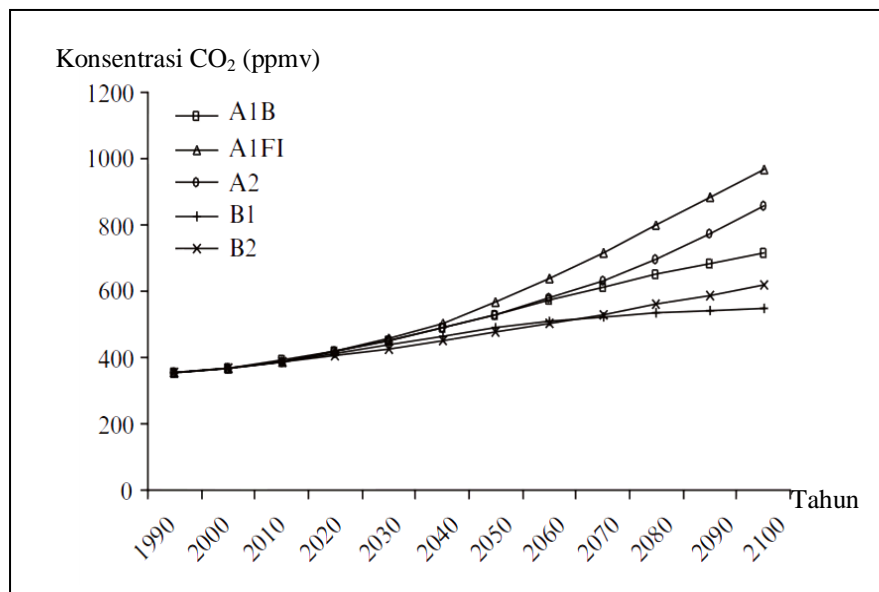
2. Pelarutan CO<sub>2</sub> di samudera dan laut, dengan karbonat padat dan terlarut dalam keadaan setimbang dengan CO<sub>2</sub>.

## 2.2. Perubahan Iklim dan Pemanasan Global

Peningkatan CO<sub>2</sub> atmosfer di seluruh dunia mendapat perhatian karena CO<sub>2</sub> dan beberapa gas lainnya yang disebut gas rumah-kaca dapat menyerap lebih banyak energi cahaya matahari yang menembus atmosfer, memanaskan bumi dan memanaskan apa saja yang ada di atas bumi. Jumlah CO<sub>2</sub> di udara tetap sangat stabil pada tingkat sekitar 280  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  selama ribuan tahun belakangan ini dan tetap stabil antara 200 dan 300  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  selama 150.000 tahun sebelum itu. Sejak sekitar tahun 1850, CO<sub>2</sub> atmosfer meningkat secara eksponensial sampai mencapai 352  $\mu\text{mol mol}^{-1}$  pada tahun 1990. Konsentrasi CO<sub>2</sub> meningkat sekitar 1,4  $\mu\text{mol mol}^{-1} \text{ th}^{-1}$  selama 15 tahun terakhir, tapi pada tahun 1988 peningkatannya lebih dari 2  $\mu\text{mol mol}^{-1} \text{ th}^{-1}$  (Pieter Tans *et al*, 1990 dalam Salisbury *et al*, 1995).

Konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer meningkat sejak pra industri sebesar 279 ppmv menjadi 379 ppmv pada tahun 2005. Peningkatan sebesar 36 % ini diamati antara tahun 1750 sampai tahun 2005 (Ravindranath *et al* 2008). Berdasarkan skenario IPCC SRES (Intergovernmental Panel on Climate Change 2001a Special Report on Emission Scenarios) konsentrasi CO<sub>2</sub> pada tahun 2100 berkisar antara 540 sampai 970 ppmv (Ravindranath *et al*, 2008). Skenario konsentrasi CO<sub>2</sub> di atmosfer dapat dilihat pada Gambar 2.





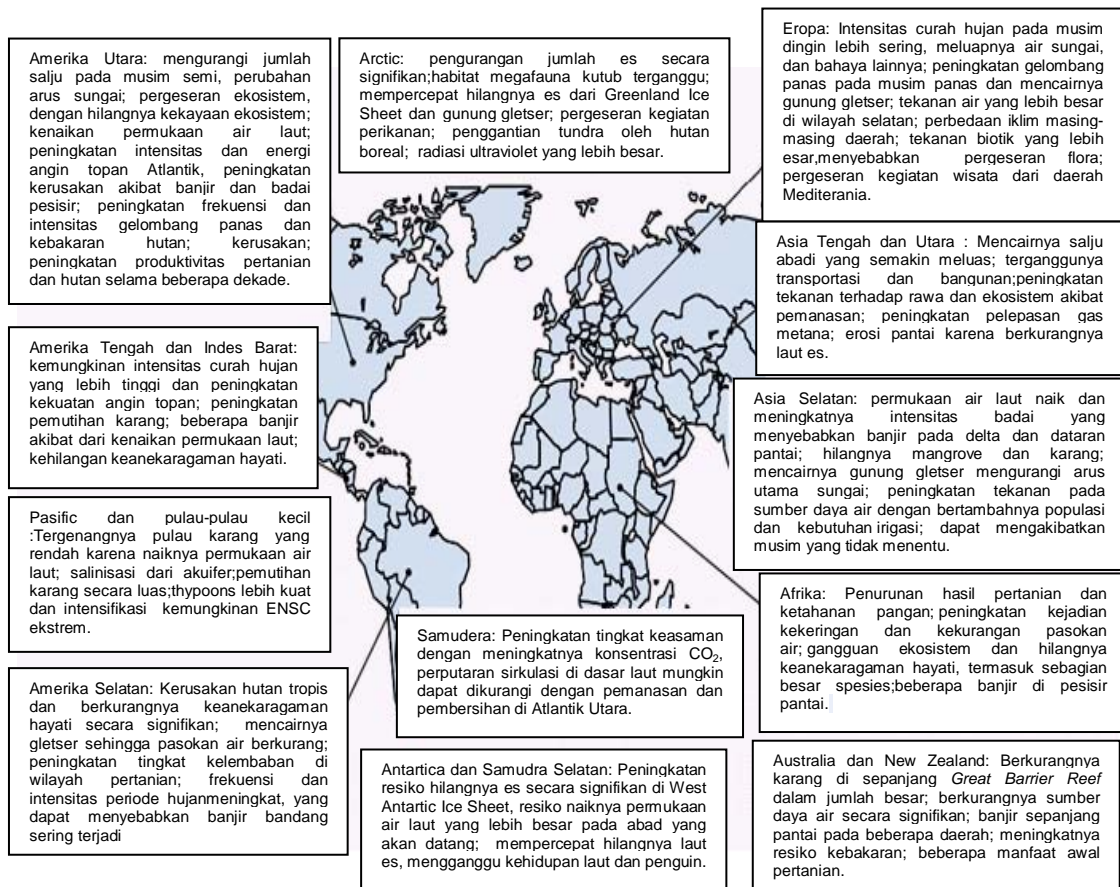
Sumber : Nakicenovic *et al* (2000)

Gambar 2. Skenario Konsentrasi CO<sub>2</sub> di Atmosfer Berdasarkan SRES (Special Report on Emission Scenarios)

Berdasarkan skenario tersebut, perubahan juga terjadi pada peningkatan suhu sebesar 1,8 – 4 °C pada tahun 2100 dengan suhu daratan lebih panas dibanding suhu permukaan laut, dan terjadi perubahan pola curah hujan dan meningkatnya permukaan laut (IPCC 2007a). Suatu perubahan rata-rata jangka panjang yang ditentukan dari nilai tengah parameter cuaca dalam mengukur kondisi iklim atau variabilitasnya. Paramater tersebut antara lain termasuk suhu udara, curah hujan dan kecepatan angin inilah yang kemudian disebut dengan perubahan iklim (*climate change*) (Mudiyarso, 2003).

Pemanasan permukaan bumi tersebut dalam waktu ratusan tahun akan mencairkan cukup banyak es di daerah kutub sehingga permukaan air laut akan naik dan menggenangi banyak kota pantai (Revelle, 1982 dalam Salisbury *et al*, 1995). Perubahan iklim lain yang menyertainya, terutama pada pola curah hujan, akan sangat banyak mengubah pola pertanian dan vegetasi alam. Tidak menentunya iklim juga berpengaruh pada menurunnya produktivitas tanaman

pertanian. Dampak perubahan iklim terhadap negara-negara di dunia dapat dilihat pada Gambar 3.



Sumber : Diadopsi dari Scientific Expert Group (SEG) on Climate Change (2007).

Gambar 3. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Negara-negara di Dunia

### 2.3. Peranan Hutan dalam Menyerap Karbon

Hutan merupakan bagian dari ekosistem alam yang didominasi oleh vegetasi tumbuhan berkayu yang menempati areal yang cukup luas sehingga dapat bertindak sebagai pembersih udara dengan menyerap CO<sub>2</sub> di atmosfer melalui proses fotosintesis. Pohon (dan organisme foto-ototrof lainnya) melalui proses fotosintesis menyerap CO<sub>2</sub> dari atmosfer dan mengubahnya menjadi karbon

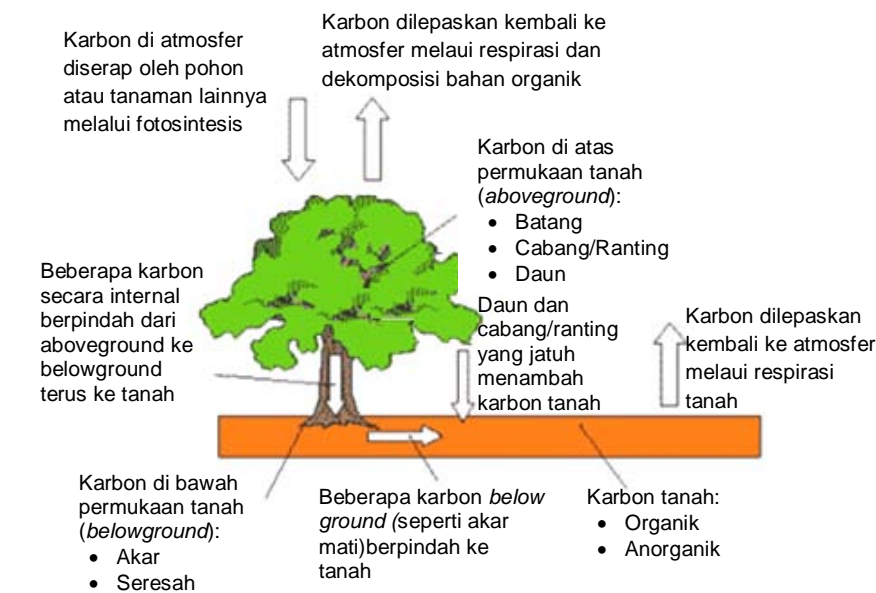
organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam biomassa tubuhnya seperti dalam batang, daun, akar, umbi buah dan lain-lain.

Proses penimbunan karbon (C) dalam tubuh tanaman hidup disebut proses sekuestrasi (*C-sequestration*) (Hairiah dan Rahayu, 2007). Energi yang diubah oleh fotosintesis tidak seluruhnya dikonversi ke biomassa, namun sebagian dibebaskan oleh proses respirasi untuk menyuplai energi yang digunakan sebagai aktivitas metabolisme. Jumlah energi cahaya yang diubah menjadi energi kimia (senyawa organik) oleh autotrof suatu ekosistem selama suatu periode waktu tertentu disebut produktivitas primer. Total produktivitas primer dikenal sebagai produktivitas primer kotor (*gross primary productivity*, GPP). Tidak semua produktivitas ini disimpan sebagai bahan organik pada tumbuhan yang sedang tumbuh, karena tumbuhan menggunakan sebagian molekul tersebut sebagai bahan bakar dalam respirasi selulernya. Dengan demikian, produktivitas primer kotor (GPP) adalah produktivitas primer bersih (*net primary productivity*, NPP) ditambah dengan jumlah respirasi oleh tumbuhan ( $\sum R$ ). Jumlah respirasi terdiri dari respirasi dari batang, akar, dan daun, yang kemudian disusun dalam persamaan sebagai berikut (Pretzsch, 2009):

$$GPP = NPP + \sum R$$

Proses penimbunan dan pelepasan karbon oleh hutan dapat diilustrasikan pada

Gambar 4 :



(Sumber : [http://www.epa.gov/sequestration/local\\_scale.html](http://www.epa.gov/sequestration/local_scale.html))

Gambar 4. Proses Akumulasi dan Pelepasan Karbon pada Sistem Hutan

## 2.4. Sebaran Biomassa dan Karbon

Biomassa adalah total berat atau volume organisme dalam suatu area atau volume tertentu (*a glossary by the IPCC, 1996*). Menurut Brown (1997) biomassa didefinisikan sebagai total jumlah materi hidup di atas permukaan pada suatu pohon dan dinyatakan dengan satuan ton berat kering per satuan luas. Biomassa juga didefinisikan sebagai material organik pada bagian atas tanah (*aboveground*) dan bawah tanah (*belowground*), baik yang masih hidup maupun yang mati seperti pada pohon tanaman bawah, rumput, akar dan lain-lain. Biomassa di atas tanah terdiri dari batang, cabang, kulit, buah, biji dan daun. Biomassa di bawah tanah terdiri dari akar termasuk akar halus (Burton *et al*, 2008). Biomassa hutan menyediakan perkiraan kandungan karbon dalam vegetasi hutan, sekitar 50% dari biomassa adalah karbon. Dengan demikian, biomassa dapat menggambarkan potensi jumlah karbon yang dapat ditambahkan ke atmosfer dalam bentuk CO<sub>2</sub>,

ketika hutan ditebang habis atau dibakar (Brown, 1997). Perkiraan sebaran biomassa tumbuhan pada berbagai ekosistem darat dapat digambarkan pada Tabel 1 sebagai berikut :

Tabel 1. Perkiraan Sebaran Biomassa Tumbuhan pada Berbagai Ekosistem Darat

| Tipe ekosistem  | Luas<br>(10 <sup>6</sup><br>km <sup>2</sup> ) | Biomassa per<br>satuan luas<br>(kg m <sup>-2</sup> ) |        | Biomassa<br>dunia<br>(10 <sup>9</sup> ton) |
|---|---|--|--------|--|
|   |   | Rentang<br>normal                                    | Rataan |  |
| Hutan hujan tropika   | 17,0  | 6-80   | 45     | 765  |
| Hutan musim tropika   | 7,5   | 6 – 60   | 35     | 260  |
| Hutan tetap hijau iklim sedang  | 5,0   | 6 – 200  | 35     | 175  |
| Hutan meluruh iklim sedang  | 7,0   | 6 – 60   | 30     | 210  |
| Hutan boreal  | 12,0  | 6 – 40   | 20     | 240  |
| Padang semak dan berkayu  | 8,5   | 2 – 20   | 6      | 50   |
| Sabana  | 15,0  | 0,2 – 15   | 4      | 60   |
| Padang rumput iklim sedang  | 9,0   | 0,2 – 5  | 1,6    | 14   |
| Tundra dan alpin  | 8,0   | 0,1 – 3  | 0,6    | 5  |
| Semak gurun dan semi gurun  | 18,0  | 0,1 – 4  | 0,7    | 13   |
| Gurun, cadas, pasir dan es  | 24,0  | 0 – 0,2  | 0,02   | 0,5  |
| Lahan budidaya  | 14,0  | 0,4 – 12   | 1      | 14   |
| Rawa dan payau  | 2,0   | 3 – 50   | 15     | 30   |
| Danau dan jeram   | 2,0   | 0 – 0,1  | 0,02   | 0,05                                       |
| Total daratan   | 149   |  | 12,3   | 1.840 <sup>b</sup>                         |
| <sup>a</sup> Satuannya adalah kilometer persegi, gram atau kilogram kering per meter persegi, dan ton (t) kering bahan organik. |   |  |        |  |
| <sup>b</sup> Jumlah dibulatkan sampai kira-kira sama dengan angka yang penting sebagai data yang merupakan perkiraan kasar      |   |  |        |  |
| Sumber : Salisbury <i>et al</i> (1995)  |   |  |        |  |

Berdasarkan tabel di atas, hutan tropis memiliki peranan penting karena memiliki potensi biomassa per satuan luas yang tinggi dibandingkan ekosistem yang lain. Brown *et al* (1996) menyatakan bahwa hutan tropis memiliki potensi yang terbesar untuk mitigasi CO<sub>2</sub> melalui upaya konservasi dan manajemen. Biomassa hutan dapat memberikan gambaran jumlah karbon pada vegetasi hutan karena 50% biomassa merupakan karbon (Brown, 1992).

Gibs *et al* (2007) merangkum sebaran karbon biomassa hutan tropis di beberapa negara, yang secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 2 :

Tabel 2. Estimasi Stok Biomassa Karbon Hutan di Beberapa Negara (Mt C)

| Negara       | Berdasarkan kompilasi data pemanenan |        |        | Berdasarkan inventarisasi hutan |        | Total kisaran (Berdasarkan semua estimasi) |
|--------------|--------------------------------------|--------|--------|---------------------------------|--------|--|
|              | *1                                   | *2     | *3     | *4                              | *5     |  |
| Angola       | 7.811                                | 6.702  | 11.767 | 7.215                           | 3.557  | 3.557–11.767                               |
| Bangladesh   | 65                                   | 137    | 93     | 92                              | 158    | 65–158                                     |
| Belize       | 198                                  | 318    | 261    | 218                             | —      | 198–318                                    |
| Benin        | 410                                  | 260    | 792    | 292                             | 262    | 260–792                                    |
| Bhutan       | 13                                   | 29     | 121    | 22                              | 2      | 2–121                                      |
| Bolivia      | 6.542                                | 9.541  | 9.189  | 2.469                           | —      | 2.469–9.189                                |
| Brazil       | 54.697                               | 81.087 | 82.510 | 82.699                          | —      | 54.697–82.699                              |
| Brunei       | 58                                   | 112    | 115    | 72                              | 40     | 40–115                                     |
| Burundi      | 69                                   | 51     | 43     | 55                              | 9      | 9–69                                       |
| Cambodia     | 1.008                                | 1.800  | 1.222  | 1.334                           | 1.914  | 957–1.914                                  |
| Cameroon     | 3.721                                | 3.454  | 6.138  | 3.695                           | 3.622  | 3.454–6.138                                |
| CAR          | 4.059                                | 3.176  | 7.405  | 3.524                           | 4.096  | 3.176–7.405                                |
| Colombia     | 6.737                                | 10.085 | 11.467 | 2.529                           | —      | 2.529–11.467                               |
| Congo        | 3.458                                | 3.549  | 5.472  | 3.740                           | 4.739  | 3.458–5.472                                |
| Costa Rica   | 471                                  | 704    | 593    | 493                             | —      | 471–704                                    |
| Colombia     | 6.737                                | 10.085 | 11.467 | 2.529                           | —      | 2.529–11.467                               |
| Congo        | 3.458                                | 3.549  | 5.472  | 3.740                           | 4.739  | 3.458–5.472                                |
| Costa Rica   | 471                                  | 704    | 593    | 493                             | —      | 471–704                                    |
| D.R. Congo   | 22.986                               | 22.657 | 36.672 | 24.020                          | 20.416 | 20.416–36.672                              |
| Ecuador      | 941                                  | 1.379  | 2.071  | 351                             | —      | 351–2.071                                  |
| El Salvador  | 105                                  | 153    | 108    | 117                             | —      | 105–153                                    |
| Eq. Guinea   | 304                                  | 313    | 474    | 330                             | 268    | 268–474                                    |
| Ethiopia     | 183                                  | 153    | 5.53 7 | 168                             | 867    | 153–86                                     |
| Fr. Guiana   | 1.097                                | 1.683  | 1.588  | 403                             | —      | 403–1.683                                  |
| Gabon        | 3.063                                | 3.150  | 4.742  | 3.315                           | 4.114  | 3.063–4.742                                |
| Gambia, The  | 7                                    | 7      | 11     | 7                               | 6      | 6–11                                       |
| Ghana        | 880                                  | 612    | 2.172  | 678                             | 609    | 609–2.172                                  |
| Guatemala    | 787                                  | 1.147  | 923    | 823                             | —      | 787–1.147                                  |
| Guinea       | 854                                  | 598    | 2.051  | 664                             | 973    | 598–2.051                                  |
| Guin.-Bissau | 204                                  | 145    | 381    | 161                             | 78     | 78–381                                     |
| Guyana       | 2.494                                | 3.742  | 3.354  | 923                             | —      | 923–3.354                                  |
| Honduras     | 852                                  | 1.268  | 1.123  | 901                             | —      | 852–1.268                                  |
| India        | 5.420                                | 7.333  | 8.997  | 5.085                           | 8.560  | 5.085–8.997                                |
| Indonesia    | 13 .143                              | 25.547 | 25.397 | 16.448                          | 20.504 | 10.252–25.547                              |
| Ivory Coast  | 1.047                                | 750    | 3.355  | 830                             | 1.238  | 750–3.355                                  |
| Kenya        | 314                                  | 320    | 618    | 339                             | 163    | 163–618                                    |
| Laos         | 718                                  | 1.523  | 1.388  | 1.163                           | 1.870  | 718–1.870                                  |
| Liberia      | 506                                  | 515    | 1.302  | 543                             | 707    | 506–1.302                                  |
| Madagascar   | 1.043                                | 1.055  | 2.114  | 1.116                           | 1.796  | 1.043–2.114                                |
| Malawi       | 290                                  | 246    | 391    | 267                             | 152    | 152–391                                    |
| Malaysia     | 2.405                                | 4.625  | 4.821  | 2.984                           | 3.994  | 2.405–4.821                                |
| Mexico       | 4.361                                | 5.924  | 5.790  | 4.646                           | —      | 4.361–5.924                                |
| Mozambique   | 4.567                                | 3.749  | 5.148  | 4.068                           | 1.894  | 1.894–5.148                                |
| Myanmar      | 2.843                                | 5.182  | 4.867  | 4.024                           | 4.754  | 2.377–5.182                                |
| Nepal        | 246                                  | 393    | 369    | 337                             | 334    | 246–393                                    |

Tabel 2. Estimasi Stok Biomassa Karbon Hutan di Beberapa Negara (Mt C)  
(lanjutan)

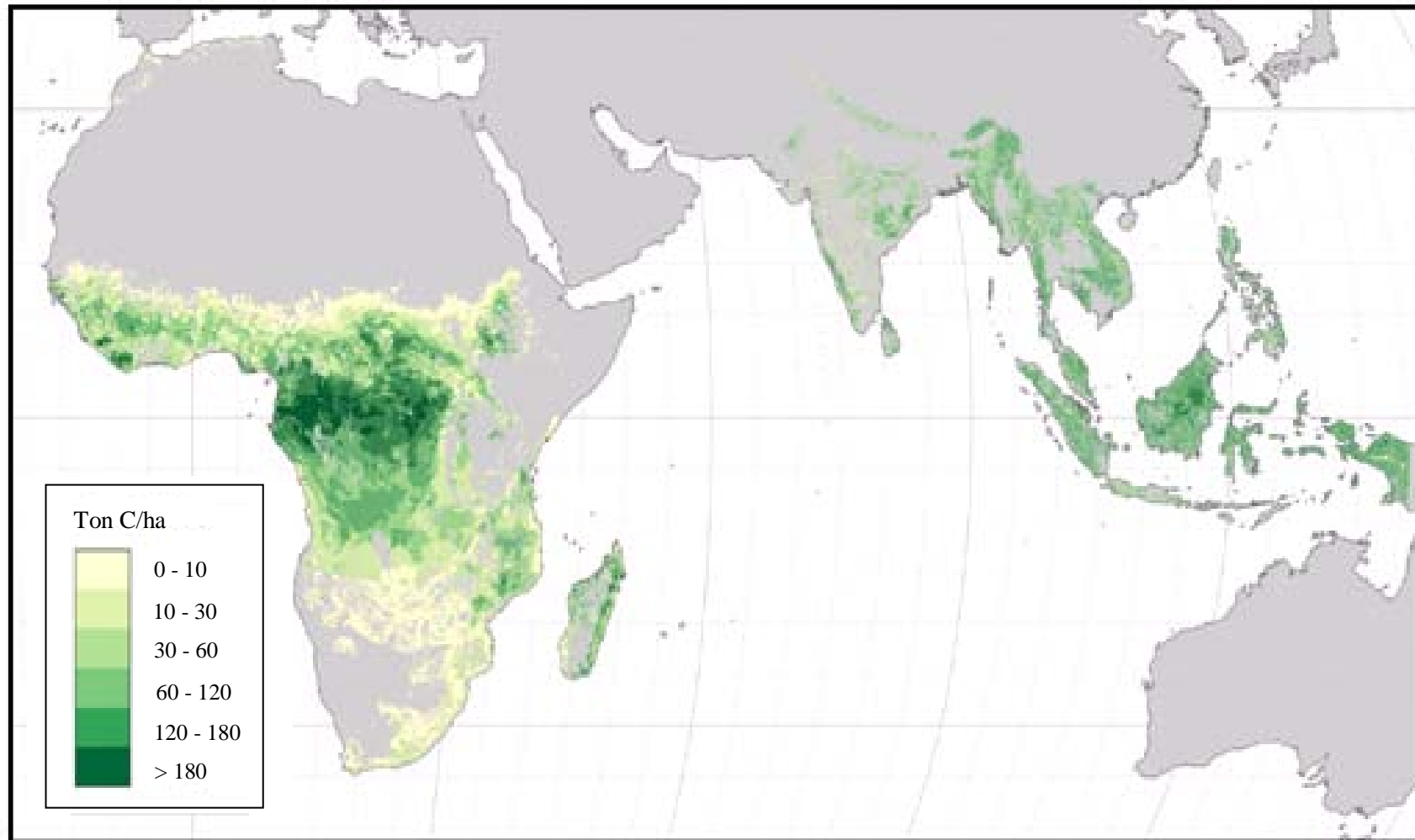
| Negara  | Berdasarkan kompilasi data pemanenan |        |        | Berdasarkan inventarisasi hutan |       | Total kisaran (Berdasarkan semua estimasi) |
|---|--------------------------------------|--------|--------|---------------------------------|-------|--|
|   | *1                                   | *2     | *3     | *1                              | *2    |  |
| Nicaragua   | 930                                  | 1.395  | 1.275  | 972                             | —     | 930–1.395                                  |
| Nigeria   | 1.805                                | 1.377  | 3.952  | 1.510                           | 1.278 | 1.278–3.952                                |
| Panama  | 509                                  | 763    | 685    | 549                             | —     | 509–763                                    |
| PNG   | 4.154                                | 8.037  | 7.075  | 5.160                           | —     | 4.154–8.037                                |
| Paraguay  | 2.831                                | 3.659  | 3.063  | 1.087                           | —     | 1.087–3.659                                |
| Peru  | 7.694                                | 11.521 | 13.241 | 2.782                           | —     | 2.782–13.241                               |
| Philippines   | 869                                  | 1.765  | 2.503  | 1.213                           | 1.530 | 765–2.503                                  |
| Rwanda  | 45                                   | 45     | 36     | 48                              | 6     | 6–48                                       |
| Senegal   | 171                                  | 141    | 228    | 153                             | 86    | 86–228                                     |
| Sierra Leone  | 136                                  | 114    | 683    | 123                             | 240   | 114–683                                    |
| Sri Lanka   | 302                                  | 509    | 296    | 400                             | 138   | 138–509                                    |
| Surinam   | 1.793                                | 2.753  | 2.330  | 663                             | —     | 663–2.753                                  |
| Tanzania  | 2.716                                | 2.221  | 3.400  | 2.409                           | 1.281 | 1.281–3.400                                |
| Thailand  | 1.346                                | 2.489  | 2.215  | 1.923                           | 2.104 | 1.346–2.489                                |
| Togo  | 252                                  | 172    | 510    | 192                             | 145   | 145–510                                    |
| Uganda  | 536                                  | 434    | 1.237  | 479                             | 429   | 429–1.237                                  |
| Venezuela   | 6.141                                | 9.202  | 7.886  | 2.326                           | —     | 2.326–9.202                                |
| Vietnam   | 774                                  | 1.632  | 1.546  | 1.169                           | 1.642 | 774–1.642                                  |
| Zambia  | 4.295                                | 3.423  | 6.378  | 3.725                           | 1.455 | 1.455–6.378                                |
| *1 : Olson <i>et al</i> (1983)/ Gibbs (2006)b<br>*2 : Houghton (1999)/ DeFries <i>et al</i> (2002)<br>*3 : IPCC (2006)<br>*4 : Brown(1997)/ Achard <i>et al</i> (2002, 2004)<br>*5 : Gibbs and Brown (2007) |                                      |        |        |                                 |       |  |

Sedangkan peta sebaran karbon di hutan tropis Afrika dan Asia Tenggara dengan menggunakan model regresi dari pengukuran melalui inventarisasi (Gibbs dan Brown 2007) disajikan pada Gambar 5.

## 2.5. Inventarisasi Biomassa dan Karbon Hutan

Pengukuran biomassa dan karbon memerlukan pengetahuan tentang penyebaran biomassa dan karbon hasil fotosintesis yang dilakukan oleh tumbuhan. Penyerapan CO<sub>2</sub> di atmosfer melalui fotosintesis oleh tumbuhan akan menempati sejumlah kantong karbon (*carbon pool*), sampai karbon tersebut tersiklus kembali ke atmosfer. Menurut Sutaryo (2009) kantong karbon tersebut adalah :





Sumber : Gibbs dan Brown (2007)

Gambar 5. Peta Sebaran Karbon di Hutan Tropis Afrika dan Asia Tenggara

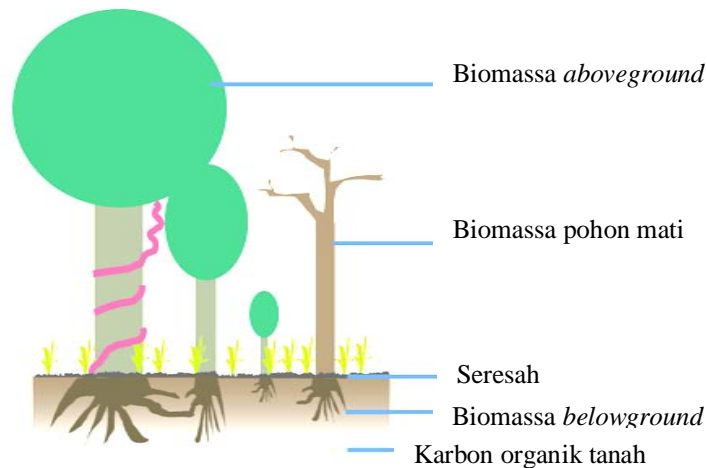
1. Biomassa atas permukaan adalah semua material hidup di atas permukaan. Termasuk bagian dari kantong karbon ini adalah batang, tunggul, cabang, kulit kayu, biji dan daun dari vegetasi baik dari strata pohon maupun dari strata tumbuhan bawah di lantai hutan.
2. Biomassa bawah permukaan adalah semua biomassa dari akar tumbuhan yang hidup. Pengertian akar ini berlaku hingga ukuran diameter tertentu yang ditetapkan. Hal ini dilakukan sebab akar tumbuhan dengan diameter yang lebih kecil dari ketentuan cenderung sulit untuk dibedakan dengan bahan organik tanah dan seresah.
3. Bahan organik mati meliputi kayu mati dan seresah. Seresah dinyatakan sebagai semua bahan organik mati dengan diameter yang lebih kecil dari diameter yang telah ditetapkan dengan berbagai tingkat dekomposisi yang terletak di permukaan tanah. Kayu mati adalah semua bahan organik mati yang tidak tercakup dalam seresah baik yang masih tegak maupun yang roboh di tanah, akar mati, dan tunggul dengan diameter lebih besar dari diameter yang telah ditetapkan.
4. Karbon organik tanah mencakup karbon pada tanah mineral dan tanah organik termasuk gambut.

Keberadaan karbon di alam yang tersimpan dalam tiga komponen utama (biomassa, nekromasa, bahan organik tanah), dapat dibedakan menjadi 2 kelompok yaitu (Hairiah dan Rahayu, 2007):

1. Karbon di atas permukaan tanah, meliputi : biomassa pohon; biomassa tumbuhan bawah; nekromasa (batang pohon mati); seresah daun dan ranting-ranting yang terletak di permukaan tanah.

2. Karbon di dalam tanah, meliputi: biomassa akar; bahan organik tanah.

Menurut IPCC (2003) dalam Henry (2010) lima kantong karbon yang ada di hutan dapat dilihat pada Gambar 6 sebagai berikut :



Sumber : Henry (2010)

Gambar 6. Kantong Karbon

Pengukuran biomassa dan karbon pada semua kantong karbon sangat diperlukan, tidak hanya terbatas pada biomassa batang pohon saja, tetapi juga bagian-bagian pohon yang lain juga harus diukur. West (2009) menyebutkan bahwa bagian pohon seperti daun, cabang dan akar harus juga diukur kandungan biomasanya karena :

1. Semua tanaman termasuk pohon memproduksi biomassa melalui fotosintesis, sehingga ilmuwan harus mengetahui bagaimana pohon itu tumbuh, dan seberapa banyak pohon itu memproduksi biomassa secara keseluruhan.
2. Berkaitan dengan perubahan iklim, pengukuran ini dapat digunakan untuk mengetahui seberapa banyak karbon yang dapat diserap menjadi biomassa hutan di dunia;
3. Pada hutan tanaman yang dikembangkan untuk produksi bioenergi umur 3 – 5 tahun, penjualannya berdasarkan berat, bukan volume kayu;

4. Produk seperti kayu bakar dan kayu bahan *pulp and paper* sering dijual dengan satuan berat.

Secara umum pengukuran karbon pada vegetasi hutan dilakukan berdasarkan tiga metode (BPKH XI dan MFP II, 2009) :

1. *Total harvesting method* (metode pemanenan total); metode ini biasa dilakukan pada pengukuran kandungan biomassa atau karbon pada vegetasi tingkat semak (*shrubs*) dan tingkat herba (*herbs*). Sebagai contoh untuk jenis-jenis tanaman pertanian sebagai campuran *agroforestry*, seperti kacang tanah, jagung, padi, kedelai, tumbuhan bawah, perdu, rumput-rumputan, dan lain-lain.
2. *Stratified clip method/allometric method* (metode destruktif untuk membuat persamaan allometriknya); metode ini biasa dilakukan pada pengukuran kandungan biomassa atau karbon pada vegetasi tingkat tiang (*poles*) dan pohon (*trees*).
3. *Estimation method* (metode estimasi); metode ini dilakukan dengan menggunakan asumsi-asumsi yang lazim digunakan untuk menaksir kandungan karbon vegetasi hutan. Beberapa asumsi yang biasa digunakan untuk menaksir kandungan karbon adalah sebagai berikut:
  - a. kandungan karbon vegetasi pohon =  $0,5 \times \text{berat biomassa}$  (Brown dan Lugo, 1984)
  - b. kandungan karbon hutan =  $80\% \times \text{berat arang}$  (Bansal *et al*, 1988)
  - c. biomassa batang =  $\text{volume batang} \times \text{kerapatan kayu}$  (*wood density*)
  - d. *total aboveground biomass* (biomassa pohon di atas tanah) = biomassa batang x BEF (*Biomass Expantion Factor*)

Ravindranath *et al* (2008) menyebutkan bahwa pemilihan metode inventarisasi karbon bergantung pada faktor jenis dan tujuan kegiatan, ukuran area, tingkat akurasi, sumber daya manusia dan kemampuan teknis yang dimiliki, biaya yang tersedia, dan aksesibilitas. Secara umum metode yang digunakan adalah metode pengukuran di lapangan dan metode *remote sensing*. Metode penghitungan biomassa menurut Sutaryo (2009), terdapat empat cara yaitu :

1. Sampling dengan pemanenan (*Destructive sampling*) secara *in situ*

Metode ini dilaksanakan dengan memanen seluruh bagian tumbuhan termasuk akar, mengeringkan dan menimbang berat biomasanya.

2. Sampling tanpa pemanenan (*Non-destructive sampling*) dengan data pendataan hutan secara *in situ*

Metode ini merupakan cara sampling dengan melakukan pengukuran tanpa melakukan pemanenan. Metode ini antara lain dilakukan dengan mengukur tinggi atau diameter pohon dan menggunakan persamaan allometrik untuk mengekstrapolasi biomassa.

3. Pendugaan melalui penginderaan jauh;

Penggunaan teknologi penginderaan jauh umumnya dianjurkan terutama untuk proyek-proyek dengan skala besar. Hasil pengideraan jauh dengan resolusi sedang mungkin sangat bermanfaat untuk membagi area proyek menjadi kelas-kelas vegetasi yang relatif homogen. Hasil pembagian kelas ini menjadi panduan untuk proses survei dan pengambilan data lapangan .

4. Pembuatan model.

Model digunakan untuk menghitung estimasi biomassa dengan frekuensi dan intensitas pengamatan *in situ* atau penginderaan jauh yang terbatas. Umumnya,

model empiris ini didasarkan pada jaringan dari sampel plot yang diukur berulang, yang mempunyai estimasi biomassa yang sudah menyatu atau melalui persamaan allometrik yang mengonversi volume menjadi biomassa.

## 2.6. Estimasi Biomassa Hutan/Pohon

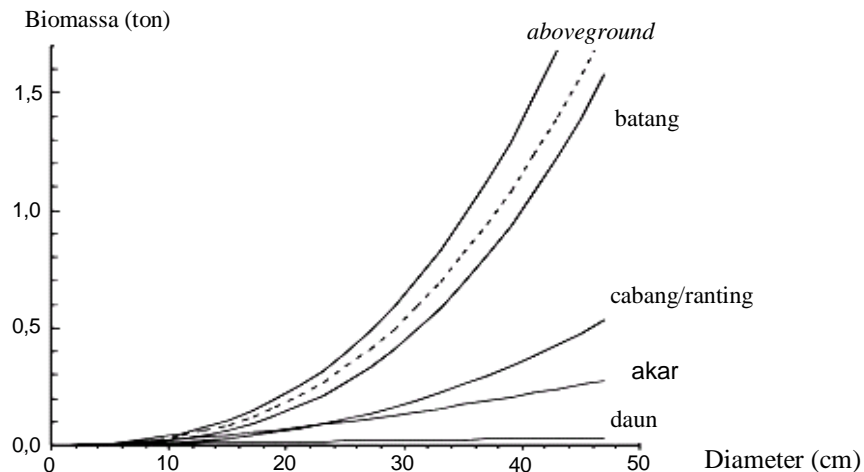
Pada awalnya pengembangan fungsi persamaan untuk estimasi biomassa dilakukan hanya pada biomassa di atas permukaan tanah saja. Hal ini dikarenakan karena pengukuran biomassa akar lebih sulit dibandingkan estimasi biomassa di atas permukaan tanah (West, 2009). Namun pada perkembangan selanjutnya estimasi biomassa dilakukan pada seluruh bagian dari tanaman yang mengandung biomassa hasil proses fotosintesis. Fungsi persamaan untuk melakukan estimasi biomassa hutan dapat menggunakan dua pendekatan, yaitu pendekatan langsung (persamaan allometrik) dan pendekatan tidak langsung (*biomass expansion factor/BEF*) (Sutaryo, 2009).

### 2.6.1. Persamaan allometrik

Allometrik didefinisikan sebagai suatu studi dari suatu hubungan antara pertumbuhan dan ukuran salah satu bagian organisme dengan pertumbuhan atau ukuran dari keseluruhan organisme. Dalam studi biomassa hutan/pohon persamaan allometrik digunakan untuk mengetahui hubungan antara ukuran pohon (diameter atau tinggi) dengan berat (kering) pohon secara keseluruhan (Sutaryo, 2009).

Perkembangan penelitian yang menggunakan persamaan allometrik untuk menghitung biomassa semua bagian tanaman telah banyak dilakukan. Salah

satunya adalah penelitian yang dilakukan Paul *et al* (2008) pada tanaman *Eucalyptus cladocalyx* umur 5 – 75 tahun yang tumbuh di Australia. Persamaan allometrik pada masing-masing organ tanaman disajikan dalam bentuk grafik :



Sumber : West (2009)

Gambar 7. Grafik Hubungan Diameter Pohon dengan Biomassa Organ Tanaman

Persamaan allometrik juga digunakan pada estimasi biomassa yang dilakukan oleh Purwanto dan Shiba (2005) serta ada banyak contoh kasus lain termasuk untuk pohon di satu tempat, untuk penggunaan lokal, atau penggunaan fungsi untuk berbagai spesies pada lingkup daerah yang lebih luas. West (2009) mencatat beberapa penggunaan persamaan allometrik yang digunakan untuk mengestimasi biomassa pada 22 penelitian yang dilakukan antara tahun 1981 sampai dengan tahun 2008. Purwanto dan Shiba (2005) mengatakan hubungan antara setiap variabel bergantung dengan variabel bebas tersebut akan membentuk sebuah persamaan dalam sumbu XY, dengan variabel bebas akan diletakan pada sumbu X dan bergantung pada sumbu Y. Secara umum, bentuk persamaan allometrik dituliskan sebagai berikut :

$$Y = a X^b$$

Y = variabel bergantung ; a dan b = konstanta; X = variabel bebas.



### 2.6.2 *Biomass expansion factor (BEF)*

Secara sederhana BEF didefinisikan sebagai rasio antara biomassa keseluruhan pohon dengan biomassa batang. Dalam hal ini biomassa batang yang dimaksud kebanyakan mengacu kepada batang komersial (*commercial stem*) atau *merchantable stem*. Brown (1997) memberikan definisi BEF sebagai: *the ratio of total aboveground oven-dry biomass density of trees with a minimum dbh of 10 cm or more to the oven-dry biomass density of the inventoried volume*. Dengan demikian *biomass expansion factor* dirumuskan sebagai berikut:

$$BEF = \frac{W_t}{V}$$

BEF = *Biomass expansion factor* (Mg/m<sup>3</sup>); W<sub>t</sub> = total biomassa tegakan (Mg/ha); V = volume tegakan (m<sup>3</sup>/ha). BEF merupakan suatu nilai yang tergantung pada ukuran dan umur pohon/tegakan. Untuk itu, penggunaan BEF untuk mengestimasi biomassa sebaiknya menggunakan BEF yang *age-dependent* atau memerhatikan umur tegakan dalam penyusunannya. Penggunaan BEF yang berupa nilai konstan pada sembarang umur tegakan menghasilkan nilai yang bias.

Sutaryo (2009) menyatakan bahwa *expansion factor* dapat digunakan untuk menggandakan (1) data pada satuan pohon ke data pada satuan pohon (2) data pada satuan tegakan ke data di satuan tegakan pula dan (3) data dari nilai agregat ke nilai agregat lain.

### 2.6.3 *Rasio Biomassa Belowground : Aboveground (Root : shoot ratio)*

Faktor ekspansi yang dapat digunakan untuk mengestimasi kandungan biomassa adalah rasio biomassa *belowground : aboveground (Root : Shoot Ratio)*. Ravindranath *et al* (2008) menyebutkan bahwa *root: shoot ratio* merupakan

perbandingan antara kandungan biomassa akar (*belowground*) terhadap kandungan biomassa di atas permukaan tanah (*aboveground*). Rasio biomassa *belowground* : *aboveground* memungkinkan untuk mengestimasi kandungan biomassa *belowground* di lapangan dengan mengetahui kandungan biomassa *aboveground*, tanpa harus melakukan pengukuran secara langsung. Cairns *et al* (1997) menyatakan lebih dari 160 studi yang dilakukan di beberapa tipe hutan menunjukkan nilai *root* : *shoot ratio* rata-rata sebesar 0,26 dan berkisar antara 0,18 – 0,30.

Nilai Rasio biomassa *belowground* : *aboveground* di beberapa tipe hutan disajikan pada Tabel 3 sebagai berikut :

Tabel 3. Nilai Rasio biomassa *belowground* : *aboveground* Beberapa Tipe Hutan

| Tipe hutan  | Rasio biomassa<br><i>belowground</i> :<br><i>aboveground</i> | Contoh lokasi                             |
|---|--|---|
| Hutan hujan tropis  | 0,37   | Hutan Campuran Dipterocarpa di Kalimantan |
| Hutan yang menggugurkan daun  | 0,20   | Hutan jati                                |
|   | 0,24   |   |
| Hutan daerah kering tropis  | 0,56   | Hutan savana di NTT                       |
|   | 0,28   |   |
| Semak tropis  | 0,40   | Hutan bekas kebakaran                     |
| Hutan pegunungan tropis   | 0,27 (0,27 -0,28)  | Hutan wilayah dataran tinggi              |
| Sumber data: IPCC 2006 <i>Guideline for National Greenhouse Gas Inventories</i> |  |   |

Biomassa total dapat digunakan untuk mengonversi atau menghitung total karbon yang tersimpan dengan menggunakan asumsi bahwa kandungan karbon kira-kira 50% dari biomassa (Brown dan Lugo, 1982 dalam Schroeder, 1992). Karbon yang tersimpan pada tegakan yang masih berdiri (*carbon standing crop*) dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$C \text{ standing crop} = SV \times D \times F \times 0,5$$

Keterangan :

SV = Volume batang

D = Kerapatan kayu

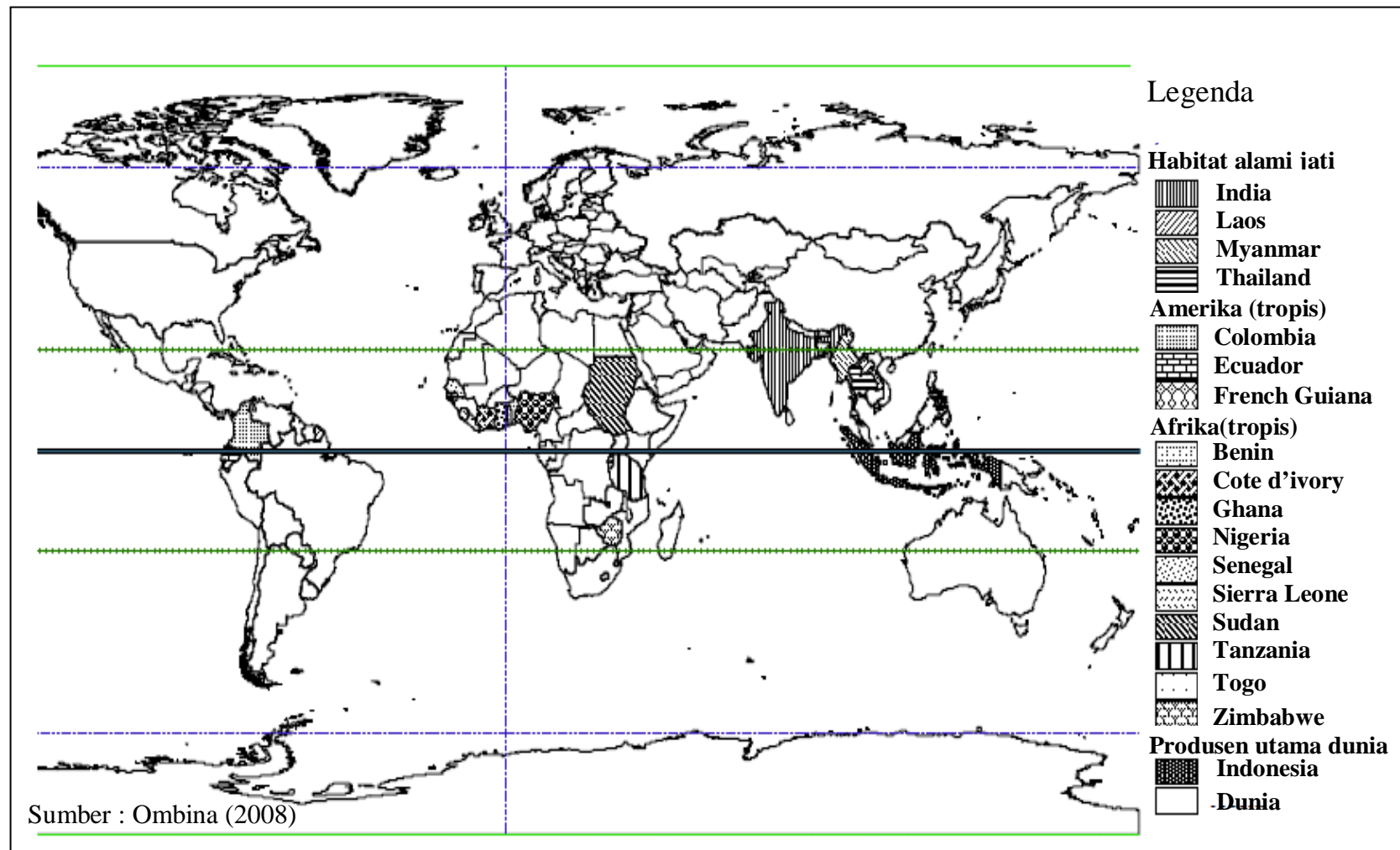
F = faktor ekspansi atau *biomass expansion factor*(BEF)

0,5 = Konstanta kandungan karbon pada suatu biomassa pohon.

## 2.7. Tanaman Jati

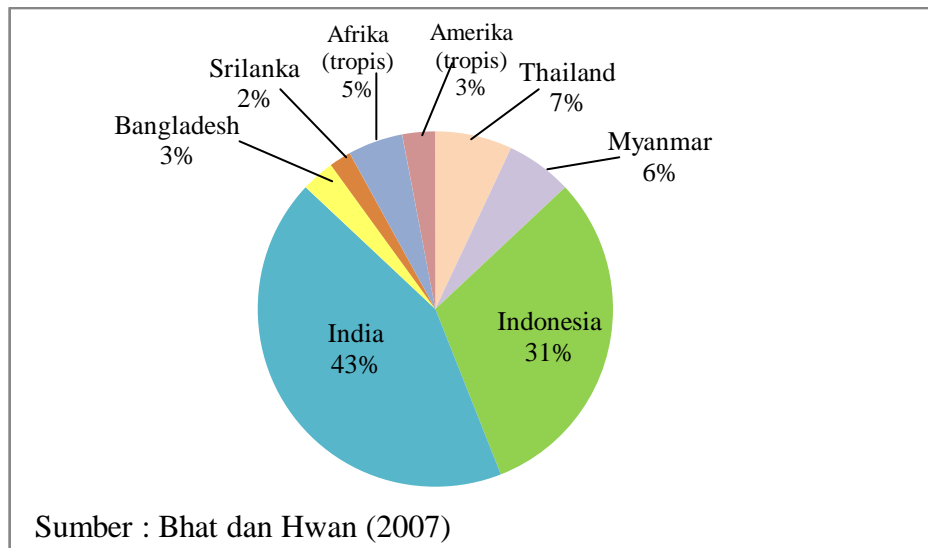
Secara umum, jati dapat tumbuh dengan baik pada tanah yang banyak mengandung kapur. Jati tumbuh di daerah dengan musim kering yang nyata dengan jumlah curah hujan rata-rata 1.200 - 2.000 mm per tahun dan pada ketinggian 0-700 m di atas permukaan laut (Martawijaya *et al*, 1989). Di daerah dengan curah hujan tinggi dan tersebar merata sepanjang tahun, jati juga menderita karena adanya pesaing jenis-jenis yang tidak menngugurkan daun (*non-decidious species*) (Simon, 2000).

Pertumbuhan hutan jati secara alam dapat dijumpai di negara-negara Asia Selatan dan Asia Tenggara, yaitu India, Burma, Thailand, Laos, Cambodia dan Indonesia (Simon, 2000). Ombina (2008) menyatakan keberadaan hutan alam dan hutan tanaman jati di dunia berdasarkan peta tahun 2000 dapat dijelaskan pada Gambar 8.



Gambar 8. Lokasi Penyebaran Hutan Jati di Dunia

Negara-negara penghasil kayu jati memiliki luas areal yang berbeda-beda. Distribusi hutan jati di dunia berdasarkan luas areal yang dimiliki oleh masing-masing negara dapat dijelaskan pada Gambar 9. Di Indonesia, keberadaan hutan jati tersebar di seluruh Jawa, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Nusa Tenggara Barat (Sumbawa); Maluku dan Lampung (Martawijaya *et al*, 1989).



Gambar 9. Persentase Luas Hutan Jati Masing-masing Negara

Kayu jati merupakan jenis kayu yang paling banyak digunakan untuk berbagai keperluan, terutama di Pulau Jawa, karena sifatnya yang baik. Kayu jati praktis sangat cocok untuk segala jenis konstruksi, alat-alat yang memerlukan perubahan bentuk yang kecil. Jati merupakan kayu yang paling baik untuk pembuatan kapal, terutama untuk kapal yang berlayar di daerah tropis. Kayu jati dapat juga dipakai untuk tong dan pipa dalam industri kimia karena mempunyai daya tahan terhadap berbagai bahan kimia (Martawijaya *et al*, 1989).

Menurut Heyne (1987), tanaman jati (*Tectona grandis*, L.f.) tergolong dalam Genus *Tectona*; famili Verbenaceae; Ordo Lamiales; Sub-kelas Dicotyledonae;

Kelas Angiospermae; Devisio Spermatophyta. Menurut Hardjodarsono, (1977)

tanaman jati memiliki ciri-ciri morfologis sebagai berikut :

- Batang dapat mencapai tinggi 45 m dengan panjang batang bebas cabang 15-20 m, diameter dapat mencapai 220 cm, umumnya 50 cm, bentuk batang tidak teratur dan beralur.
- Kulit kayu berwarna kecoklatan dan abu-abu yang sifatnya mudah terkelupas dengan tebal 8 – 12 mm di bawah dan 2 – 4 mm berbulu di pucuk batang..
- Dahan berbentuk bengkok-bengkok dan lekuk-lekuk memiliki cabang banyak dan ranting-ranting kasar, berpenampang empat segi serta berambut banyak.
- Daun tanaman jati berbentuk *opposite* atau bentuk jantung yang membulat dengan bagian ujung yang meruncing, panjang daunnya sekitar 20-50 cm dengan lebar 15-40 cm. Bagian atas daun berwarna hijau, kasar kalau dipegang, sedangkan bagian bawahnya berwarna hijau kekuning-kuningan, berbulu halus dan kalau dirusak menjadi berwarna merah. Daun tanaman jati yang masih muda berwarna merah dengan besar yang beragam.
- Bunga memiliki susunan banyak terminal, bulir-bulir bercabang susun, berbulu halus. Ukuran panjang dapat mencapai 40 – 70 cm dan lebar 33 – 80 cm serta memiliki bunga-bunga kecil berwarna putih. Biasanya tanaman ini berbunga lebat pada awal musim hujan ( $\pm$  Nopember).
- Buah memiliki kulit keras, berbentuk bulat agak keping dengan garis tengah 5 – 24 mm.
- Akar tunjang dapat tumbuh dengan cepat pada waktu muda, yang tak lama kemudian akan bercabang-cabang sehingga akar tunjangnya tak nyata lagi.

Akar yang tumbuh ke samping membuat cabang pula yang arahnya tegak lurus ke bawah.

Tanaman jati memiliki kayu teras berwarna coklat muda, coklat kelabu sampai coklat merah tua atau merah coklat. Kayu gubal berwarna putih atau kelabu kekuningkuningan. Tekstur kayu agak kasar dan tidak merata dengan arah serat lurus atau kadang-kadang agak terpadu. Ciri lain yang dimiliki tanaman ini adalah permukaan kayu licin atau agak licin, kadang-kadang seperti berminyak. Lingkaran tumbuh jenis ini nampak jelas, baik pada bidang transversal maupun radial, seringkali menimbulkan gambar indah (Martawijaya *et al*, 1989).

Kayu jati termasuk kayu kelas kuat II dengan berat jenis 0,67 (0,62-0,75). Sedangkan keawetan kayu jati termasuk kelas awet II, berdasarkan hasil laboratoris terhadap *Cryptotermes cynocephalus* Light dan percobaan kuburan terhadap jamur dan rayap tanah. Sifat lain yang dimiliki oleh kayu jati adalah mengering lambat dengan cacat yang minimal (Martawijaya *et al*, 1989).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi dan Waktu Pengambilan Data

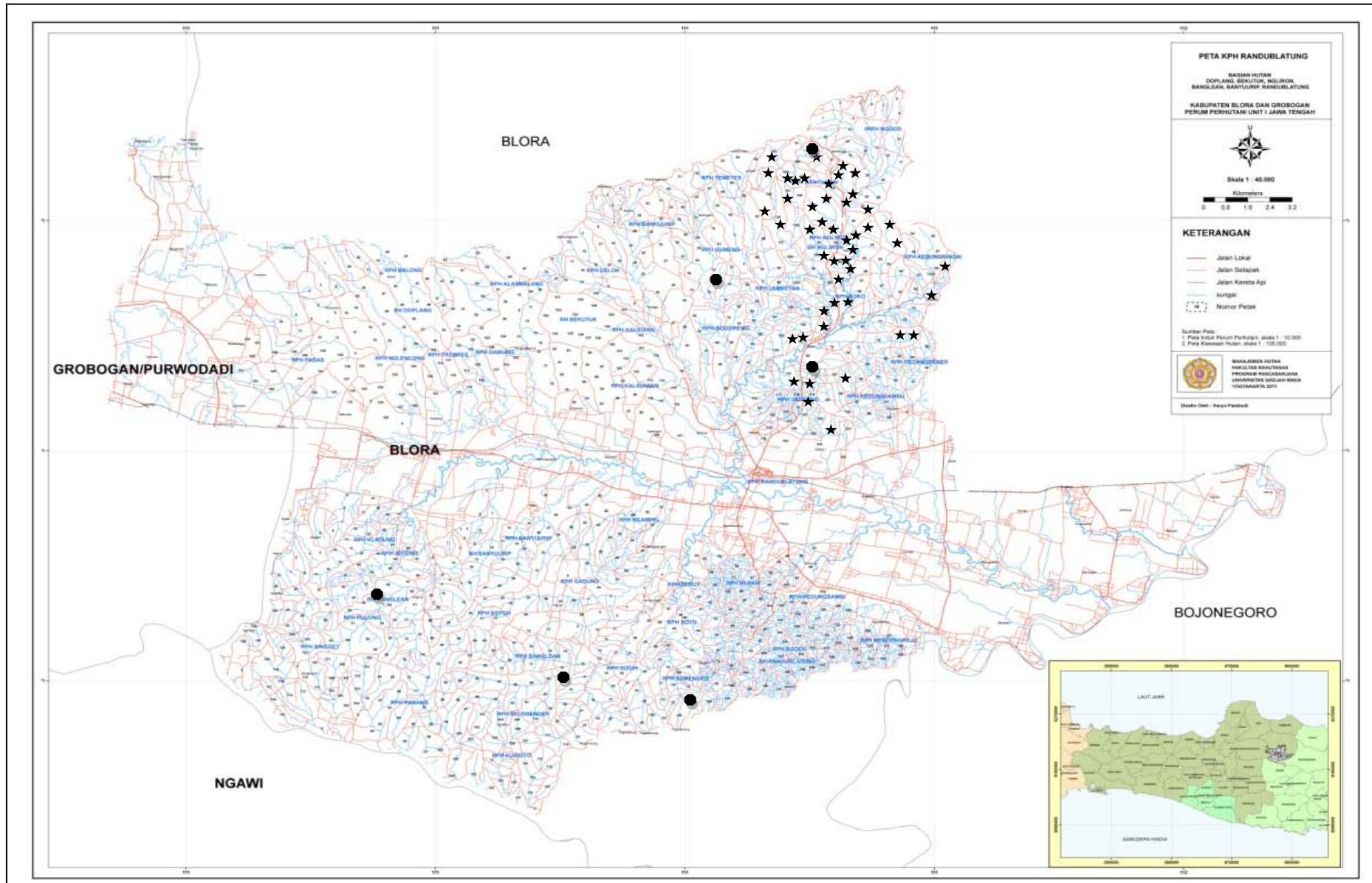
Penelitian dilakukan di KPH Randublatung, wilayah kerja Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah yang mengelola kelas perusahaan jati. Berdasarkan peta administratif KPH Randublatung, terletak pada  $7^{\circ} 05' - 7^{\circ} 20'$  LS dan  $111^{\circ} 11' - 111^{\circ} 26'$  Bujur Timur. Pengambilan data dilakukan pada musim hujan dan berlangsung mulai bulan Agustus 2010 sampai bulan Januari 2011. Proses analisis kandungan biomassa dan kadar karbon dilakukan di Laboratorium Tanah Hutan Jurusan Budidaya Hutan, Fakultas Kehutanan UGM.

#### 3.2. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pohon jati (*Tectona grandis*, L.f) sebanyak 18 buah. Sedangkan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. *Phi band* digunakan untuk mengukur diameter batang;
2. Timbangan gantung digunakan untuk mengetahui berat basah pohon;
3. Meteran gulung untuk mengukur panjang sampel pohon setelah rebah dan mengukur jarak pohon dengan pengamat ketika melakukan pengukuran tinggi pohon;
4. Hagameter digunakan untuk mengukur tinggi pohon;
5. Alat tulis untuk merekapitulasi data;
6. Timbangan manual digunakan untuk mengetahui berat basah pohon sampel;





Keterangan : ● adalah lokasi pengambilan pohon sampel; ★ adalah lokasi pembuatan petak ukur

Gambar 10. Peta Lokasi Penelitian

7. Gergaji mesin dan gergaji tangan digunakan untuk memotong bagian batang pohon yang akan dijadikan sampel dalam penelitian;
8. Karung, amplop, plastik digunakan sebagai wadah sampel;
9. Oven listrik digunakan untuk mengeringkan sampel;
10. Peralatan dan bahan kimia
  - a. Peralatan kimia : pipet, labu ukur, erlemeyer dan peralatan kimia untuk titrasi
  - b. Bahan kimia yang digunakan :
    - Kalium Dikromat ( $K_2Cr_2O_7$  1 N)
    - Asam sulfat pekat  $H_2SO_4$ , tidak boleh kurang dari 96%
    - Asam fosfat  $H_3PO_4$ , 85 %
    - $C_{12}H_{11}N$  Diphenyl Amine
    - Ferro Sulfat  $FeSO_4$  0,1 N
    - Aquadest (Air Suling)
11. Label digunakan untuk memberikan identitas sampel;
12. Timbangan digital digunakan untuk menimbang sampel dengan keakuratan yang tinggi;
13. Alat dokumentasi;
14. *Software Microsoft Office 2007* dan SPSS digunakan untuk mengolah data.

### 3.3. Metode Penelitian

Metode penentuan kandungan biomassa dan kadar karbon pohon dilakukan dengan pemanenan dan pembuatan persamaan allometrik untuk menduga kandungan biomassa dan kadar karbon tegakan.

### 3.3.1 Pengambilan Sampel di Lapangan

Pengambilan sampel dilakukan secara *purposive* menyesuaikan dengan rencana tebangan tahun 2010 di KPH Randublatung. Pengukuran kandungan biomassa dan kadar karbon dilakukan pada 18 pohon sampel yang berasal dari kelas hutan produktif umur 6; 16; 30; 36; 58 dan 85 tahun. Prosedur pengambilan sampel dilakukan sebagai berikut :

#### a. Pemilihan Pohon Sampel

Pohon sampel diambil sebanyak 3 buah pada tiap kelas umur yang ditentukan. Ketiga pohon yang dipilih memiliki variasi diameter yang terkecil, sedang dan terbesar. Penentuan variasi diameter didasarkan data inventarisasi untuk kegiatan penjarangan dan penebangan yang dilakukan KPH Randublatung. Pohon sampel umur 6; 16; 30 dan 36 tahun berasal dari tebangan E, sehingga kondisi pohon masih berdaun. Sehingga pemilihan 12 pohon sampel dilakukan dengan kriteria pohon sehat, memiliki batang tunggal dan tajuk kompak. Sedangkan 6 pohon sampel umur 58 dan 85 tahun berasal dari tebangan A (sudah mengalami terasan). Sehingga pohon sampel dipilih dengan kriteria batang tunggal dan kulit yang masih menempel. Pengambilan pohon sampel pada penelitian ini tidak memperhitungkan faktor bonita. Setelah pohon dipilih dilakukan pengukuran tinggi pohon menggunakan hagameter dan dbh menggunakan *phiband*.

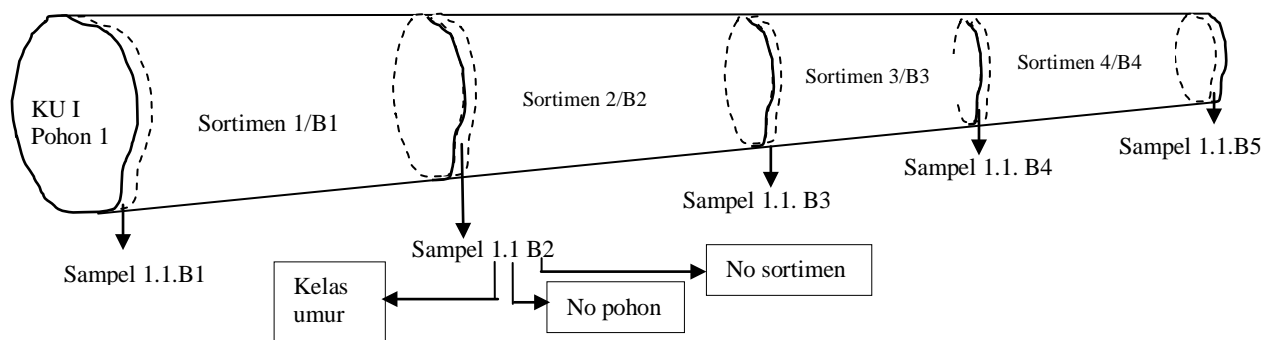
#### b. Penebangan Pohon Sampel

Kegiatan penebangan dilakukan bersamaan dengan jenis tebangan yang dilakukan oleh Perum Perhutani pada petak yang memiliki Kelas Umur yang telah ditentukan (*purposive*). Pohon-pohon sampel yang ditebang selanjutnya diukur

panjang pohon, panjang batang pokok, panjang dari pangkal ke tinggi batang bebas cabang (tbbc), panjang dari tbbc ke ujung serta diameter tbbc. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan meteran gulung. Selanjutnya perlakuan pada masing-masing bagian pohon dapat dijelaskan sebagai berikut :

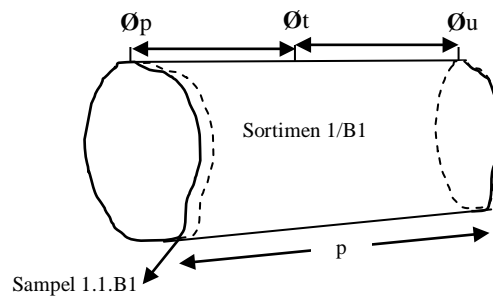
#### - Batang

Kegiatan pembagian batang dilakukan mengikuti klasifikasi sortimen yang ada di Perhutani. Pada masing-masing sortimen diberi tanda/kode sebagaimana contoh pada Gambar 11.



Gambar 11. Pengambilan Sampel Batang

Pengukuran volume sortimen menggunakan rumus Newton akan memberikan hasil lebih akurat pada semua bagian batang dan berbagai bentuk sortimen dibandingkan menggunakan rumus Huber dan Smalian. West (2009) menyatakan bahwa pengukuran volume batang menggunakan rumus Newton menghasilkan kesalahan rata-rata lebih kecil dibandingkan rumus Huber dan Smalian. Masing-masing sortimen diukur diameternya pada 3 tempat yaitu diameter pangkal ( $\varnothing_p$ ); diameter tengah ( $\varnothing_t$ ); diameter ujung ( $\varnothing_u$ ) serta panjang batang ( $p$ ). Selain itu juga dilakukan penimbangan pada masing-masing sortimen (jika memungkinkan). Kegiatan pengukuran diameter dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Pengukuran Sortimen

Rumus untuk menghitung volume tiap sortimen menggunakan rumus Newton :

$$v = \frac{g_p + 4g_t + g_u}{6} \times p$$

Keterangan :

$v$  = Volume balok/batang kayu

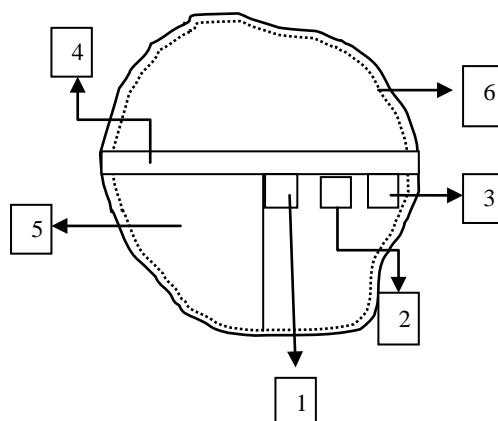
$g_p$  = Luas penampang melintang bagian pangkal

$g_t$  = Luas penampang melintang bagian tengah

$g_u$  = Luas penampang melintang bagian ujung

$p$  = Panjang balok yang diukur

Sampel yang diambil dari masing-masing sortimen selanjutnya dibuat sampel disk dan sampel serbuk untuk menghitung biomassa batang dan kadar karbon sebagaimana Gambar 13.



**Keterangan :**

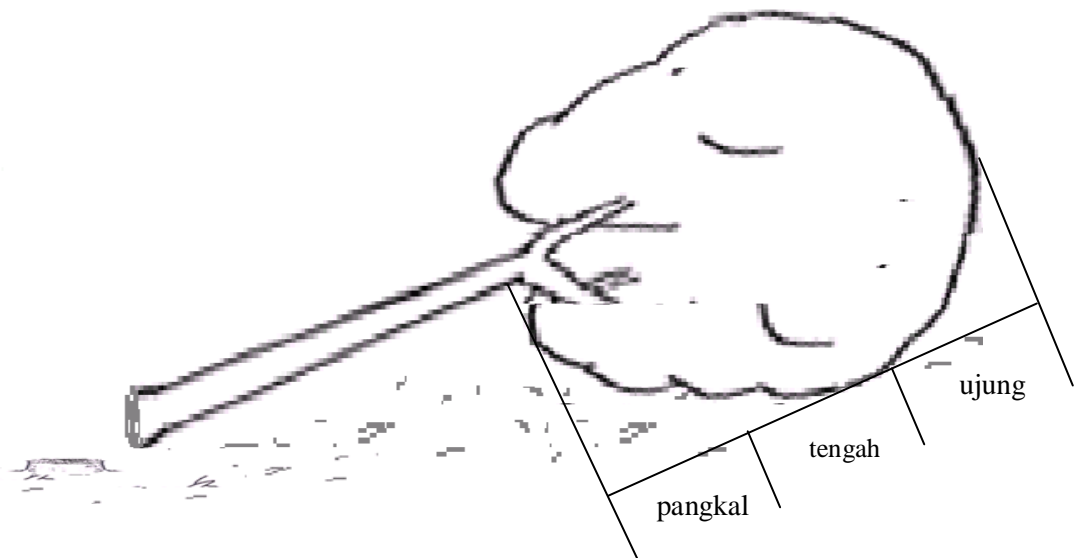
1. Sampel disk 1 (2x2x2)cm<sup>3</sup>
2. Sampel disk 2 (2x2x2)cm<sup>3</sup>
3. Sampel disk 3(2x2x2)cm<sup>3</sup>
4. Sampel disk 4 (batang dan kulit) (tebal 2 cm)
5. Untuk diserbukkan
6. Kulit

Gambar 13. Pengambilan Sampel Disk dan Serbuk Batang

Sampel disk yang diperoleh diukur berat dan volumenya. Sedangkan sampel no 5 diserbukkan di Laboratorium Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan, UGM.

- **Cabang/ Ranting dan Daun**

Pengambilan sampel cabang/ranting dan daun dilakukan dengan membagi tajuk menjadi 3 bagian, yaitu bagian pangkal, tengah dan ujung. Pengukuran dan pembuatan sampel cabang yang ukurannya masuk ke dalam kategori sortimen di Perum Perhutani dilakukan sama dengan pengukuran dan pembuatan sampel batang. Sedangkan sampel cabang dan ranting yang tidak masuk ke dalam sortimen, ditimbang per bagian. Selanjutnya diambil sampel per bagian sebanyak 3 ulangan.



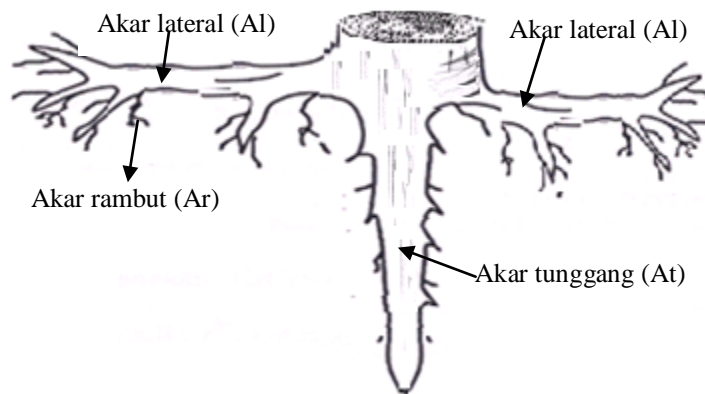
Gambar 14. Pengambilan Sampel Cabang/Ranting dan Daun

Sedangkan untuk pengukuran sampel cabang/ranting yang tidak termasuk ke dalam klasifikasi sortimen dilakukan penimbangan sampel dan pengukuran volume dengan menggunakan kaliper dengan panjang sampel 2 cm. Pengambilan sampel daun juga diambil dari masing-masing bagian sebanyak 3 ulangan.

Masing-masing sampel daun dilakukan penimbangan daun dan dihitung luas daun.

#### - **Akar**

Semua bagian akar pohon diambil dan dipisahkan ke dalam 3 bagian yaitu akar tunggang, akar lateral, akar rambut (diameter < 1 cm). Pengambilan sampel masing-masing bagian akar dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15. Pengambilan Sampel Akar

Masing-masing bagian ditimbang berat totalnya, dan diambil sampel sebanyak 3 ulangan. Sampel akar tunggang dan lateral diambil dengan tebal 2 cm.

### **3.3.2. Pengujian Laboratorium**

Prosedur pengujian laboratorium menggunakan sampel yang telah diperoleh dari lapangan adalah sebagai berikut :

#### **3.3.2.1. Pengukuran Kandungan Biomassa**

Kandungan biomassa sampel batang, cabang/ranting, akar maupun daun ditimbang dan diukur berat basah dan berat kering tanur. Berat basah diperoleh dengan menimbang sampel sebelum dimasukkan ke dalam oven. Sedangkan berat



kering tanur diperoleh dengan cara pengovenan pada suhu  $103 \pm 2^{\circ} \text{C}$  sampai tercapai berat kering konstan atau berat kering tanur.

Tiap bagian organ batang, cabang/ranting, daun maupun akar dihitung kandungan biomasanya dengan menggunakan rumus berikut :

$$BO = \frac{BK}{BB} \times BBt$$

Keterangan :

BO = Biomassa organ (batang, cabang/ranting, akar dan daun);

BK = Berat kering konstan/biomassa sampel (g);

BB = Berat basah sampel (g);

BBt = Berat basah per bagian pohon (batang, cabang/ranting, akar dan daun).

### 3.3.2.2. Perhitungan Kandungan Karbon

#### a. Pengukuran berat kering mutlak

Berat kering mutlak digunakan sebagai salah satu komponen dalam rumus kadar C pada metode *Walkley and Black* dengan bagian batang, cabang/ranting, akar dan daun yang telah diserbukan. Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah :

- 1) Menimbang berat cupu.
- 2) Memasukan serbuk sampel (lolos ayakan 40 mesh) sebanyak 1 gram (berat awal sampel serbuk /BBss ke dalam cupu.
- 3) Menimbang berat cupu dan berat awal sampel serbuk (BC+BBss)
- 4) Memasukan cupu dan serbuk sampel (BC+BBss) ke dalam oven dengan suhu  $103 \pm 2^{\circ} \text{C}$
- 5) Menimbang dan mencatat setiap penurunan berat setiap 3 hari (sampel berat mencapai konstan)



- 6) Setelah mencapai konstan, menimbang dan mencatat berat cupu dan berat

kering sampel serbuk (BC+BKss)

- 7) Mencari berat air BA, dengan rumus :

$$BA (g) = (BC+BBss) - (BC+BKss)$$

- 8) Mencari kadar lengas, dengan rumus :

$$KL (\%) = \frac{BA}{(BKss + BC) - BC} \times 100\%$$

- 9) Mencari berat kering mutlak (BKM), dengan rumus :

$$BKM (g) = Bul \times \left(1 - \frac{KL}{100}\right)$$

Keterangan :

Bul = berat sampel untuk uji larutan = 0,025 g

KL = kadar lengas

#### b. Perhitungan kandungan karbon

Bahan :

- $K_2Cr_2O_7$  1N (dilarutkan 49,04 g *reagent grade*  $K_2Cr_2O_7$  (kering 105°C) dalam 1000 ml aquades);
- $H_2SO_4$  pekat (tidak boleh kurang dari 96 %);
- $H_3PO_4$  (85%);
- *Diphenyl Amine* (0,5 g *reagent grade* diphenyl amine + 20 ml aquades) dan 100 ml  $H_2SO_4$  pekat.
- $FeSO_4$  1N (dilarutkan 278 g *reagent grade*  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  dalam 500 ml aquades ditambahkan 15 ml  $H_2SO_4$  (96%), dibiarkan dingin, dijadikan 1000 ml dengan aquades. Dapat juga digunakan  $FeSO_4$  0,5 N)

Cara Kerja :

- 1) Ditimbang sampel kering udara sekitar 0,025 g serbuk sampel (lolos ayakan 40 mesh), penimbangan dalam gelas arloji yang bersih dan kering.
- 2) Dimasukkan ke dalam labu takar 50 ml dan menambahkan 10 ml  $K_2Cr_2O_7$  1N dengan pipet.
- 3) Ditambahkan 10 ml  $H_2SO_4$  pekat dengan gelas ukur.
- 4) Dikocok dengan gerakan mendatar dan memutar.
- 5) Ditambahkan 5 ml  $H_3PO_3$  85% dan 1 ml indikator *diphenyl amine*.
- 6) Ditambahkan air suling sehingga volume menjadi 50 ml (penambahan air suling hendaknya memakai botol pemancar air).
- 7) Dikocok dengan cara membalik-balik sampai homogen dan biarkan mengendap.
- 8) Diambil larutan yang jernih dengan pipet 5 ml, kemudian dimasukkan ke dalam abu erlemeyer 50 ml, ditambahkan 15 ml air suling.
- 9) Dititrasi dengan 1N  $FeSO_4$  hingga warna menjadi kehijau-hijauan.
- 10) Langkah-langkah ini diulangi tanpa contoh sampel untuk keperluan blanko.

### c. Perhitungan Kadar Karbon (C)

Perhitungan kadar karbon hasil pengujian metode *Walkey and Black* menggunakan rumus (Anonim, 1987) :

$$(\text{Bahan organik tanah/jaringan}) = C \frac{100\%}{58\%}$$

$$(C) = \frac{(B-A) \times n\text{FeSO}_4 \times 3}{\frac{100}{100+KL} \times \text{berat tanah / jaringan}} \times 10 \times \frac{100}{77} \times 100\%$$

Keterangan :

C = kadar karbon dalam %

B = volume titrasi larutan kontrol dalam mililiter

A = volume titrasi larutan sampel serbuk dalam mililiter

n FeSO<sub>4</sub> = Normalitas Asam Ferro Sulfat 0,1 N

3 = konstanta ekuivalensi 1 ml K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 1 N = 3mg C

10 = volume FeSO<sub>4</sub> yang ditambahkan kedalam sampel serbuk dalam ml

$\frac{100}{77}$  berasal dari  $\frac{(C) \text{ metode Walkley \& Black}}{(C) \text{ metode Densstedt}}$

### 3.3.3. Kandungan Karbon Pohon

Kandungan karbon diperoleh dengan menjumlahkan kandungan karbon masing-masing organ pohon yang terdiri dari akar, batang, cabang/ranting, dan daun. Perhitungan kandungan karbon untuk masing-masing organ pohon (op) adalah sebagai berikut :

$$C(\text{op}) = \text{Total Biomassa}(\text{op}) \times \text{Kadar Karbon}(\text{op})$$

Pada proses perhitungannya dihitung masing-masing organ pohon dimasukkan ke dalam rumus di atas, dan selanjutnya dijumlahkan untuk memperoleh kandungan karbon pohon.

### 3.4. Persamaan Allometrik

Persamaan allometrik dibuat berdasarkan data yang telah diperoleh seperti dbh, biomassa organ pohon, biomassa pohon dan kandungan karbonnya dengan menggunakan persamaan regresi. Persamaan ini dapat digunakan untuk memrediksi atau meramal seberapa jauh pengaruh satu variabel atau beberapa

variabel bebas (*independent*) terhadap variabel bergantung (*dependent*) (Pratisto, 2009).

Persamaan regresi dapat berupa pola hubungan linier yang biasa disebut regresi linier. Selain pola hubungan linier juga terdapat pola-pola hubungan yang lain, misalnya (Pratisto, 2009):

- 1) Polinom kuadratik (pangkat 2) :  $Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$
- 2) Polinom kubik (pangkat 3) :  $Y = b_0 + b_1X + b_2X^2 + b_3X^3$
- 3) Polinom pangkat k :  $Y = b_0 + b_1X + b_2X^2 + b_3X^3 + \dots + b_kX^k$
- 4) Inverse :  $Y = b_0 + \frac{b_1}{X}$
- 5) Logaritmik :  $Y = a + b \ln X$
- 6) Eksponensial :  $Y = a e^{bX}$  atau  $\ln(Y) = \ln(b_0) + (b_1 * t)$
- 7) Power :  $Y = aX^b$  atau  $\ln(Y) = \ln(a) + b \ln(X)$
- 8) S-Curve :  $Y = e^{(a + \frac{b}{X})}$  atau  $\ln(Y) = \ln(a) + \ln(b) X$
- 9) Growth :  $Y = e^{(a+bX)}$  atau  $\ln(Y) = a + bX$
- 10) Hiperbola :  $Y = \frac{a}{bX}$

Dalam penelitian ini penentuan model terpilih didasarkan pada nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ), jumlah kuadrat error (*residual sum of square*) serta pengujian model dengan uji varians. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan SPSS.

### 3.5. Kemampuan Hutan Jati Menyimpan Karbon

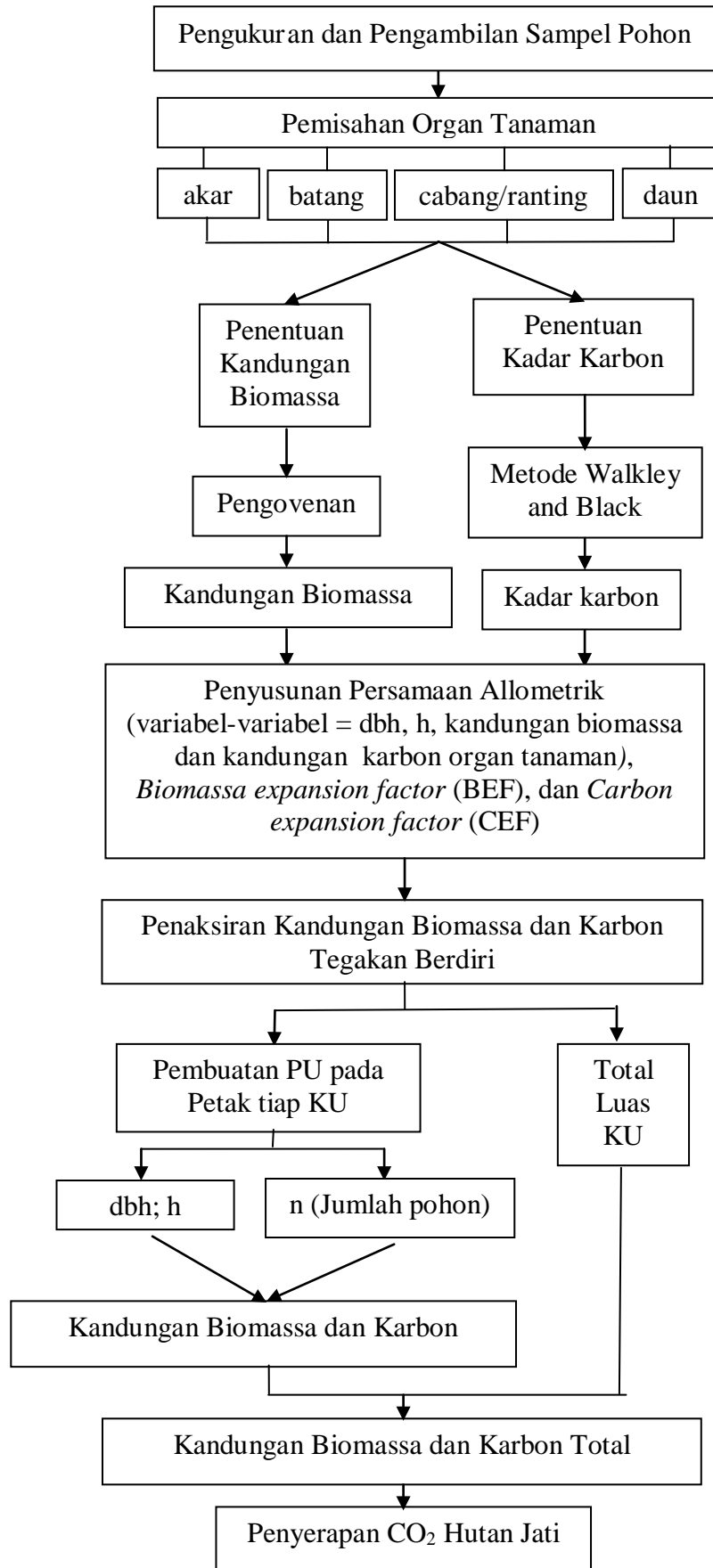
Penghitungan kemampuan hutan jati dalam menyimpan karbon dapat dilakukan dengan melakukan inventarisasi pada masing-masing petak ukur. Dari hasil inventarisasi ini diharapkan akan diperoleh data jumlah dan ukuran pohon

per hektar, yang selanjutnya dapat dihitung potensi karbon per hektar dengan menggunakan berat karbon tiap pohon. Dengan menggunakan konversi luas, maka potensi simpanan karbon pada hutan jati dapat diketahui.

Kegiatan inventarisasi dilakukan pada petak yang memiliki umur termuda sampai dengan petak dengan umur tegakan tertua. Pengukuran dilakukan pada tiap umur yang tersedia di KPH Randublatung. Inventarisasi dilakukan pada 47 petak dengan umur tegakan yang berbeda. Pengukuran dilakukan secara *purposive* dengan membuat 3 petak ukur (PU) pada petak yang dipilih. Pembuatan petak ukur dilakukan dengan memilih pada bagian tegakan dengan kondisi rapat, sedang dan jarang. Jumlah pohon per ha tegakan jati berkurang seiring bertambahnya umur tanaman karena pelaksanaan penjarangan. Sehingga penentuan kriteria rapat, sedang dan jarang pada masing-masing umur dilakukan secara berbeda-beda. Petak ukur yang dibuat memiliki bentuk lingkaran. Luas petak ukur yang dibuat memiliki klasifikasi : untuk Kelas Umur I – II adalah 0,02 ha; KU III – IV adalah 0,04 ha; dan KU >V adalah 0,1 ha.

### 3.6. Penyerapan Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) Hutan Jati

Menurut Basuki *et al* (2008) kuantifikasi pengurangan CO<sub>2</sub> udara oleh tanaman diperoleh dari konversi karbon dalam biomassa tanaman dengan rumus  $CO_2 = 44/12 \times C$ . Besarnya penyerapan CO<sub>2</sub> diperoleh dengan menggunakan perbandingan massa atom CO<sub>2</sub> terhadap C (karbon) yaitu  $(44 : 12) = 3,67$ . Sehingga penyerapan CO<sub>2</sub> hutan jati =  $3,67 \times \text{penyimpanan karbon (C)}$ .



Gambar 16. Diagram Alir Metode Penelitian

## IV. GAMBARAN UMUM LOKASI PENELITIAN

### 4.1 Lokasi

Penelitian dilakukan di KPH Randublatung, Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah yang berada dalam dua wilayah kabupaten yaitu Kabupaten Blora, seluas 31.761,40 ha (97,8%) dan Kabupaten Grobogan, Propinsi Jawa Tengah seluas 702,70 ha (2,2%). Secara geografis KPH Randublatung terletak pada  $7^{\circ} 05' - 7^{\circ} 20' \text{ LS}$  dan  $111^{\circ} 11' - 111^{\circ} 26' \text{ Bujur Timur}$ . Batas administrasi KPH Randublatung adalah sebagai berikut :

1. Sebelah utara dan timur : wilayah Kabupaten Blora
2. Sebelah selatan : wilayah Kabupaten Ngawi (Jawa Timur)
3. Sebelah barat : wilayah Kabupaten Grobogan

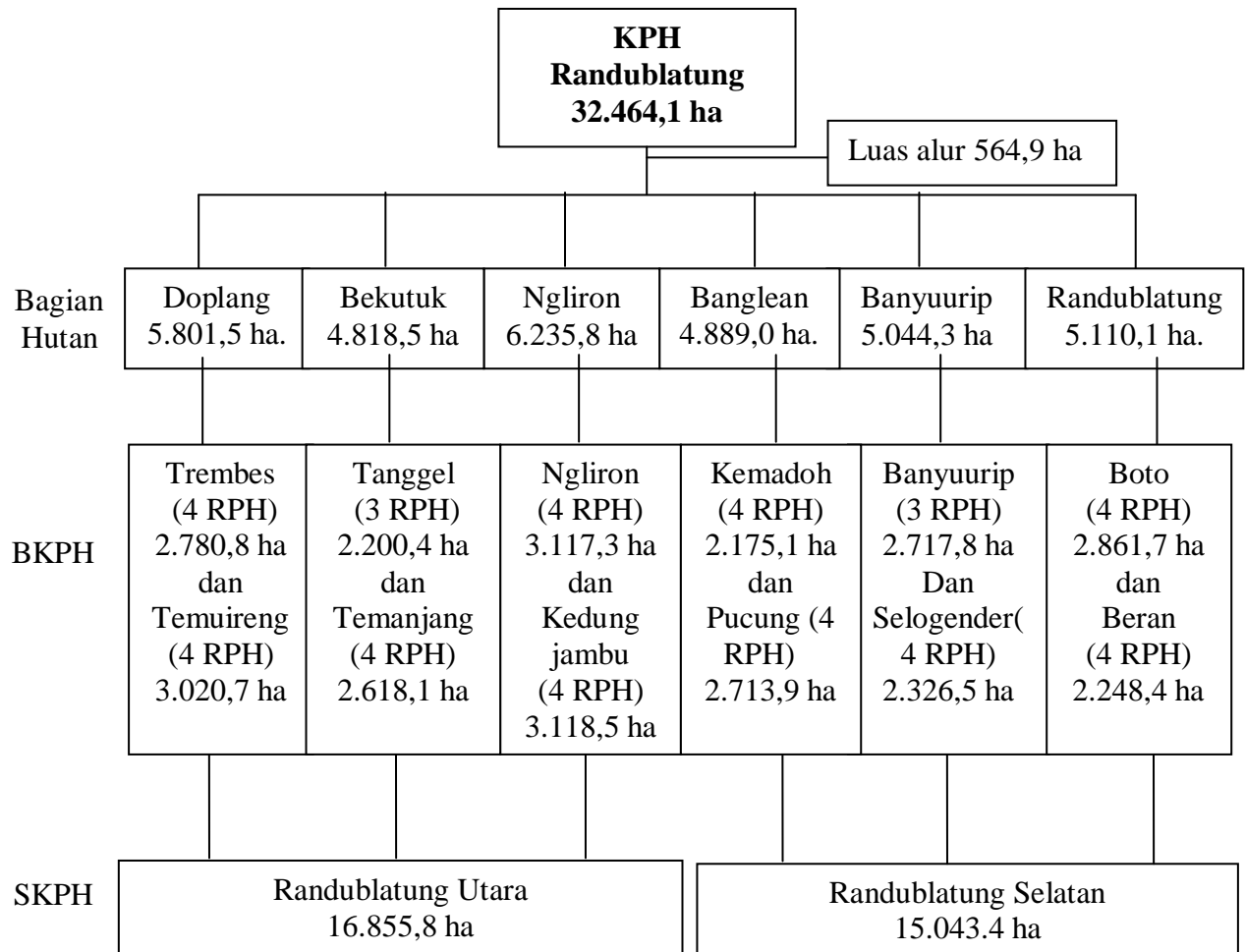
Kawasan hutan tersebut terbagi dalam 6 kecamatan yaitu Kecamatan Randublatung; Jati; Kradenan; Jepon; Banjarejo, Kabupaten Blora dan Kecamatan Gabus, Kabupaten Grobogan.

Wilayah kerja KPH Randublatung seluas 32.464,1 ha terdiri dari hutan produksi seluas 32.438,7 ha dan hutan suaka alam/cagar alam/ hutan wisata seluas 25,4 ha. Batas KPH Randublatung adalah sebagai berikut :

1. Sebelah utara : wilayah KPH Blora (Unit I Jawa Tengah)
2. Sebelah timur : wilayah KPH Cepu (Unit I Jawa Tengah)
3. Sebelah selatan : wilayah KPH Ngawi (Unit II Jawa Timur)
4. Sebelah barat : wilayah KPH Gundih (Unit I Jawa Tengah)

Menurut aspek perencanaan dan aspek pengelolaan/manajemen KPH

Randublatung dapat digambarkan dalam diagram sebagai berikut :



Gambar 17. Skema Pembagian Wilayah Hutan KPH Randublatung

#### 4.2. Tanah dan Topografi

Berdasarkan Risalah PK 2 tahun 2008, jenis tanah yang terdapat di kawasan hutan KPH Randublatung sebagian besar didominasi oleh Grumusol (Vertisol) serta Aluvial (Entisol), Regusol (Entisol), dan Mediteran (Alvisol).

Kawasan KPH Randublatung berada pada ketinggian antara 10 sampai 250 m di atas permukaan laut (dpl). Kondisi topografi kawasan hutan rata-rata landai, datar, sampai dengan bergelombang. Kondisi topografi di KPH Randublatung disajikan pada Tabel 4 sebagai berikut :



Tabel 4. Kondisi Topografi Wilayah KPH Randublatung

| No | Kelerengan                       | Jumlah (%) |
|----|----------------------------------|------------|
| 1  | Datar (Kelerengan 0-8%)          | 20         |
| 2  | Landai (Kelerengan 8-15%)        | 60         |
| 3  | Bergelombang (Kelerengan 15-25%) | 20         |
| 4  | Agak Curam (Kelerengan 25-40%)   | 0          |
| 5  | Curam (Kelerengan >40%)          | 0          |
|    | Jumlah                           | 100        |

Sumber : Monografi KPH Randublatung tahun 2005-2009

#### 4.3. Iklim

Berdasarkan tipe iklim menurut Schmidt dan Ferguson, tipe iklim KPH Randublatung termasuk tipe iklim C dengan curah hujan rata-rata per tahun sekitar 1.450 mm, dengan bulan basah tertinggi 60% dan bulan basah terendah 33%. Perkembangan rata-rata hari hujan dan curah hujan wilayah kabupaten Blora pada tahun 2005-2009 disajikan dalam Tabel 5 di bawah ini :

Tabel 5. Rata-rata Hari Hujan dan Curah Hujan Wilayah Kabupaten Blora pada Tahun 2005-2009

| No | Tahun | Hari Hujan | Curah Hujan (mm) | Keterangan     |
|----|-------|------------|------------------|----------------|
| 1  | 2005  | 73         | 1551             |                |
| 2  | 2006  | 80         | 1427             |                |
| 3  | 2007  | 86         | 1471             |                |
| 4  | 2008  | 90         | 1336             |                |
| 5  | 2009  | -          | -                | Data Belum Ada |

Sumber : Monografi KPH Randublatung tahun 2005-2009

#### 4.4. Kondisi Tegakan

KPH Randublatung dengan total areal 32.464,10 ha merupakan KPH dengan kelas perusahaan jati. Luas areal untuk produksi kayu jati seluas

30.194,20 ha atau sekitar 93% dari total areal. Tegakan jati produktif seluas 24.688,90 ha atau sekitar 82% dari total luas untuk produksi kayu jati. Gambaran secara keseluruhan kondisi tegakan disajikan pada tabel berikut :

Tabel 6. Ikhtisar Kelas Hutan KPH Randublatung Tahun 2010 (Triwulan I).

| <b>I. UNTUK PRODUKSI</b>                                   |           |                      |           |  |                 |
|--|-----------|----------------------|-----------|--|-----------------|
| A Untuk Produksi Kayu Jati                                 |           |                      |           | B. Bukan untuk Produksi Kayu Jati            |                 |
| 1. Untuk Perusahaan Tebang Habis                           |           |                      |           | 1. Tak baik Untuk Jati                       |                 |
| a. Produktif   | Luas (ha) | b. Tidak produktif   | Luas (ha) |  | Luas (ha)       |
| KUI  | 11.809,9  | LTJL                 | 144,5     | TKTBJ  | -               |
| KUII   | 3.474,9   | TK                   | 40,0      | TKLTBJ                                       | 5,5             |
| KUIII  | 2.634,9   | TKL/HAKL             | 213,3     | HAKLTBJ                                      | -               |
| KUIV   | 1.687,1   | TJBK/HAJBK           | 2.293,7   | TJM  | 4,0             |
| KUV  | 1.426,7   |                      |           | HAJM   | -               |
| KUVI   | 1.692,9   |                      |           |  |                 |
| KUVII  | 553,1     |                      |           |  |                 |
| KUVIII   | 841,4     |                      |           |  |                 |
| KUIX   | 161,6     |                      |           |  |                 |
| KUX  | -         |                      |           |  |                 |
| KUXI   | -         |                      |           |  |                 |
| MT   | -         |                      |           |  |                 |
| MR   | 516,1     |                      |           |  |                 |
| Jumlah Produktif   | 24.778,6  | Jumlah tak Produktif | 2.691,5   | Jumlah Tak Baik untuk Jati                   | 9,5             |
| Jumlah Baik untuk Perusahaan Tebang Habis                  |           |                      | 27.470,1  | 2. Tanaman Jenis Kayu Lain/TJKL              | 605,8           |
| 2. Untuk Kelas Perusahaan Bukan untuk Tebang Habis (TBPTH) |           |                      | -         | 3. Hutan Lindung Terbatas (HLT)              | -               |
| <b>Jumlah Untuk Produksi Kayu Jati</b>                     |           |                      | 27.470,1  | <b>Jumlah Bukan untuk Produksi Kayu Jati</b> | 615,3           |
| <b>Jumlah untuk Produksi</b>                               |           |                      |           |  | <b>28.085,4</b> |
| <b>II. BUKAN UNTUK PRODUKSI</b>                            |           |                      |           |  |                 |
| TBP  |           | 2,1                  |           |  |                 |
| LDTI   |           | 3.786,3              |           |  |                 |
| Cagar Alam   |           | 25,4                 |           |  |                 |
| Alur   |           | 564,9                |           |  |                 |
| Hutan Lindung  |           | -                    |           |  |                 |
| <b>Jumlah Bukan untuk Produksi</b>                         |           |                      |           |  | <b>4.378,7</b>  |
| <b>JUMLAH KAWASAN HUTAN</b>                                |           |                      |           |  | <b>32.464,1</b> |

Sumber : Laporan Evaluasi Potensi SDH s/d Triwulan I Tahun 2010.

## V. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 5.1. Pohon Sampel

Pohon sampel diambil sebanyak 18 pohon sampel yang diperoleh dari beberapa BKPH, terdiri atas 12 pohon yang berasal dari jenis tebangkan E dan 6 pohon berasal dari tebangkan A. Hal ini menyebabkan perbedaan kondisi pohon yang diperoleh, dimana untuk jenis tebangkan A sudah mengalami terasan 2 tahun yang lalu. Sehingga bagian *aboveground* yang dapat dikatakan dalam keadaan utuh adalah batang. Sedangkan bagian *belowground* juga tidak dapat diambil dikarenakan KPH Randubaltung sedang dalam proses sertifikasi sehingga tonggak harus tetap berada pada tempat tumbuhnya. Data pohon sampel yang diperoleh disajikan dalam Tabel 7 sebagai berikut :

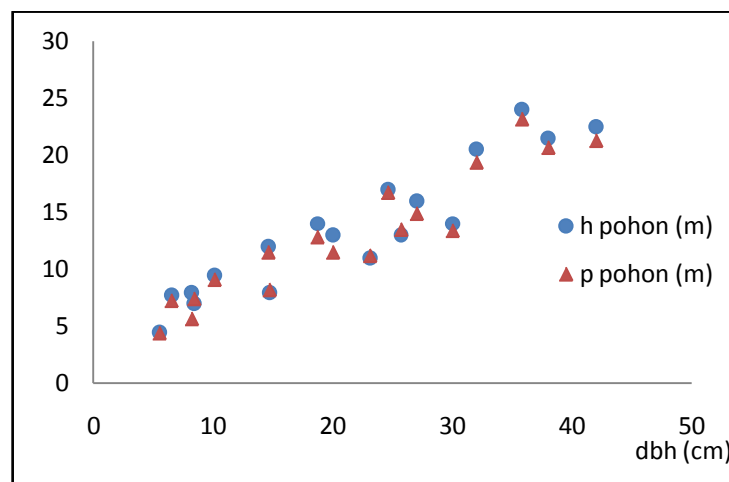
Tabel 7. Data Pohon Sampel

| No | KU  | Lokasi      |       |        | Pohon Sampel | Umur (tahun) | d pangkal (cm) | dbh (cm) | d tbbc (cm) | h (m) | p pohon (m) |
|----|-----|-------------|-------|--------|--------------|--------------|----------------|----------|-------------|-------|-------------|
|    |     | BKPH        | Petak | Bonita |              |              |                |          |             |       |             |
| 1  | I   | Kedungjambu | 80a   | 3,5    | 1a           | 6            | 12,5           | 8,4      | 6,2         | 7,0   | 7,41        |
| 2  | I   | Kedungjambu | 80a   | 3,5    | 1b           | 6            | 9,3            | 6,5      | 5           | 7,75  | 7,25        |
| 3  | I   | Kedungjambu | 80a   | 3,5    | 1c           | 6            | 7,9            | 5,5      | 5,2         | 4,5   | 4,40        |
| 4  | II  | Boto        | 149a  | 3,5    | 2a           | 16           | 19,7           | 14,6     | 13,5        | 12,0  | 11,50       |
| 5  | II  | Boto        | 149a  | 3,5    | 2b           | 16           | 13,7           | 10,1     | 7           | 9,5   | 9,10        |
| 6  | II  | Boto        | 149a  | 3,5    | 2c           | 16           | 12,3           | 8,2      | 8,3         | 8,0   | 5,65        |
| 7  | III | Ngliron     | 20    | 3      | 3a           | 30           | 29,2           | 25,7     | 16,2        | 13,0  | 13,50       |
| 8  | III | Ngliron     | 20    | 3      | 3b           | 30           | 23,1           | 23,1     | 17,3        | 11,0  | 11,20       |
| 9  | III | Ngliron     | 20    | 3      | 3c           | 30           | 21,2           | 14,7     | 11,5        | 8,0   | 8,20        |
| 10 | IV  | Selogender  | 91    | 3,5    | 4a           | 36           | 39,0           | 35,8     | 23,4        | 24,0  | 23,20       |

Tabel 7. Data Pohon Sampel (lanjutan)

| No  | KU | Lokasi     |       |        | Pohon Sampel | Umur (tahun) | d pangkal (cm) | dbh (cm) | d tbbc (cm) | h (m) | p pohon (m) |
|---|----|------------|-------|--------|--------------|--------------|----------------|----------|-------------|-------|-------------|
|   |    | BKPH       | Petak | Bonita |              |              |                |          |             |       |             |
| 11  | IV | Selogender | 91    | 3,5    | 4b           | 36           | 34,0           | 24,6     | 19,3        | 17,0  | 16,75       |
| 12  | IV | Selogender | 91    | 3,5    | 4c           | 36           | 23,0           | 18,7     | 12,8        | 14,0  | 12,84       |
| 13  | VI | Ngliron    | 76b   | 2,5    | 6a           | 58           | 46,0           | 30,0     | 19,0        | 14,0  | 13,40       |
| 14  | VI | Ngliron    | 76b   | 2,5    | 6b           | 58           | 35,0           | 27,0     | 14,0        | 16,0  | 14,90       |
| 15  | VI | Ngliron    | 76b   | 2,5    | 6c           | 58           | 26,0           | 20,0     | 13,0        | 13,0  | 11,50       |
| 16  | IX | Kemadoh    | 50    | 3,5    | 9a           | 85           | 66,0           | 42,0     | 30,0        | 22,5  | 21,31       |
| 17  | IX | Kemadoh    | 50    | 3,5    | 9b           | 85           | 43,0           | 38,0     | 17,8        | 21,5  | 20,70       |
| 18  | IX | Kemadoh    | 50    | 3,5    | 9c           | 85           | 35,0           | 32,0     | 15,3        | 20,5  | 19,40       |
| Keterangan :<br>Data bonita didasarkan pada Risalah PK 2 tahun 2008 |    |            |       |        |              |              |                |          |             |       |             |

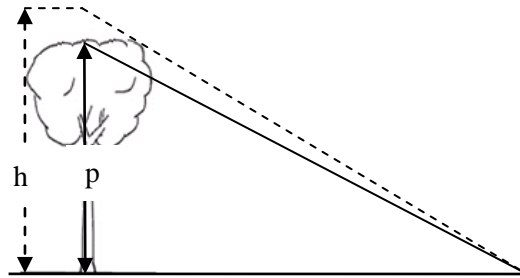
Berdasarkan data di atas dapat diketahui bahwa pengukuran tinggi pohon berdiri (h) menggunakan hagameter menunjukkan hasil yang berbeda dengan panjang pohon sebenarnya (p). Perbedaan ini hanya dapat diketahui apabila pohon yang sudah diukur tingginya menggunakan hagameter selanjutnya ditebang dan diukur panjang pohon sebenarnya. Perbedaan atau selisih antara tinggi pohon berdiri (h) dengan panjang pohon (p) dapat dilihat secara jelas pada Gambar 18 sebagai berikut :



Gambar 18. Selisih Tinggi Pohon Berdiri (h) dan Panjang Pohon (p)

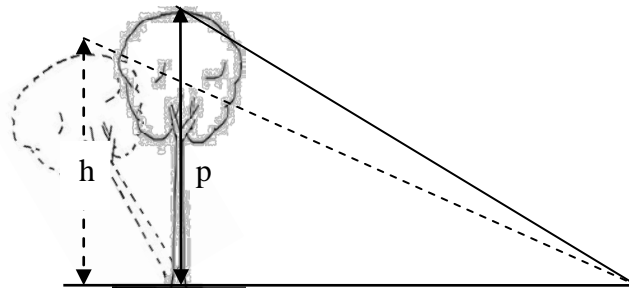
Perbedaan atau selisih pengukuran ini menurut Simon (1993) disebabkan oleh :

1. Kesalahan melihat puncak pohon. Tanaman jati termasuk pohon berdaun lebar dengan tajuk cenderung membulat, sehingga titik yang dianggap puncak pohon adalah bagian tajuk yang tertinggi.



Gambar 19. Kesalahan Melihat Puncak Pohon Dalam Pengukuran Tinggi Pohon

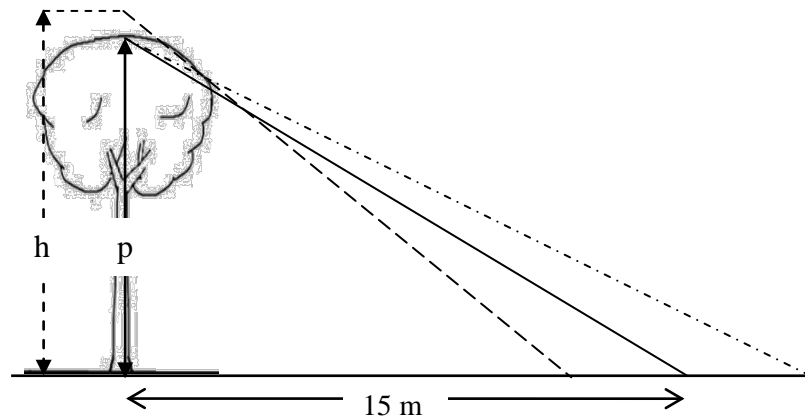
2. Pohon yang diukur dalam kondisi condong. Kondisi ini sering tidak disadari apabila arah condongnya menjauhi atau mendekati pengukur.



Gambar 20. Kesalahan Pengukuran Tinggi Pohon dalam Kondisi Condong.

3. Jarak antara pohon dengan pengukur tidak horisontal. Hal ini terutama diakibatkan oleh kelereng lokasi pengukuran.
4. Kesalahan dalam menentukan jarak yang tidak tepat. Pengukuran menggunakan hagameter menuntut pengukuran dilakukan sesuai dengan jarak yang terdapat pada skala, misalnya 15 m, 20 m dan seterusnya. Apabila jarak pengukuran terlalu dekat maka hasilnya akan lebih tinggi dari tinggi

sebenarnya. Sedangkan apabila jarak pengukuran terlalu jauh maka akan berkurang dari tinggi sebenarnya.



Gambar 21. Penentuan Jarak Pengukuran Pohon yang Tidak Tepat

Selisih pengukuran akan menghasilkan data yang lebih rendah dari panjang sebenarnya (*under estimate*) dan dapat juga lebih tinggi dari panjang sebenarnya (*over estimate*). Nilai pengukuran *underestimate* adalah berkisar antara -0,5 m sampai dengan - 0,2 m, sedangkan nilai pengukuran *over estimate* berkisar antara 0,1 m sampai dengan 2,35 m. Besarnya penyimpangan rata-rata tinggi pohon ( $h$ ) terhadap panjang pohon sebenarnya ( $p$ ) adalah sebesar 5,67 %. Sehingga hal ini harus dipertimbangkan dalam melakukan estimasi kandungan biomassa tegakan yang masih berdiri dengan persamaan allometrik yang menggunakan variabel tinggi pohon.

## 5.2. Kandungan Biomassa dan Karbon Tanaman Jati

### 5.2.1 Kandungan Biomassa

Hasil analisis kandungan biomassa 18 pohon sampel yang diperoleh dari KPH Randublatung pada masing-masing organ (batang, kulit, cabang/ranting, daun dan akar) disajikan pada Tabel 8 sebagai berikut :

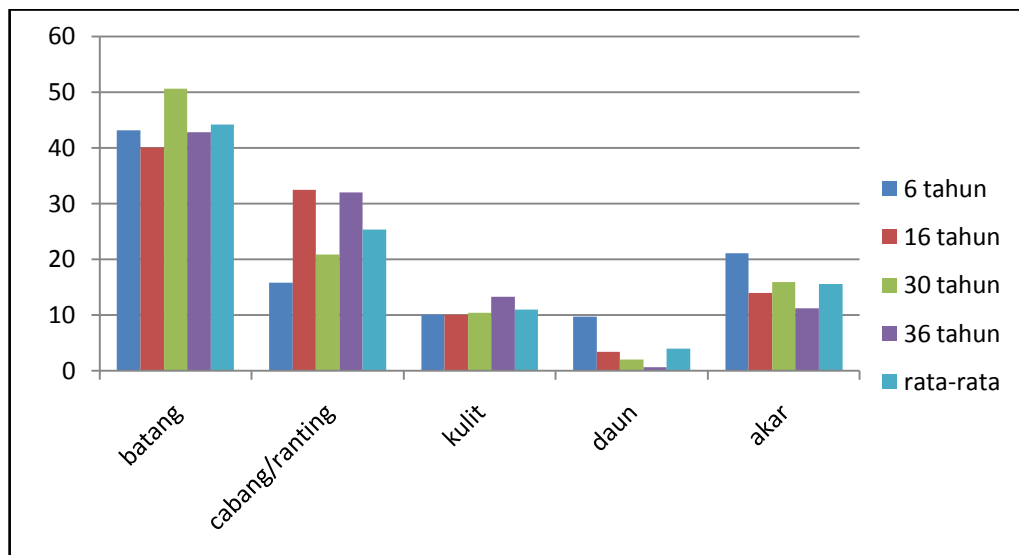
Tabel 8. Kandungan Biomassa Organ Pohon Berdasarkan Variasi Umur dan dbh.

| No | KU  | Petak | Pohon Sampel | Umur (thn) | dbh (cm) | h (m) | batang (kg) | kulit (kg) | cabang / ranting (kg) | daun (kg) | akar (kg) | Total (kg) |
|----|-----|-------|--------------|------------|----------|-------|-------------|------------|-----------------------|-----------|-----------|------------|
| 1  | I   | 80a   | 1a           | 6          | 8,4      | 7     | 7,681       | 1,680      | 2,935                 | 2,150     | 4,027     | 18,479     |
| 2  | I   | 80a   | 1b           | 6          | 6,5      | 7,75  | 4,959       | 0,909      | 2,365                 | 1,350     | 2,375     | 11,959     |
| 3  | I   | 80a   | 1c           | 6          | 5,5      | 4,5   | 3,588       | 1,213      | 0,671                 | 0,150     | 1,554     | 7,175      |
| 4  | II  | 149a  | 2a           | 16         | 14,6     | 12    | 37,700      | 7,987      | 35,611                | 3,690     | 11,170    | 96,16      |
| 5  | II  | 149a  | 2b           | 16         | 10,1     | 9,5   | 17,379      | 4,557      | 8,273                 | 0,720     | 6,703     | 37,633     |
| 6  | II  | 149a  | 2c           | 16         | 8,2      | 8     | 7,504       | 3,320      | 6,816                 | 0,990     | 3,990     | 22,622     |
| 7  | III | 20    | 3a           | 30         | 25,7     | 13    | 119,32      | 28,272     | 53,178                | 3,090     | 43,880    | 247,742    |
| 8  | III | 20    | 3b           | 30         | 23,1     | 11    | 80,221      | 11,901     | 25,177                | 3,810     | 17,150    | 138,26     |
| 9  | III | 20    | 3c           | 30         | 14,7     | 8     | 42,913      | 9,964      | 21,873                | 2,760     | 15,340    | 92,857     |
| 10 | IV  | 91    | 4a           | 36         | 35,8     | 24    | 307,814     | 91,113     | 352,59                | 3,210     | 72,740    | 827,462    |
| 11 | IV  | 91    | 4b           | 36         | 24,6     | 17    | 219,404     | 60,005     | 38,425                | 5,420     | 59,840    | 383,088    |
| 12 | IV  | 91    | 4c           | 36         | 18,7     | 14    | 59,410      | 31,500     | 47,688                | 1,30      | 20,920    | 160,813    |
| 13 | VI  | 76b   | 6a           | 58         | 30       | 14    | 341,481     |            | 21,837                |           |           | 363,318    |
| 14 | VI  | 76b   | 6b           | 58         | 27       | 16    | 279,872     |            | 12,879                |           |           | 292,751    |
| 15 | VI  | 76b   | 6c           | 58         | 20       | 13    | 123,144     |            | 20,723                |           |           | 143,867    |
| 16 | IX  | 50    | 9a           | 85         | 42       | 22,5  | 927,526     |            | 185,94                |           |           | 1.113,46   |
| 17 | IX  | 50    | 9b           | 85         | 38       | 21,5  | 650,689     |            | 25,328                |           |           | 676,017    |
| 18 | IX  | 50    | 9c           | 85         | 32       | 20,5  | 574,459     |            |                       |           |           | 574,459    |

Kandungan biomassa pada KU VI dan KU IX yang diperoleh hanya pada bagian batang dan cabang/ranting. Meskipun kondisi organ pohon yang masih utuh hanya bagian batang, sedangkan bagian cabang.ranting hanya sedikit yang masih tersisa. Kondisi ini dikarenakan pohon tersebut sudah diteres pada tahun 2008, sehingga terdapat bekas patah pada bagian cabang/ranting yang sudah kering akibat perencekan ataupun terkena angin yang terlalu kencang. Sehingga

data pada kedua KU tersebut tidak dapat digunakan untuk menyusun persamaan allometrik hubungan antara diameter setinggi dada (dbh) dengan kandungan biomassa total.

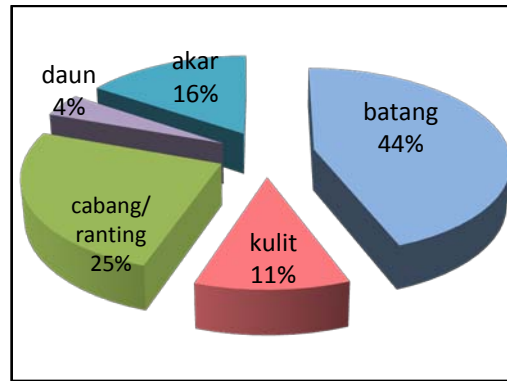
Berdasarkan data di atas dapat diketahui bahwa kandungan biomassa masing-masing organ meningkat seiring bertambahnya umur pohon. Kandungan biomassa terbesar terdapat pada bagian batang, yang selanjutnya secara berurutan terdapat pada bagian cabang/ranting, akar dan kulit. Besarnya persentase kandungan biomassa masing-masing organ tanaman dapat dilihat pada Gambar 22 berikut :



Gambar 22. Persentase Kandungan Biomassa Organ Tanaman

Penyusunan grafik di atas didasarkan pada data dari pohon yang berasal dari KU I – KU IV. Hal ini dikarenakan penyusunan persentase masing-masing organ hanya dapat diperoleh dari pohon yang diambil seluruh organ pohonnya. Dari grafik di atas besarnya persentase kandungan biomassa rata-rata masing-masing organ tanaman dapat disajikan sebagai berikut :

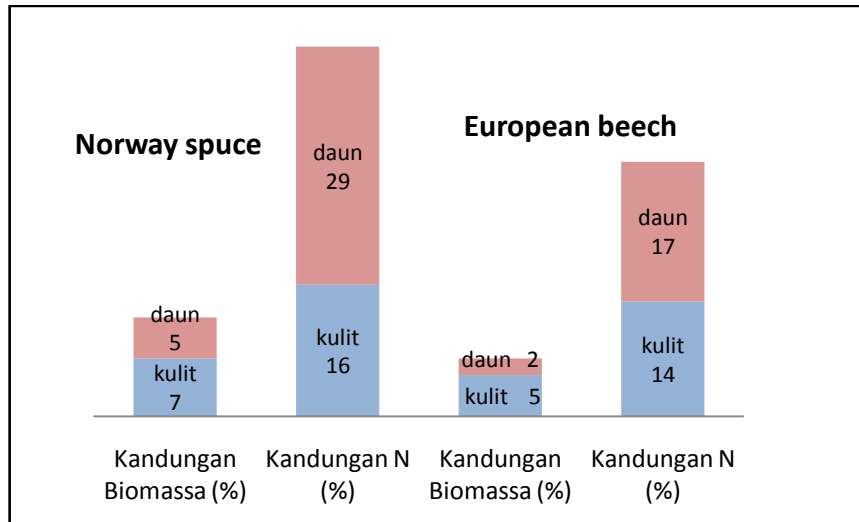




Gambar 23. Persentase Kandungan Biomassa Rata-rata Organ Tanaman

Persentase kandungan biomassa terbesar terdapat pada bagian batang yaitu sebesar 44 %, dan terkecil terdapat pada bagian daun. Proporsi kandungan biomassa masing-masing organ ini sebagaimana yang dilakukan oleh West (2009) yaitu secara berurutan dari terbesar adalah pada bagian batang, cabang/ranting, akar, kulit dan daun. Kandungan biomassa kulit dapat mencapai 11 % dari keseluruhan organ pohon hal ini mengingat ketebalannya mencapai 8 – 12 mm.

Berdasarkan gambar di atas kandungan biomassa terendah terdapat pada bagian daun dan kulit. Hal ini sebagaimana dinyatakan oleh Pretzch (2009) bahwa kandungan biomassa akan menunjukkan nilai rendah pada bagian daun dan kulit. Penelitian yang dilakukan terhadap jenis tanaman *Norway spruce* dan *European beech* umur 100 tahun menunjukkan bahwa konsentrasi N terdapat pada bagian daun dan kulit terutama pada bagian atas. Persentase kandungan biomassa dan kadar N pada bagian daun dan kulit dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 24. Persentase Kandungan Biomassa dan Kandungan N Daun dan Kulit

### 5.2.2. Rasio Biomassa *Belowground* : *Aboveground* (*Root :Shoot Ratio*)

Pada penelitian ini pengambilan akar lebih sulit dilakukan dibanding pengambilan organ pohon di atas permukaan tanah. Hal ini dirasakan terutama pada saat pengambilan akar rambut yang berukuran kecil (< 5 mm). Untuk mengetahui seberapa besar organ akar yang tertinggal, diperlukan sebuah tetapan yang menyatakan perbandingan antara jumlah akar dan jumlah organ di atas permukaan tanah (*aboveground*). Levy (2004) menyebutkan bahwa untuk menghitung rasio berat basah akar dan total *aboveground* dapat menggunakan formula :

$$R = \frac{M_{\text{root}}}{M_{\text{ag}}}$$

Keterangan

R = rasio berat basah akar : total *above ground*

M root = berat basah akar

M ag = berat basah total *aboveground*

Hasil perhitungan nilai R dengan menggunakan data hasil penimbangan berat basah masing-masing organ pohon jati dapat dilihat pada Tabel 9 :

Tabel 9. Nilai rasio berat basah akar : total *aboveground* (R)

| No        | Kelas Umur | Umur (tahun) | Berat basah (kg) |                 |        |         |              | R         |             |
|-----------|------------|--------------|------------------|-----------------|--------|---------|--------------|-----------|-------------|
|           |            |              | Batang+ kulit    | Cabang /ranting | Daun   | akar    | Above ground | per pohon | rata - rata |
| 1         | I          | 6            | 21,500           | 7,500           | 6,750  | 10,730  | 35,750       | 0,30      |             |
| 2         | I          | 6            | 14,400           | 6,500           | 4,000  | 6,500   | 24,900       | 0,26      |             |
| 3         | I          | 6            | 9,500            | 1,730           | 0,590  | 3,580   | 11,820       | 0,30      | 0,29        |
| 4         | II         | 16           | 88,000           | 70,500          | 11,500 | 29,500  | 170,000      | 0,17      |             |
| 5         | II         | 16           | 42,000           | 16,500          | 2,250  | 14,500  | 60,750       | 0,24      |             |
| 6         | II         | 16           | 16,000           | 13,500          | 3,000  | 10,000  | 32,500       | 0,31      | 0,24        |
| 7         | III        | 30           | 276,160          | 113,000         | 5,000  | 77,750  | 394,160      | 0,20      |             |
| 8         | III        | 30           | 167,780          | 57,000          | 4,500  | 38,000  | 229,280      | 0,17      |             |
| 9         | III        | 30           | 91,000           | 42,000          | 3,500  | 31,000  | 136,500      | 0,23      | 0,20        |
| 10        | IV         | 36           | 695,380          | 1.828,900       | 12,500 | 132,340 | 2.536,780    | 0,05      |             |
| 11        | IV         | 36           | 578,810          | 81,000          | 20,000 | 89,560  | 679,810      | 0,13      |             |
| 12        | IV         | 36           | 189,720          | 96,000          | 4,750  | 44,250  | 290,470      | 0,15      | 0,11        |
| Rata-rata |            |              |                  |                 |        |         |              | 0,21      | 0,21        |

Berdasarkan formula di atas selanjutnya dapat diadopsi untuk menghitung rasio biomassa akar dan biomassa total *aboveground* (batang, kulit, cabang/ranting, daun). Formula yang diajukan adalah :

$$RBBA = \frac{B a}{B ag}$$

Keterangan

RBBA = Rasio biomassa *belowground* : *aboveground* (root : shoot ratio)

B a = biomassa akar (kg)

B ag = total biomassa *aboveground* (kg)

Berdasarkan pengujian biomassa diperoleh data kandungan biomassa masing-masing organ pohon jati. Hasil perhitungan RBBA dari perbandingan biomassa akar terhadap biomassa *aboveground* disajikan pada Tabel 10 sebagai berikut:

Tabel 10. Nilai Rasio Biomassa *Belowground* : *Aboveground* (*Root* : *Shoot Ratio*)

| No        | KU  | Umur<br>(Thn) | Biomassa (kg) |        |                    |       |        |                 | RBBA<br>(root:shoot<br>ratio) |               |
|-----------|-----|---------------|---------------|--------|--------------------|-------|--------|-----------------|-------------------------------|---------------|
|           |     |               | Batang        | kulit  | cabang/<br>ranting | daun  | Akar   | Above<br>ground | Per<br>pohon                  | rata-<br>rata |
| 1         | I   | 6             | 7,681         | 1,680  | 2,935              | 2,150 | 4,027  | 14,446          | 0,28                          |               |
| 2         | I   | 6             | 4,959         | 0,909  | 2,365              | 1,350 | 2,375  | 9,583           | 0,25                          |               |
| 3         | I   | 6             | 3,588         | 1,213  | 0,671              | 0,150 | 1,554  | 5,622           | 0,28                          | 0,27          |
| 4         | II  | 16            | 37,700        | 7,987  | 35,611             | 3,690 | 11,170 | 84,988          | 0,13                          |               |
| 5         | II  | 16            | 17,379        | 4,557  | 8,273              | 0,720 | 6,703  | 30,929          | 0,22                          |               |
| 6         | II  | 16            | 7,504         | 3,320  | 6,816              | 0,990 | 3,990  | 18,630          | 0,21                          | 0,19          |
| 7         | III | 30            | 119,32        | 28,272 | 53,178             | 3,090 | 43,880 | 203,860         | 0,22                          |               |
| 8         | III | 30            | 80,221        | 11,901 | 25,177             | 3,810 | 17,150 | 121,109         | 0,14                          |               |
| 9         | III | 30            | 42,913        | 9,964  | 21,873             | 2,760 | 15,340 | 77,510          | 0,20                          | 0,18          |
| 10        | IV  | 36            | 307,814       | 91,113 | 352,59             | 3,210 | 72,740 | 754,727         | 0,10                          |               |
| 11        | IV  | 36            | 219,404       | 60,005 | 38,425             | 5,420 | 59,840 | 323,254         | 0,19                          |               |
| 12        | IV  | 36            | 59,410        | 31,500 | 47,688             | 1,30  | 20,920 | 139,898         | 0,15                          | 0,14          |
| Rata-rata |     |               |               |        |                    |       |        |                 | 0,20                          | 0,20          |

Berdasarkan tabel di atas diperoleh RBBA terkecil 0,10 dan terbesar 0,28. Sedangkan nilai RBBA rata-rata pada tiap umur diperoleh nilai terbesar pada umur 6 tahun dan semakin menurun seiring dengan meningkatnya umur pohon. Nilai rata-rata terbesar adalah 0,27 pada umur 6 tahun dan terkecil sebesar 0,14 pada umur 36 tahun. Sedangkan besarnya Rasio biomassa *belowground* : *aboveground* (*root* : *shoot ratio*) rata-rata adalah sebesar 0,20. Nilai ini tidak berbeda jauh dengan rasio akar dan total *aboveground* yang didasarkan pada berat basah organ yaitu sebesar 0,21.

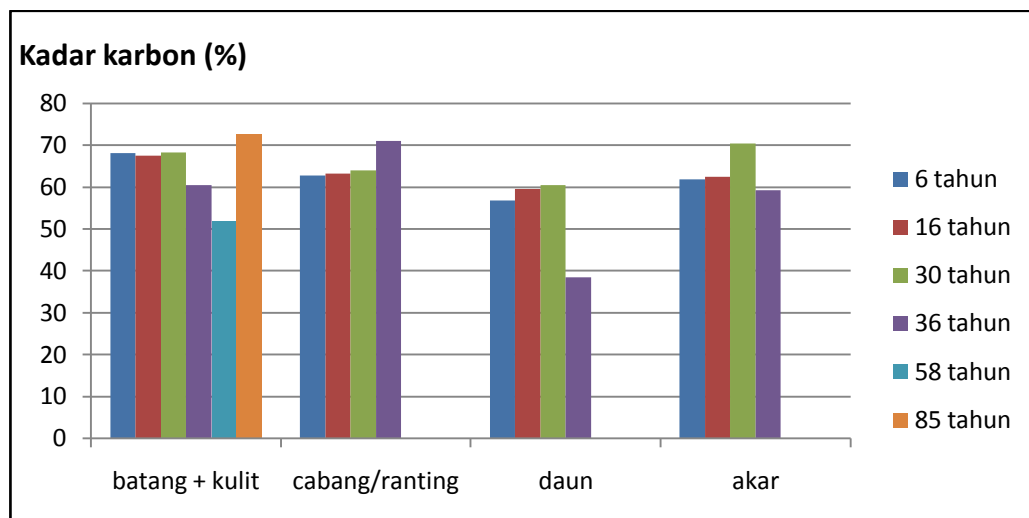
IPCC (2006) menyebutkan besarnya nilai *root : shoot ratio* untuk jenis tanaman yang menggugurkan daun adalah sebesar 0,20 pada saat kondisi tanaman berdaun dan 0,24 pada saat menggugurkan daun. Nilai RBBA rata-rata yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebesar 0,20, hal ini sesuai dengan acuan IPCC (2006) karena pengambilan sampel dilakukan pada saat kondisi tanaman jati berdaun. Berdasarkan data yang diperoleh dapat diketahui bahwa semakin bertambahnya umur tanaman maka nilai RBBA semakin turun, yang berarti bahwa semakin banyak pula akar yang tidak terambil. Akar yang tertinggal terutama pada organ akar rambut yang berukuran kecil ( $< 5$  mm). Hal ini terutama terjadi pada akar rambut yang terputus dan menempel pada tanah pada saat pengambilan akar lateral yang berukuran panjang. Hal ini disebabkan karena jenis tanah pada lokasi pengambilan pohon sampel adalah vertisol yang bertekstur lempung berat sehingga sangat lekat/lengket pada saat basah dan menggunpal sangat keras pada saat kering. Selain itu semakin besar ukuran pohon maka pengambilan akar pohon sampel semakin sulit, karena kesulitan dalam membedakan bagian akar pohon sampel dengan pohon tetangga.

Apabila nilai RBBA pada umur 6 tahun tidak diperhitungkan dengan asumsi bahwa semua organ terambil, maka rata-rata RBBA KU II – KU IV yang diperoleh adalah sebesar 0,17. Hal ini menunjukkan bahwa biomassa akar yang tidak terambil adalah sebesar 3 % dari total biomassa *aboveground* jika menggunakan acuan IPCC (2006). Kraenzel *et al* (2003) menyebutkan untuk dapat mengambil seluruh akar seharusnya dilakukan pengambilan seluruh tanah dengan ukuran sesuai panjang dan kedalaman akar, dan selanjutnya disiram air sehingga dapat dipisahkan antara organ akar dan bahan lain. Nilai RBBA yang

diperoleh pada tanaman jati umur 20 tahun di Panama adalah berkisar antara 0,11 – 0,23 dengan nilai rata-rata 0,16. Sehingga nilai rata-rata yang diperoleh pada penelitian masih lebih tinggi dibandingkan dengan penelitian tersebut.

### 5.2.3. Kandungan Karbon

Pengujian kadar karbon menggunakan metode *Walkley dan Black* diperlukan untuk mengetahui kandungan karbon yang terdapat pada organ pohon jati. Perbedaan dengan pengukuran kandungan biomassa adalah kandungan karbon batang dan kulit diakumulasikan karena sampel pengujian kadar karbonnya diserbukkan secara bersamaan. Sehingga kadar karbon yang diperoleh adalah sebagai berikut :



Gambar 25 . Kadar Karbon Organ Tanaman Jati

Nilai kisaran kadar karbon pada masing-masing organ tanaman dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 11. Kisaran Kadar Karbon Masing-masing Organ Tanaman Jati

| Kadar karbon (%) | Organ tanaman |                |       |       |
|------------------|---------------|----------------|-------|-------|
|                  | Batang+kulit  | Cabang/ranting | akar  | daun  |
| Tertinggi        | 75            | 76             | 75    | 64    |
| Terendah         | 51            | 60             | 58    | 36    |
| Rata-rata        | 64,84         | 65,35          | 63,60 | 53,92 |
| Rata-rata total  | 61,93         |                |       |       |

Kadar karbon rata-rata dari semua organ tanaman sebesar 61,93 % menunjukkan jumlah yang lebih besar dari tetapan Brown yaitu kadar karbon sebesar 50%. Hal ini dapat digunakan sebagai dorongan untuk meneliti kadar karbon jenis tanaman lain di Indonesia yang beraneka ragam. Diharapkan dengan meneliti kadar karbon masing-masing jenis terutama pohon yang memiliki kadar karbon yang lebih besar dari tetapan Brown dapat meningkatkan potensi karbon yang ada di Indonesia. Nilai kadar karbon yang diperoleh pada penelitian ini juga masih lebih tinggi dibandingkan nilai yang diperoleh oleh Kraenzel *et al* (2003) yaitu sebesar 49 %.

Nilai kadar karbon rata-rata terendah diperoleh pada organ daun adalah yang terendah. Chauhan *et al* (2009) menyatakan bahwa penelitian yang dilakukan terhadap 12 jenis pohon menunjukkan kadar karbon terendah terdapat pada organ daun. Selain itu perbandingan kadar karbon terhadap kadar nitrogen menunjukkan bahwa organ daun memiliki nilai yang paling rendah. Sedangkan organ batang, cabang/ranting dan akar menunjukkan perbandingan kadar karbon terhadap nitrogen menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan pada daun. Pretzsch (2009) menyatakan bahwa kadar C pada semua organ tanaman umumnya sama dan yang terendah adalah pada organ daun. Pretzsch juga meneliti kadar N pada

jenis kayu daun lebar dan kayu daun jarum menunjukkan kadar N dari yang tertinggi secara berurutan terdapat pada bagian daun, kulit, cabang, batang dan akar.

Nilai kadar karbon masing-masing organ digunakan untuk menghitung kandungan karbon tiap-tiap pohon sampel yang sudah diketahui kandungan biomasnya. Besarnya kandungan karbon pada organ tanaman jati disajikan pada Tabel 12 sebagai berikut :

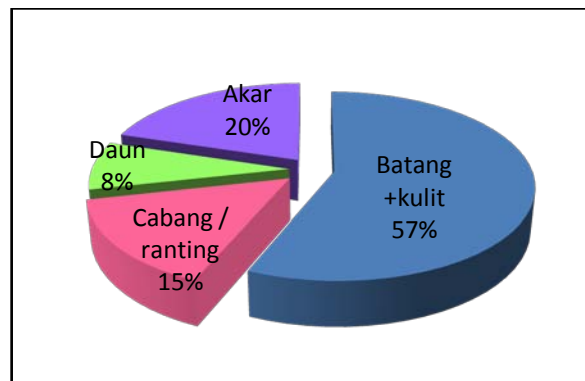
Tabel 12. Kandungan Karbon Organ Tanaman Jati

| No | KU  | Umur (thn) | dbh (cm) | Kadar C (%) (a)     | Batang +kulit | Cabang/ ranting | Daun  | Akar  | Total (kg) |
|----|-----|------------|----------|---------------------|---------------|-----------------|-------|-------|------------|
|    |     |            |          | Kandungan C (kg)(b) |               |                 |       |       |            |
| 1  | I   | 6          | 6,8      | (a)                 | 68,26         | 62,87           | 56,87 | 62,00 |            |
|    |     |            |          | (b)                 | 4,59          | 1,23            | 0,68  | 1,64  | 8,14       |
| 2  | II  | 16         | 11       | (a)                 | 67,57         | 63,29           | 59,72 | 62,53 |            |
|    |     |            |          | (b)                 | 17,55         | 10,58           | 1,07  | 4,51  | 33,72      |
| 3  | III | 30         | 21,2     | (a)                 | 68,40         | 64,13           | 60,59 | 70,47 |            |
|    |     |            |          | (b)                 | 65,87         | 21,44           | 1,97  | 17,32 | 106,59     |
| 4  | IV  | 36         | 26,4     | (a)                 | 60,55         | 71,10           | 38,52 | 59,40 |            |
|    |     |            |          | (b)                 | 149,71        | 109,28          | 1,27  | 30,08 | 290,34     |
| 5  | VI  | 58         | 25,7     | (a)                 | 51,85         |                 |       |       |            |
|    |     |            |          | (b)                 | 129,07        | 9,60            |       |       | 138,67     |
| 6  | IX  | 85         | 37,3     | (a)                 | 72,62         |                 |       |       |            |
|    |     |            |          | (b)                 | 523,38        | 52,49           |       |       | 575,87     |

Berdasarkan data di atas dapat diketahui bahwa kadar karbon relatif sama pada semua umur, sedangkan kandungan karbon pada pohon jati meningkat jumlahnya seiring dengan bertambahnya umur. Pretzsch (2009) menyatakan bahwa biomassa yang terdapat di hutan terdiri atas 90-95 % unsur karbon, hidrogen dan oksigen dengan kadar yang relatif sama yaitu 44 - 59% C; 42 – 46 %



O; 5- 7 % H, dan jumlah pada organ tanamannya meningkat seiring pertumbuhan yang dialaminya. Data kandungan karbon pada di atas dapat disajikan dalam bentuk persentase kandungan karbon masing-masing organ tanaman pada Gambar 26 sebagai berikut :



Gambar 26. Persentase Kandungan Karbon Organ Tanaman

### 5.3. Persamaan Allometrik dan *Biomassa Expansion Factor* (BEF)

#### 5.3.1. Persamaan Allometrik dbh – Biomassa

Penyusunan allometrik didasarkan pada data yang diperoleh dari pengukuran diameter setinggi dada (dbh) yang dilakukan pada sampel pohon sebelum ditebang dengan hasil pengujian biomassa masing-masing organ tanaman. Penggunaan variabel dbh didasarkan pada kemudahan pengukuran, serta relatif mengurangi kesalahan pengukuran dibandingkan variabel tinggi pohon (h). Analisis dilakukan dengan menetapkan dbh sebagai variabel bebas (*independent variable*) dan biomassa sebagai variabel bergantung (*dependent variable*). Analisis data statistik dilakukan menggunakan SPSS, dengan pilihan *curve estimation* yang dapat menggambarkan berbagai bentuk hubungan antara dbh dengan biomassa.

Model hubungan atau persamaan allometrik yang akan digunakan untuk melakukan estimasi dipilih persamaan yang memiliki nilai koefisien korelasi (R) dan koefisien determinasi ( $R^2$ ) terbesar dan nilai jumlah kuadrat error (*residual sum of square*) dan *standar error estimation* terkecil. Sehingga diharapkan model persamaan yang dipilih akan semakin tepat dalam memprediksi atau mengestimasi variabel bergantung. Dari hasil pengujian diperoleh persamaan allometrik pada Tabel 13 sebagai berikut :

Tabel 13. Persamaan Allometrik dbh - Biomassa

| N o | Variabel                      | Bentuk model | Persamaan allometrik           | n  | R     | $R^2$ | JKE   | F Sig      |
|-----|-------------------------------|--------------|--------------------------------|----|-------|-------|-------|------------|
| 1   | dbh - biomassa batang         | Power        | $B b = 0,027dbh^{2,735}$       | 18 | 0,929 | 0,971 | 1,508 | Signifikan |
| 2   | dbh - biomassa kulit          | Power        | $B k = 0,015dbh^{2,408}$       | 12 | 0,957 | 0,916 | 2,139 | Signifikan |
| 3   | dbh - biomassa cabang/ranting | Power        | $B cr = 0,014dbh^{2,657}$      | 12 | 0,947 | 0,897 | 3,262 | Signifikan |
| 4   | dbh - biomassa daun           | Sigmoid      | $B d = e^{(1,908-15,913/dbh)}$ | 12 | 0,804 | 0,647 | 3,794 | Signifikan |
| 5   | dbh - biomassa akar           | Power        | $B a = 0,052dbh^{2,044}$       | 12 | 0,979 | 0,959 | 0,727 | Signifikan |
| 6   | dbh - biomassa total          | Power        | $B t = 0,133dbh^{2,394}$       | 12 | 0,987 | 0,974 | 0,606 | Signifikan |

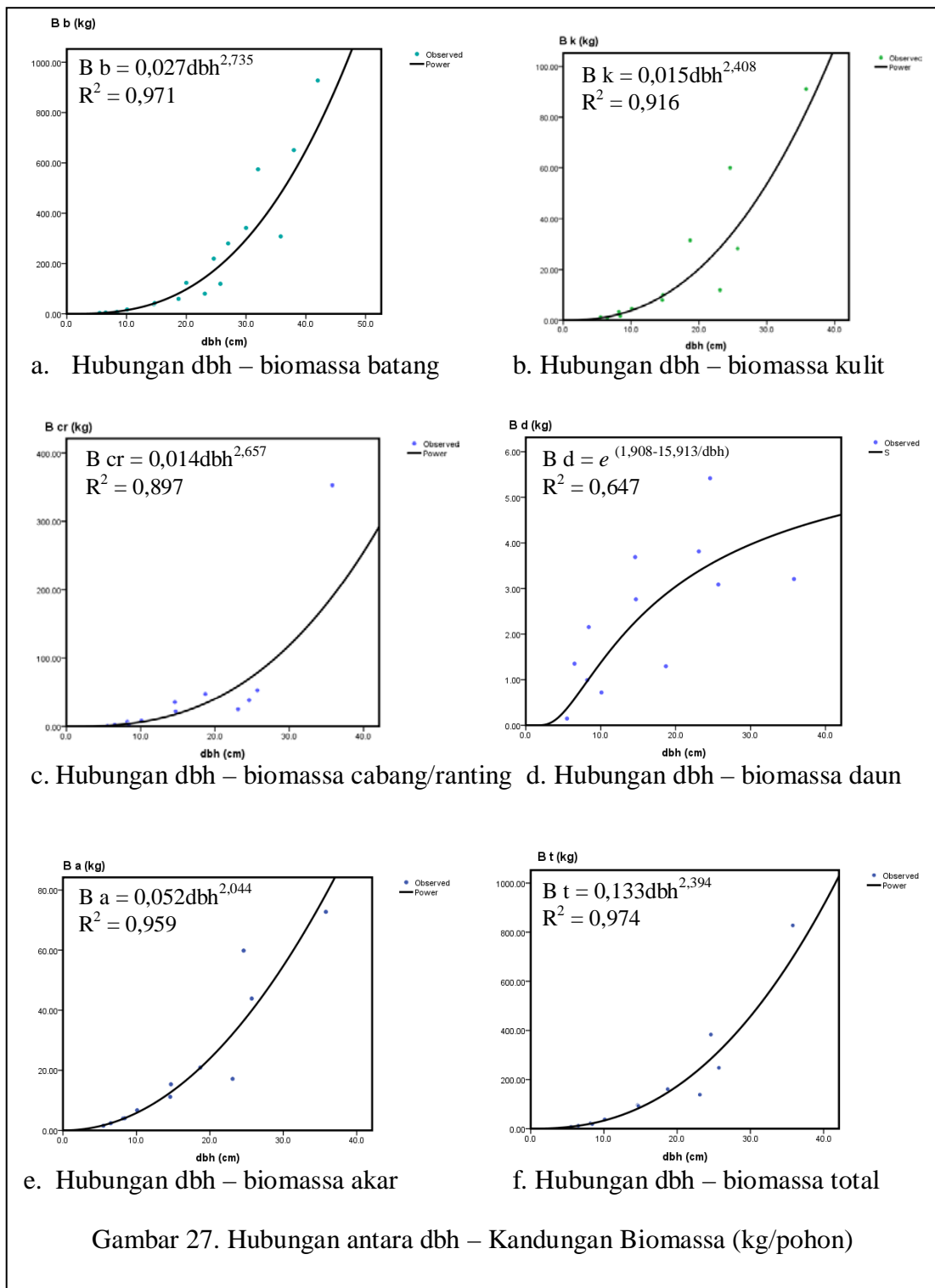
Berdasarkan Tabel 13 menunjukkan bahwa persamaan antara dbh dan kandungan biomassa menunjukkan tingkat hubungan yang paling kuat pada batang selanjutnya akar, kulit, cabang/ranting dan yang paling lemah adalah pada daun. Hal ini didasarkan pada nilai koefisien korelasi (R) yang diperoleh. Pratisto (2009) menyebutkan bahwa nilai korelasi mendekati +1 atau -1 berarti terdapat hubungan yang kuat, sebaliknya korelasi yang mendekati nilai 0 berarti

terdapat hubungan yang lemah. Apabila korelasi sama dengan 0, berarti antara kedua variabel tidak terdapat hubungan sama sekali.

Perbedaan koefisien korelasi masing-masing organ disebabkan oleh :

- a. Pohon mengalami pertumbuhan yang digunakan untuk menjelaskan peningkatan berat, biomassa dan berat kering tanur, sekaligus mengalami penambahan ukuran batang (diameter dan tinggi). Sehingga batang merupakan organ yang selalu mengalami peningkatan ukuran dibanding organ lain seiring kenaikan jumlah biomassa pohon.
- b. Batang jarang mengalami kehilangan atau pengurangan bagian batang dibandingkan kulit, cabang, ranting, akar dan daun, sehingga bisa dianggap tidak berarti.
- c. Perubahan biomassa pada akar, cabang, ranting, kulit dan daun dapat disebabkan karena terjadi pergantian organ dan hilang yang disebabkan oleh faktor luar (musim, manusia dan serangan hama). Daun merupakan organ yang paling rentan terhadap perubahan biomassa karena jati merupakan jenis tanaman yang menggugurkan daun dan sumber makanan bagi ulat jati.
- d. Jati memiliki bagian kayu teras yang merupakan jaringan mati dan tidak dapat ditembus oleh air pada proses fotosintesis (*dead inner xylem*). Sehingga untuk mengetahui proporsi biomassa daun sebagai tempat masuknya energi cahaya dengan biomassa batang yang berperan dalam proses fotosintesis hanya dilakukan pada bagian kayu teras saja. Pretzsch (2009) menyebutkan bahwa pengukuran biomassa batang yang masih hidup (berperan dalam fotosintesis) adalah biomassa batang dikalikan faktor kayu teras. Faktor kayu teras diperoleh dari perbandingan kayu teras terhadap batang total.

Persamaan allometrik antara dbh dengan biomassa menunjukkan hubungan yang berbentuk pangkat (*power*) dan hanya satu yang berbentuk *sigmoid*. Persamaan allometrik dbh - biomassa yang terbentuk dapat dinyatakan dalam bentuk grafik sebagai berikut :



Gambar 27. Hubungan antara dbh – Kandungan Biomassa (kg/pohon)

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa semakin besar nilai dbh kandungan biomasanya juga semakin besar. Persamaan dan grafik hubungan antara dbh dan biomassa yang terbentuk dinyatakan dalam biomassa per pohon sehingga satuan yang digunakan untuk biomassa adalah kg/pohon. Sebaran data pengamatan yang paling mendekati garis persamaan adalah pada hubungan dbh dengan biomassa total. Persamaan yang dihasilkan menunjukkan nilai  $R^2$  sebesar 0,974, yang berarti bahwa bertambahnya biomassa total dapat dijelaskan oleh variabel dbh sebesar 97,4 %, sedangkan 2,6 % dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak dapat dijelaskan. Nilai R sebesar 0,987 juga menunjukkan bahwa tingkat hubungan kedua variabel sangat tinggi atau kuat sekali dan dapat diandalkan. Berdasarkan hasil tersebut persamaan dbh – biomassa total ( $B_t = 0,133dbh^{2,394}$ ) dapat diandalkan untuk mengestimasi kandungan biomassa total tegakan hutan jati.

### **5.3.2. Persamaan Allometrik Dbh – Kandungan Karbon**

Persamaan allometrik yang digunakan untuk estimasi kandungan karbon didasarkan pada hasil penghitungan kandungan karbon masing-masing organ dan kandungan karbon total pohon sampel. Variabel independen yang digunakan adalah dbh sebagaimana pada persamaan allometrik pada estimasi kandungan biomassa. Persamaan allometrik dbh-karbon disusun mengingat kadar karbon yang digunakan untuk menghitung kandungan karbon menunjukkan hasil berbeda pada masing-masing organ. Selain itu persamaan allometrik dbh dengan karbon kulit tidak dilakukan terpisah sebagaimana pada biomassa kulit. Hal ini didasarkan pada proses penyerbukan batang dan kulit yang dilakukan bersamaan,

sehingga persamaan allometrik yang terbentuk antara dbh dan karbon batang merupakan karbon gabungan antara organ batang dan kulit.

Persamaan allometrik yang diperoleh pada analisis data pada Tabel 12 kandungan karbon masing-masing organ dengan menggunakan *curve estimation* pada program SPSS disajikan pada Tabel 14 sebagai berikut :

Tabel 14 . Persamaan Allometrik dbh – Kandungan Karbon

| N o | Variabel                    | Jenis model | Persamaan allometrik           | n  | R     | R <sup>2</sup> | JKE   | F Sig      |
|-----|-----------------------------|-------------|--------------------------------|----|-------|----------------|-------|------------|
| 1   | dbh - karbon batang+kulit   | Power       | $K_{bt} = 0,033dbh^{2,568}$    | 18 | 0,985 | 0,97           | 1,382 | Signifikan |
| 2   | dbh - karbon cabang/ranting | Power       | $K_{cr} = 0,008dbh^{2,71}$     | 12 | 0,944 | 0,891          | 3,628 | Signifikan |
| 3   | dbh - karbon daun           | Sigmoid     | $K_d = e^{(1,123-14,142/dbh)}$ | 12 | 0,741 | 0,549          | 4,506 | Signifikan |
| 4   | dbh - karbon akar           | Power       | $K_a = 0,033dbh^{2,042}$       | 12 | 0,982 | 0,964          | 0,618 | Signifikan |
| 5   | dbh - karbon total          | Power       | $K_t = 0,088dbh^{2,39}$        | 12 | 0,988 | 0,977          | 0,544 | Signifikan |

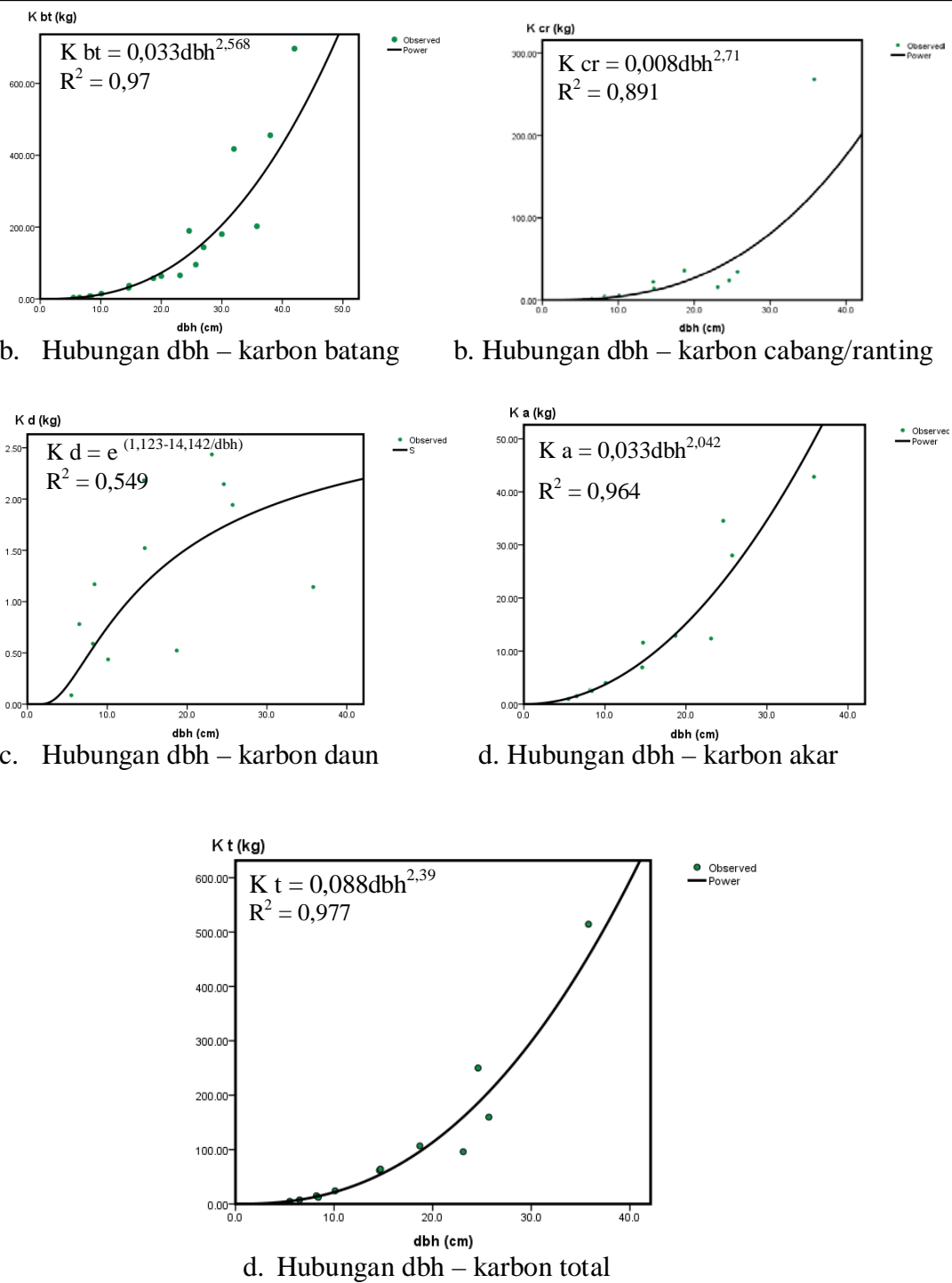
Persamaan allometrik pada tabel di atas akan digunakan untuk mengestimasi kandungan karbon per pohon berdasarkan hasil pengukuran dbh pohon tersebut. Persamaan allometrik kandungan karbon yang memiliki tingkat hubungan terkecil dengan variabel dbh adalah organ daun. Hal ini sebagaimana yang terjadi pada persamaan allometrik dbh dengan biomassa daun. Persamaan allometrik yang mempunyai tingkat hubungan tertinggi ditunjukkan pada persamaan dbh- kandungan karbon total yaitu dengan nilai R sebesar 0,988 atau menunjukkan tingkat hubungan sangat tinggi atau kuat sekali dan dapat diandalkan. Besarnya tingkat hubungan antara dbh – kandungan karbon total ( $K_t$ ) dengan kandungan karbon batang+kulit ( $K_{bt}$ ) meunjukkan nilai R yang relatif

sama. Hal ini dimungkinkan karena kandungan karbon total merupakan akumulasi kandungan karbon seluruh organ dan batang+kulit menyumbang persentase kandungan karbon sebanyak 57% dari kandungan karbon total.

Persamaan allometrik dbh dengan kandungan karbon ini sangat bermanfaat untuk menghitung kandungan karbon tegakan hutan jati. Dengan persamaan ini pengelola hutan tidak harus menghitung kandungan biomassa dan menguji kadar karbon tanaman jati, sehingga dengan pengukuran variabel dbh saja pada kegiatan inventarisasi hutan sudah dapat digunakan untuk menghitung kandungan karbon. Hasil kandungan karbon yang tersimpan pada tegakan hutan jati dapat digunakan untuk menghitung serapan CO<sub>2</sub> yang dilakukan oleh tanaman jati. Persamaan allometrik dbh dengan kandungan karbon tanaman jati dapat digambarkan dalam bentuk grafik pada Gambar 28.

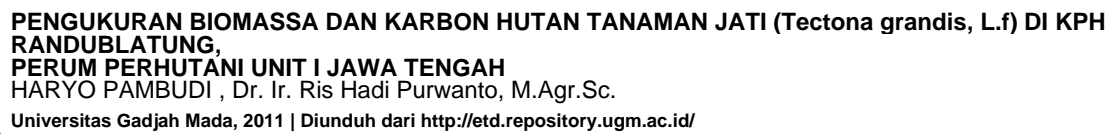
### **5.3.3. *Biomassa Expansion Factor (BEF)***

Metode estimasi biomassa dapat dilakukan secara tidak langsung dengan menggunakan *biomassa expansion factor* yang dapat digunakan untuk menggandakan suatu jumlah nominal tertentu dari suatu organ tanaman ke jumlah nominal lain dari keseluruhan pohon. Pada penelitian ini BEF disusun dengan menggunakan data sampel pohon yang digunakan untuk menggandakan data pada satuan pohon. Nilai BEF digunakan untuk mengetahui kandungan biomassa total berdasarkan data volume batang berdiri.



Gambar 28. Hubungan antara dbh – Kandungan Karbon (kg/pohon)




$$\text{BEF} = \frac{B t}{V_{bb}}$$

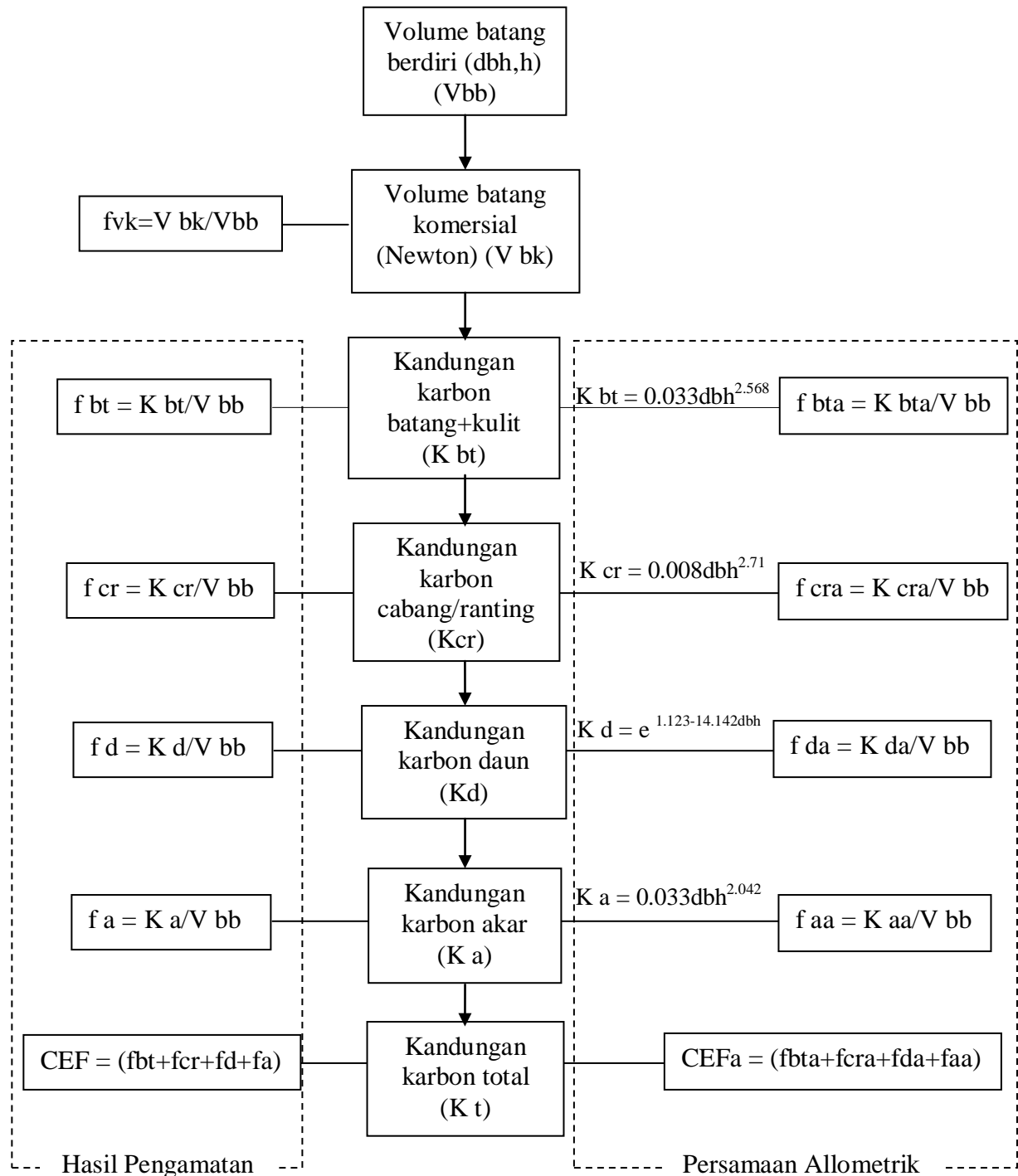
Faktor pembatas pada penggunaan rumus BEF ini adalah nilai biomassa total yang digunakan tidak memasukkan bunga dan buah jati. Pada waktu pelaksanaan penelitian ini tidak ditemukan kedua organ tersebut, karena keberadaannya dipengaruhi oleh musim berbuah dan berbunga tanaman jati. Nilai BEF yang diperoleh pada penelitian ini disajikan pada Tabel 15 sebagai berikut:

| No               | KU        | Pohon Sampel | Umur (tahun) | dbh (m) | h (m) | Biomassa total (ton) | Volume (m <sup>3</sup> ) | BEF (ton/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|-----------|--------------|--------------|---------|-------|----------------------|--------------------------|---------------------------|
| 1                | I         | 1a           | 6            | 0,08    | 7     | 0,018                | 0,039                    | 0,48                      |
| 2                |           | 1b           |              | 0,07    | 7,75  | 0,012                | 0,026                    | 0,47                      |
| 3                |           | 1c           |              | 0,06    | 4,5   | 0,007                | 0,011                    | 0,67                      |
|                  | rata-rata |              |              | 0,07    | 6,42  |                      |                          | 0,54                      |
| 4                | II        | 2a           | 16           | 0,15    | 12    | 0,096                | 0,201                    | 0,48                      |
| 5                |           | 2b           |              | 0,10    | 9,5   | 0,038                | 0,076                    | 0,49                      |
| 6                |           | 2c           |              | 0,08    | 8     | 0,023                | 0,042                    | 0,54                      |
|                  | rata-rata |              |              | 0,11    | 9,83  |                      |                          | 0,50                      |
| 7                | III       | 3a           | 30           | 0,26    | 13    | 0,248                | 0,674                    | 0,37                      |
| 8                |           | 3b           |              | 0,23    | 11    | 0,138                | 0,461                    | 0,30                      |
| 9                |           | 3c           |              | 0,15    | 8     | 0,093                | 0,136                    | 0,68                      |
|                  | rata-rata |              |              | 0,21    | 10,67 |                      |                          | 0,45                      |
| 10               | IV        | 4a           | 36           | 0,36    | 24    | 0,827                | 2,416                    | 0,34                      |
| 11               |           | 4b           |              | 0,25    | 17    | 0,383                | 0,808                    | 0,47                      |
| 12               |           | 4c           |              | 0,19    | 14    | 0,161                | 0,385                    | 0,42                      |
|                  | rata-rata |              |              | 0,26    | 18,33 |                      |                          | 0,41                      |
| <b>Rata-rata</b> |           |              |              |         |       |                      |                          | <b>0,48</b>               |

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui nilai BEF semakin turun seiring bertambahnya umur dan dbh rata-rata tanaman jati. Sutaryo (2009) menyatakan bahwa nilai BEF merupakan suatu nilai yang tergantung pada ukuran dan umur pohon/tegakan, sehingga penggunaan BEF untuk mengestimasi biomassa sebaiknya menggunakan BEF yang *age-dependent* atau memperhatikan umur tegakan dalam penyusunannya. Meskipun analisis korelasi Pearson menunjukkan bahwa variabel umur tidak menunjukkan hasil yang signifikan terhadap BEF. Sedangkan dbh menunjukkan korelasi yang signifikan terhadap BEF. Hal ini dimungkinkan karena variasi umur sampel yang dianalisis hanya empat, sehingga akan berpengaruh terhadap derajat bebas yang dipengaruhi oleh jumlah sampel.

#### **5.3.4. Carbon Expansion Factor (CEF)**

Estimasi kandungan karbon suatu tegakan diharapkan dapat dilakukan dengan menggunakan data yang sudah sering dilakukan oleh Perum Perhutani. Diharapkan dengan data inventarisasi yang digunakan untuk estimasi volume tegakan berdiri, dapat disusun *expansion factor* yang langsung dapat digunakan untuk menghitung kandungan karbon tegakan jati. Berdasarkan rumus perhitungan nilai BEF maka dapat diadopsi untuk membuat kerangka penyusunan nilai *carbon expansion factor* (CEF) sebagai berikut :



Gambar 29 . Kerangka Alur Penyusunan *Carbon Expansion Factor* (CEF)

#### 5.4. Estimasi Kandungan Biomassa Tegakan Jati

Estimasi biomassa tegakan jati dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan allometrik maupun BEF yang diperoleh dari pohon sampel.

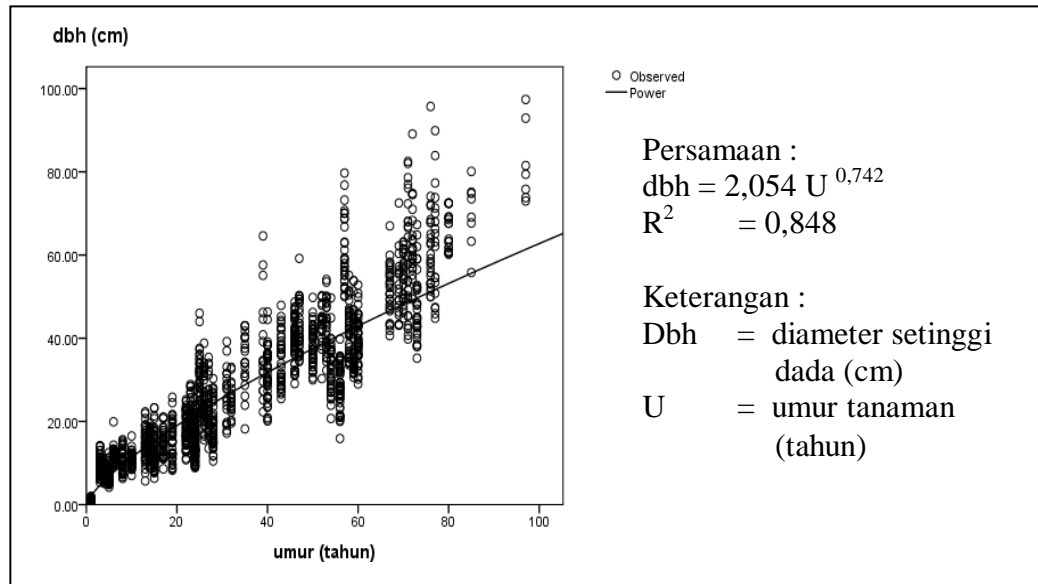
Kandungan biomassa tiap umur tanaman jati hanya dapat diketahui dengan melakukan inventarisasi hutan. Umur tanaman jati didasarkan pada pengurangan tahun pengukuran dan tahun tanam, dimana kegiatan ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai dengan Februari 2011. Kegiatan inventarisasi hutan pada penelitian ini dilakukan pada semua kelas umur tegakan yang ada di KPH Randublatung yang disajikan pada Tabel 16 sebagai berikut :

Tabel 16. Inventarisasi Tegakan Jati di KPH Randublatung

| No | Kelas Umur | Umur Tegakan Jati (tahun) |
|----|------------|---------------------------|
| 1  | I          | 1;3;4;5;6;8;10            |
| 2  | II         | 13;14;15;17;19            |
| 3  | III        | 22;23;24;25;26;27;28      |
| 4  | IV         | 31;32;35;39;40            |
| 5  | V          | 43;46;47;50               |
| 6  | VI         | 52;53;54;57;58;59;60      |
| 7  | VII        | 67;69;70                  |
| 8  | VIII       | 71;72;73;76;77;80         |
| 9  | IX         | 85                        |
| 10 | X          | 97                        |

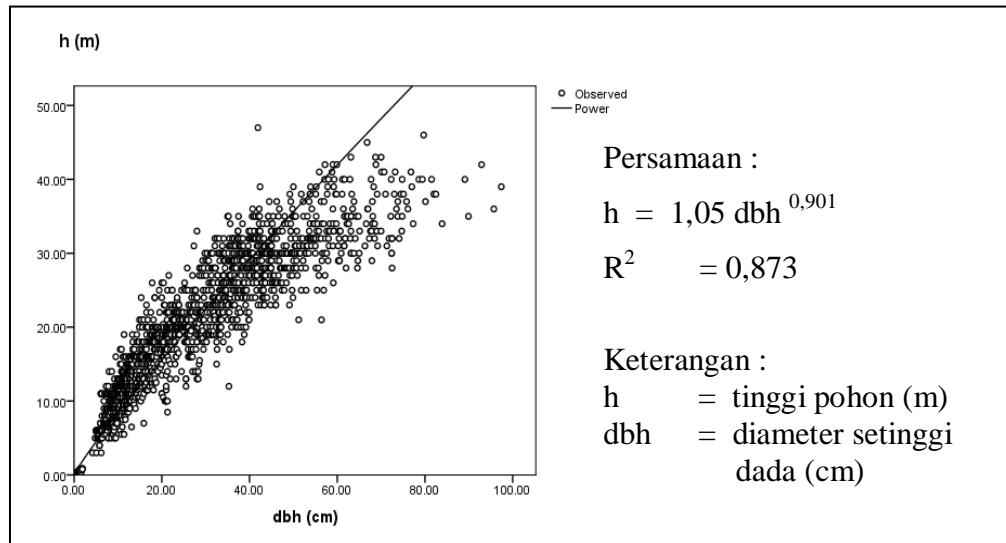
Data hasil inventarisasi tegakan jati di KPH Randublatung selengkapnya disajikan pada Lampiran 1 . Berdasarkan data tersebut dapat disusun persamaan allometrik hubungan antara umur tanaman dengan dbh serta hubungan antara dbh dengan tinggi pohon (h). Persamaan umur dan dbh dapat digunakan untuk mengestimasi besarnya diameter setinggi dada berdasarkan umur tanaman untuk tegakan jati yang tidak dilakukan inventarisasi. Persamaan ini juga dapat dimanfaatkan oleh Perum Perhutani untuk melakukan estimasi dbh berdasarkan

umur tanaman di masa mendatang. Hubungan antara umur dengan dbh berdasarkan hasil inventarisasi 1743 pohon jati disajikan pada grafik sebagai berikut :



Gambar 30. Hubungan Umur dan Diameter Setinggi Dada (dbh) Tanaman Jati.

Data hasil inventarisasi juga dapat digunakan untuk menyusun persamaan hubungan antara dbh - tinggi pohon. Simon (1993) menyatakan diameter setinggi dada mempunyai hubungan yang cukup kuat dengan tingginya. Hubungan dbh-tinggi pohon dapat digunakan untuk memperoleh estimasi tinggi pohon berdasarkan nilai dbh dari sampel yang terbatas jumlahnya. Persamaan ini dapat dimanfaatkan untuk mengetahui tinggi pohon hanya dengan mengukur dbh saja tanpa disertai pengukuran tinggi pohon, karena pengukuran tinggi pohon lebih susah dilakukan dibanding pengukuran dbh. Berdasarkan hasil analisis dan pengolahan data diperoleh grafik dan persamaan hubungan dbh- tinggi pohon jati sebagai berikut :



Gambar 31. Hubungan Diameter Setinggi Dada (dbh) dan Tinggi Pohon Jati

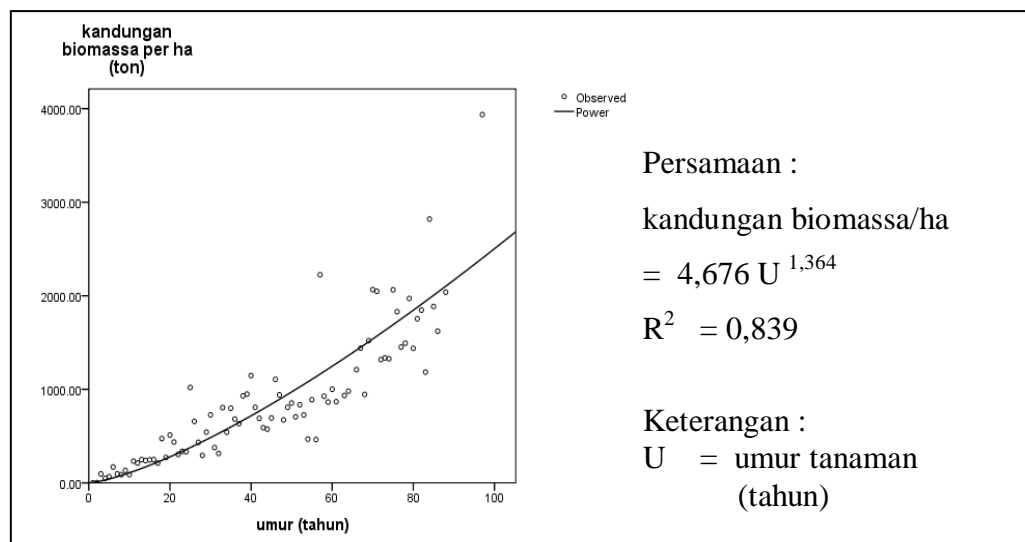
Simon (1993) menyatakan bahwa pohon yang tumbuh di atas tanah yang tidak subur akan mempunyai kurva tinggi lebih datar dibanding dengan pohon yang tumbuh di atas tanah yang subur. Grafik di atas menunjukkan bahwa jenis tanah yang ada di KPH Randublatung sesuai untuk jenis tanaman jati. Variasi hubungan antara dbh dengan tinggi pohon yang terjadi karena perbedaan kesuburan tanah pada masing-masing petak atau anak petak. Selain itu jarak pohon pada kelas umur kecil juga akan menghasilkan hubungan dbh-tinggi yang berada di atas garis *isometry*. Hal ini menunjukkan bahwa pada awalnya terjadi pertumbuhan meninggi terlebih dahulu karena kompetisi memperoleh sinar matahari antar pohon jati.

#### 5.4.1. Estimasi Kandungan Biomassa Menggunakan Persamaan Allometrik

Estimasi kandungan biomassa tegakan jati di KPH Randublatung dapat dilakukan dengan memasukkan parameter dbh pohon hasil inventarisasi ke dalam persamaan  $B_t = 0,133 \text{ dbh}^{2,394}$  dan dikalikan dengan jumlah pohon per ha pada tiap umur tegakan jati. Biomassa tegakan pada umumnya dinyatakan dalam satuan

berat per luas (ton/ha). Data kandungan biomassa selengkapnya disajikan pada Lampiran 2 kolom (7) – (9) . Berdasarkan data pada Lampiran dapat diketahui bahwa kandungan biomassa total di KPH Randublatung adalah sebesar 1.502.619,216 ton, dan apabila dibagi dengan luas total diperoleh kandungan biomassa rata-rata sebesar 64,562 ton/ha.

Kandungan biomassa pada masing-masing umur meningkat seiring bertambahnya umur tanaman. Hubungan umur tanaman dan kandungan biomassa dapat dinyatakan dalam Gambar 32 sebagai berikut :

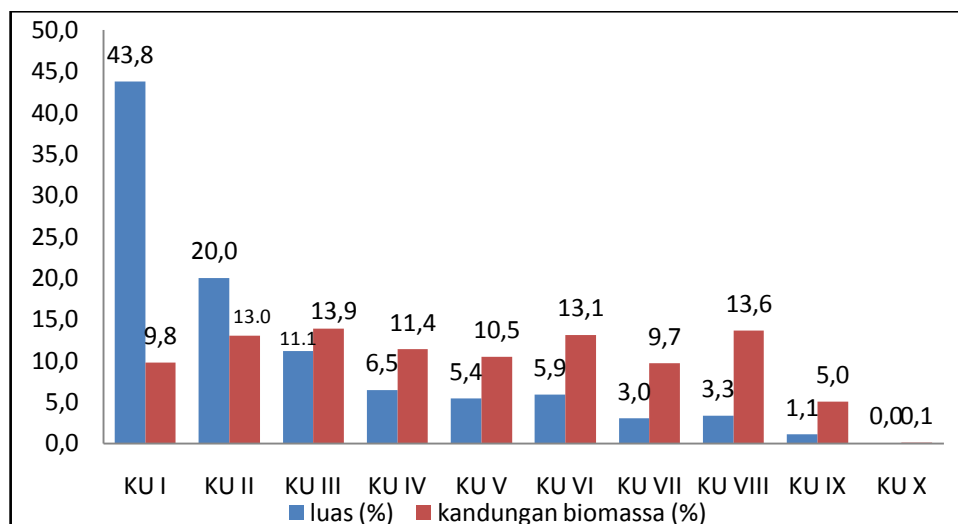


Gambar 32. Hubungan Umur Jati dengan Kandungan Biomassa Per Hektar

Kandungan biomassa juga dipengaruhi oleh kerapatan pohon atau jumlah pohon pada luasan tertentu yang dinyatakan dalam bentuk N/ha. Jumlah pohon semakin berkurang seiring dengan pertambahan umur tegakan, karena adanya perlakuan penjarangan yang dilakukan. Perum Perhutani melakukan penjarangan bertujuan untuk memelihara pohon-pohon terbaik dalam tegakan hutan dan memberikan tempat dan ruang tumbuh yang cukup bagi tegakan yang tinggal, sehingga pada akhir daur dapat diperoleh tegakan yang berproduksi tinggi dan kualitas baik.

Data jumlah pohon (N/ha) juga dipengaruhi oleh jarak tanam yang diterapkan oleh pengelola. Jarak tanam yang diterapkan saat ini adalah 3 x 3 m, mengingat, adanya sistem sistem tumpang sari. Pesanggem yang mengolah lahan menolak bekerjasama dengan Perum Perhutani apabila jarak tanam yang diterapkan lebih rapat seperti misalnya 3x1 m. Fauzi dan Mahfudz (2008) menyatakan jarak tanam 3 x 3 m dan 6 x 3 m memberikan respon yang positif terhadap parameter diameter batangnya. Wibowo *et al* (2002) juga menyebutkan kombinasi antara parameter tinggi dan diameter yang paling optimal ditunjukkan oleh penanaman dengan jarak tanam 3 x 3 m dengan umur tanaman 2,5 tahun pada saat pengukuran.

Uraian di atas menunjukkan bahwa kandungan biomassa pada masing-masing umur bisa saja menunjukkan hasil yang lebih tinggi meskipun pada luasan yang sama. Kandungan biomassa di KPH Randublatung berdasarkan luas masing-masing KU yang dirangkum dari data masing-masing umur disajikan pada Gambar 33 sebagai berikut :



Gambar 33. Perbandingan Persentase Kandungan Biomassa Terhadap Persentase Luas Masing - masing Kelas Umur



Berdasarkan Gambar 33 menunjukkan bahwa kandungan biomassa tergantung pada kelas umur, sehingga pada KU I dan II kandungan biomassa hanya sebesar 22,8 % dari kandungan biomassa total meskipun luasnya sebesar 63,8 % dari luas total. Persentase kandungan biomassa menunjukkan nilai yang lebih rendah dibanding persentase luas pada Kelas Umur I dan II, dan menjadi lebih tinggi dimulai dari KU III. Hal ini dipengaruhi oleh ukuran dbh yang lebih kecil pada KU I dan II meskipun jumlah pohon per hektar lebih banyak dibanding KU III - KU X.

#### **5.4.2. Estimasi Kandungan Biomassa Menggunakan BEF**

Estimasi kandungan biomassa menggunakan *biomassa expansion factor* yang diperoleh dari analisis dan pengolahan data pohon sampel dikalikan dengan volume pohon berdiri hasil inventarisasi. Sutaryo (2009) penggunaan BEF untuk mengestimasi biomassa sebaiknya menggunakan BEF yang *age-dependent* atau memerhatikan umur tegakan dalam penyusunannya. Pada penyusunan nilai BEF sampel pohon yang digunakan berumur 6, 16, 30 dan 36 tahun. Apabila nilai rata-rata BEF pada masing-masing umur digunakan untuk mengestimasi kelas umurnya maka akan diperoleh kandungan biomassa tegakan jati di KPH Randublatung sebagaimana disajikan pada Tabel 17 sebagai berikut :

Tabel 17. Kandungan Biomassa Tegakan Jati dengan Metode BEF

| No     | Umur (th) | Kelas Umur | Rerata dbh (cm) | h (m) | n     | Luas (ha) | Kandungan Biomassa (ton) |              |
|--------|-----------|------------|-----------------|-------|-------|-----------|--------------------------|--------------|
|        |           |            |                 |       |       |           | per ha                   | total        |
| 1      | 1         | I          | 1,14            | 0,45  | 817   | 338,80    | 0,02                     | 6,88         |
| 2      | 2         |            | 3,41            | 3,17  | 830   | 15,60     | 1,29                     | 20,18        |
| 3      | 3         |            | 9,53            | 11,11 | 950   | 673,40    | 40,47                    | 27.254,50    |
| 4      | 4         |            | 7,57            | 7,18  | 950   | 2.006,00  | 16,51                    | 33.113,65    |
| 5      | 5         |            | 7,93            | 6,63  | 1.117 | 882,90    | 19,67                    | 17.363,19    |
| 6      | 6         |            | 11,60           | 13,51 | 950   | 1.107,60  | 72,85                    | 80.684,92    |
| 7      | 7         |            | 8,94            | 7,56  | 1.147 | 2.152,00  | 29,25                    | 62.935,95    |
| 8      | 8         |            | 10,38           | 9,29  | 683   | 1.739,10  | 28,87                    | 50.205,88    |
| 9      | 9         |            | 10,85           | 8,99  | 903   | 521,20    | 40,33                    | 21.021,92    |
| 10     | 10        |            | 10,98           | 7,77  | 583   | 770,80    | 23,06                    | 17.776,75    |
| Jumlah |           |            |                 |       |       |           |                          | 310.383,83   |
| 11     | 11        | II         | 12,66           | 10,34 | 1.007 | 1.617,50  | 65,84                    | 106.499,82   |
| 12     | 12        |            | 13,53           | 10,98 | 749   | 778,00    | 59,46                    | 46.263,43    |
| 13     | 13        |            | 14,53           | 12,05 | 717   | 366,50    | 72,00                    | 26.387,92    |
| 14     | 14        |            | 13,69           | 11,75 | 817   | 263,40    | 71,09                    | 18.724,95    |
| 15     | 15        |            | 12,84           | 13,38 | 1.017 | 306,10    | 88,61                    | 27.123,88    |
| 16     | 16        |            | 16,88           | 13,40 | 462   | 250,30    | 69,69                    | 17.442,20    |
| 17     | 17        |            | 14,61           | 11,98 | 600   | 396,30    | 60,56                    | 23.999,50    |
| 18     | 18        |            | 18,48           | 14,54 | 673   | 176,60    | 132,02                   | 23.314,11    |
| 19     | 19        |            | 15,89           | 19,25 | 600   | 205,80    | 115,17                   | 23.701,02    |
| 20     | 20        |            | 20,04           | 15,64 | 571   | 297,00    | 141,69                   | 42.080,85    |
| Jumlah |           |            |                 |       |       |           |                          | 355.537,68   |
| 21     | 21        | III        | 20,81           | 16,18 | 437   | 220,80    | 108,29                   | 23.911,11    |
| 22     | 22        |            | 18,59           | 19,56 | 425   | 279,80    | 101,67                   | 28.446,67    |
| 23     | 23        |            | 22,53           | 20,57 | 267   | 302,80    | 98,66                    | 29.875,12    |
| 24     | 24        |            | 15,34           | 29,40 | 817   | 347,90    | 199,84                   | 69.524,19    |
| 25     | 25        |            | 29,72           | 21,45 | 358   | 343,60    | 239,97                   | 82.454,08    |
| 26     | 26        |            | 25,37           | 18,60 | 367   | 173,00    | 155,49                   | 26.899,50    |
| 27     | 27        |            | 24,31           | 21,99 | 275   | 294,90    | 126,38                   | 37.269,90    |
| 28     | 28        |            | 19,16           | 17,95 | 375   | 329,40    | 87,47                    | 28.811,23    |
| 29     | 29        |            | 26,67           | 20,23 | 262   | 120,90    | 133,40                   | 16.127,51    |
| 30     | 30        |            | 27,38           | 20,71 | 325   | 180,50    | 178,47                   | 32.214,09    |
| Jumlah |           |            |                 |       |       |           |                          | 375.533,38   |
| 31     | 31        | IV         | 27,97           | 21,18 | 158   | 135,70    | 84,63                    | 11.484,13    |
| 32     | 32        |            | 25,41           | 20,19 | 175   | 146,00    | 73,78                    | 10.772,51    |
| 33     | 33        |            | 29,46           | 22,13 | 290   | 149,40    | 180,02                   | 26.895,61    |
| 34     | 34        |            | 30,14           | 22,59 | 182   | 219,00    | 120,76                   | 26.446,70    |
| 35     | 35        |            | 34,89           | 26,40 | 175   | 89,20     | 181,78                   | 16.215,13    |
| 36     | 36        |            | 31,50           | 23,50 | 202   | 178,90    | 152,26                   | 27.239,30    |
| 37     | 37        |            | 32,17           | 23,95 | 176   | 203,90    | 141,02                   | 28.754,75    |
| 38     | 38        |            | 32,83           | 24,40 | 244   | 104,40    | 207,49                   | 21.662,46    |
| 39     | 39        |            | 38,99           | 27,28 | 150   | 136,90    | 201,11                   | 27.531,82    |
| 40     | 40        |            | 32,24           | 25,16 | 317   | 146,40    | 268,11                   | 39.251,17    |
| Jumlah |           |            |                 |       |       |           |                          | 236.253,59   |
| Total  |           |            |                 |       |       |           |                          | 1.277.708,48 |

Kandungan biomassa yang diperoleh menunjukkan perbedaan dengan kandungan biomasa yang diperoleh menggunakan persamaan allometrik yaitu sebesar

930.040,093 ton. Besarnya perbedaan kandungan biomassa total pada masing-masing kelas umur disajikan pada Tabel 18 sebagai berikut :

Tabel 18. Perbandingan Kandungan Biomassa Tegakan Jati KU I - KU IV Berdasarkan Metode Allometrik dan BEF

| Kelas Umur           | Kandungan Biomassa (ton) |             |             |             |                     |
|----------------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|
|                      | I                        | II          | II          | IV          | Total               |
| Persamaan allometrik | 261.617,548              | 280.453,639 | 228.994,867 | 158.974,039 | <b>930.040,093</b>  |
| BEF                  | 310.383,83               | 355.537,68  | 375.533,38  | 236.253,59  | <b>1.277.708,48</b> |

Secara umum jumlah kandungan biomassa tegakan jati menggunakan metode allometrik menunjukkan hasil yang lebih kecil dibandingkan menggunakan BEF. Hal ini membuktikan bahwa faktor umur harus disertakan pada penyusunan BEF. Penggunaan BEF pada umur 6 tahun pada tegakan berumur 1 – 10 tahun dengan nilai BEF konstan akan menyebabkan nilai kandungan biomassa tegakan bias. Hal ini juga berlaku pada penggunaan BEF pada umur 16 tahun yang dipergunakan untuk umur 11 – 20 tahun, BEF pada umur 30 tahun untuk tegakan berumur 21-30 dan BEF pada umur 36 tahun untuk tegakan berumur 31 – 40 tahun. Sehingga penggunaan metode allometrik lebih disarankan dibandingkan menggunakan BEF apabila pengukuran kandungan biomassa dilakukan pada berbagai umur tegakan.

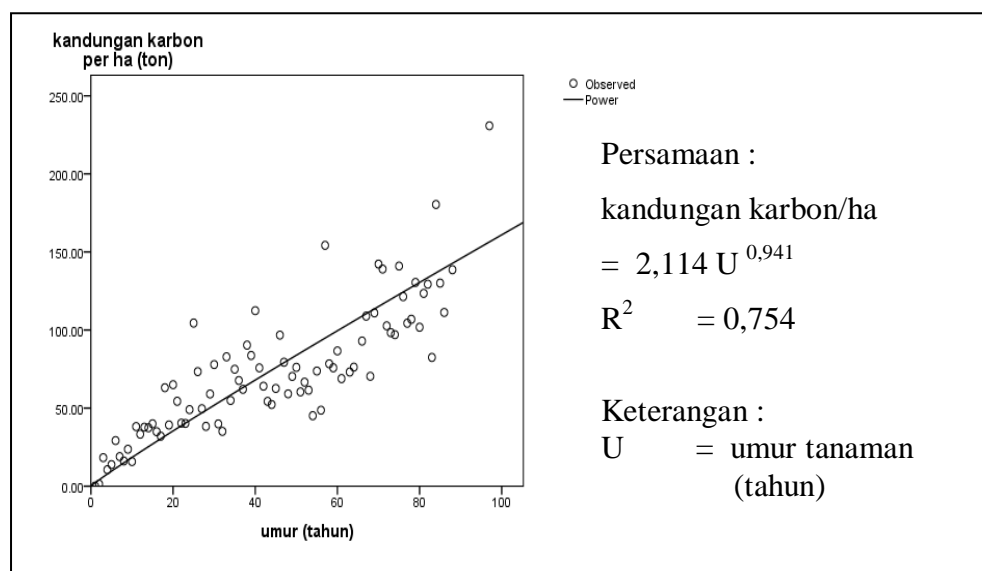
### 5.5. Estimasi Kandungan Karbon Tegakan Jati

Estimasi kandungan biomassa tiap umur tegakan dapat diketahui dengan menggunakan hasil inventarisasi hutan. Estimasi biomassa tegakan jati pada penelitian dilakukan dengan menggunakan persamaan allometrik, rumus *C standing crop* dan CEF yang diperoleh dari pohon sampel.

### 5.5.1. Estimasi kandungan Karbon Menggunakan Persamaan Allometrik

Estimasi kandungan karbon tegakan jati dilakukan dengan memasukkan parameter dbh pohon hasil inventarisasi ke dalam persamaan  $K_t = 0,088 \text{dbh}^{2,39}$  dan dikalikan dengan jumlah pohon per ha pada tiap umur tegakan. Kandungan karbon tegakan pada umumnya dinyatakan dalam satuan berat per luas (ton/ha). Data kandungan karbon masing-masing umur tegakan selengkapnya disajikan pada Lampiran 2 kolom (10) – (12). Berdasarkan data pada Lampiran 2 kolom (10) – (12) dapat diketahui bahwa kandungan karbon total di KPH Randublatung adalah sebesar 983.857,74 ton, dengan kandungan karbon rata-rata sebesar 42,172 ton/ha

Besarnya kandungan karbon per ha berkisar antara 0,099 ton/ha pada umur 1 tahun dan 230,799 ton/ha pada umur 97 tahun. Hubungan antara umur tanaman dan kandungan karbon per ha dapat disajikan pada Gambar 34 sebagai berikut :



Gambar 34. Hubungan antara Umur Terhadap Kandungan Karbon per Hektar Tegakan Jati

Kandungan karbon per hektar meningkat seiring meningkatnya umur tanaman. Apabila kandungan karbon per hektar pada penelitian ini dibandingkan dengan

penelitian yang dilakukan oleh Basuki *et al* (2004) dengan menggunakan persamaan allometrik  $C = 0,231 (\text{dbh}^2)^{1,0388}$  dapat disajikan pada Tabel 19 berikut :

Tabel 19. Perbandingan Kandungan Karbon KPH Randublatung dan KPH Cepu

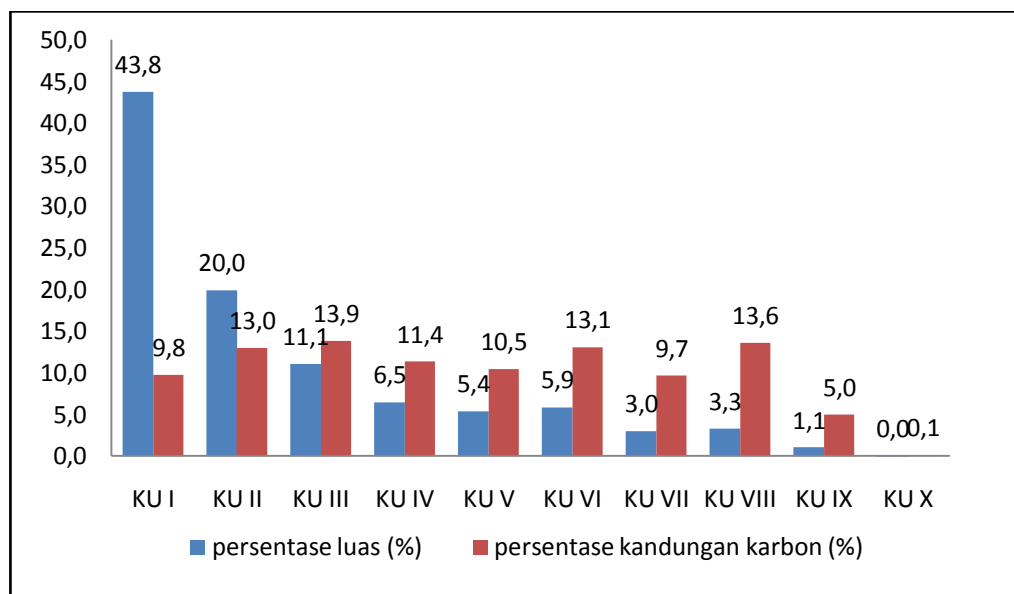
| No | Umur (thn) | KPH Randublatung |                           | KPH Cepu        |                           |
|----|------------|------------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|
|    |            | Jumlah pohon/ha  | Kandungan Karbon (ton/ha) | Jumlah pohon/ha | Kandungan Karbon (ton/ha) |
| 1  | 1          | 817              | 0,099                     | 3818            | 5,4085                    |
| 3  | 10         | 583              | 15,747                    | 913             | 41,1371                   |
| 5  | 20         | 571              | 64,982                    | 482             | 61,5338                   |
| 6  | 30         | 325              | 77,926                    | 324             | 76,0663                   |
| 7  | 40         | 317              | 112,392                   | 243             | 87,8975                   |
| 8  | 50         | 143              | 76,106                    | 195             | 98,6312                   |
| 9  | 60         | 143              | 86,619                    | 164             | 109,0925                  |
| 10 | 70         | 87               | 142,256                   | 142             | 119,0771                  |
| 12 | 80         | 70               | 101,809                   | 127             | 130,1602                  |

Kandungan karbon yang dihasilkan pada penelitian ini menunjukkan hasil yang berbeda dengan yang dilakukan di KPH Cepu. Perbedaan kandungan karbon ini disebabkan oleh jumlah pohon per hektar yang berbeda. Semakin banyak jumlah pohon per ha maka kandungan karbon per hektar juga akan semakin tinggi. Namun demikian kandungan karbon per hektar pada umur 70 tahun menunjukkan nilai lebih tinggi di KPH Randublatung, meskipun jumlah pohon per hektarnya lebih sedikit. Hal ini diduga karena perbedaan kualitas tempat tumbuh atau bonita tegakan umur 70 tahun di KPH Randu blatung dan KPH Cepu.

Kraenzel *et al* (2003) menemukan bahwa hutan tanaman jati berumur 20 tahun di 4 lokasi negara Panama menunjukkan hasil kandungan karbon rata-rata sebesar 120 ton/ha. Nilai tersebut masih lebih besar dibandingkan yang dilakukan di KPH Randublatung dan KPH Cepu. Hal ini menunjukkan bahwa faktor

pemilihan pohon sampel yang digunakan untuk menyusun persamaan allometrik sangat penting. Dimana pohon jati di KPH Randublatung merupakan produk komersial yang bernilai tinggi, sehingga pengambilan sampel untuk penelitian mengalami keterbatasan terutama pada pohon yang berdiameter besar dan berbatang lurus yang tinggi.

Kandungan karbon tegakan jati memiliki hubungan dengan jumlah kandungan biomassa yang jumlahnya bergantung pada pada jumlah kadar karbonnya. Semakin besar kandungan biomassanya maka semakin besar pula kandungan karbonnya. Sehingga besarnya persentase kandungan karbon terhadap persentase luas tiap kelas umur menunjukkan nilai yang sama dengan persentase kandungan biomassa-persentase luas sebagaimana disajikan pada Gambar 35 berikut:



Gambar 35. Perbandingan Persentase Kandungan Karbon Terhadap Persentase Luas Masing-masing Kelas Umur

### 5.5.2. Estimasi Kandungan Karbon Menggunakan Rumus *C Standing Crop* dan *Carbon Expansion Factor* (CEF)

Kandungan karbon tegakan dapat diestimasi menggunakan faktor ekspansi yang diperoleh dari hasil analisis dan pengolahan data. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah menggunakan rumus *C standing crop* (C tb) dengan menggunakan rumus :

$$C \text{ tb} = V_{bb} \times D \times F \times \text{Kadar C}$$

Dimana C tb adalah kandungan karbon tegakan berdiri; Vbb adalah volume batang berdiri; D adalah kerapatan kayu; F adalah faktor ekspansi. Sebagaimana dinyatakan Brown (1997) dan Sutaryo (2009) bahwa penggunaan faktor ekspansi harus *age dependent* atau bergantung pada umur tanaman yang akan diestimasi. Sehingga perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan faktor ekspansi adalah kandungan karbon tegakan yang tersedia nilai faktor ekspansinya. Hasil perhitungan kandungan C tegakan berdiri per ha (C tb dalam satuan ton/ha) disajikan pada Tabel 20 sebagai berikut:

Tabel 20. Kandungan Karbon Tegakan Berdiri (C tb)

| No | Umur<br>(thn) | dbh<br>(m) | h (m) | Vbb<br>(m <sup>3</sup> ) | D<br>(ton/m <sup>3</sup> ) | F    | Kadar<br>C | C tb<br>per<br>pohon<br>(ton) | N   | C tb<br>(ton/ha) | C<br>(allome-<br>trik)<br>(ton/ha) |
|----|---------------|------------|-------|--------------------------|----------------------------|------|------------|-------------------------------|-----|------------------|------------------------------------|
| 1  | 6             | 0,07       | 6,42  | 0,03                     | 0,53                       | 1,84 | 0,63       | 0,01                          | 950 | 13,88            | 8,16399                            |
| 2  | 16            | 0,11       | 9,83  | 0,11                     | 0,60                       | 1,97 | 0,63       | 0,07                          | 462 | 34,63            | 12,4424                            |
| 3  | 30            | 0,21       | 10,67 | 0,42                     | 0,54                       | 1,65 | 0,66       | 0,25                          | 325 | 81,30            | 42,1381                            |
| 4  | 36            | 0,26       | 18,33 | 1,20                     | 0,53                       | 1,74 | 0,57       | 0,75                          | 202 | 151,98           | 44,2747                            |

Berdasarkan hasil di atas dapat diketahui bahwa kandungan karbon tegakan berdiri (C tb) menunjukkan hasil yang lebih besar dibandingkan dengan

kandungan karbon menggunakan persamaan allometrik. Hal ini dikarenakan volume batang yang seharusnya digunakan adalah volume batang komersial (*comercial stem*). Data hasil inventarisasi adalah berupa volume batang berdiri, sehingga pada perhitungan Ctb harus dikonversi terlebih dahulu menggunakan faktor konversi volume (fv) yaitu faktor konversi dari volume batang berdiri (Vbb) ke volume batang komersial (Vbk). Sehingga perhitungan Cbt1 menggunakan rumus :

$$C_{tb} = (V_{bb} \times f_v) \times D \times F \times \text{Kadar C}$$

dan menghasilkan nilai Cbt sebagai berikut :

Tabel 21. Kandungan Karbon Tegakan Berdiri Terkoreksi (C tb1)

| No | Umur<br>(thn) | C tb<br>(ton/ha) | f v<br>(konversi dari<br>Vbb ke Vbk) | C tb1<br>(ton/ha) | C (allometrik)<br>(ton/ha) |
|----|---------------|------------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| 1  | 6             | 13,88            | 0,54                                 | 7,49              | 8,16                       |
| 2  | 16            | 34,63            | 0,44                                 | 15,21             | 12,44                      |
| 3  | 30            | 81,30            | 0,52                                 | 42,20             | 42,14                      |
| 4  | 36            | 151,98           | 0,49                                 | 74,40             | 44,27                      |

Penggunaan faktor ekspansi untuk estimasi kandungan karbon pada tegakan berdiri diperlukan untuk kemudahan dalam mengkonversi data hasil inventarisasi yang sudah biasa dilakukan di Perum Perhutani. Faktor ekspansi ini sangat diharapkan oleh tenaga pelaksana di lapangan (seperti mandor), karena dianggap mudah dalam melakukan perhitungannya. Berdasarkan hasil uraian di atas terdapat keterbatasan dalam penerapan faktor ekspansi yaitu munculnya bias pengukuran. Oleh karena itu sebagai upaya untuk memberikan kemudahan pengukuran kandungan karbon maka disusun faktor ekspansi yang berupa *carbon expansion factor* (CEF). Penyusunan CEF dilakukan dengan 2 metode yaitu CEF berdasarkan nilai hasil pengamatan kandungan karbon pohon sampel dan CEF



yang disusun menggunakan persamaan allometrik (dbh - kandungan karbon).

Hasil analisis dan pengolahan data CEF yang didasarkan pada kerangka penyusunan CEF yang diuraikan pada Gambar 29 disajikan pada Tabel 22 sebagai berikut :

Tabel 22. Nilai *Carbon Expansion Factor* (CEF) Berdasarkan Hasil Pengamatan dan Persamaan Allometrik

| No  | K   | Umur<br>(Thn) | Hasil pengamatan |              |              |              |              | Persamaan allometrik |              |              |              |              |
|---|-----|---------------|------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|   |     |               | f bt             | f cr         | fd           | fa           | CEF          | f bta                | f cra        | fda          | faa          | CEFa         |
| 1   | I   | 6             | 0,209            | 0,048        | 0,023        | 0,071        | <b>0,350</b> | 0,201                | 0,064        | 0,017        | 0,075        | <b>0,357</b> |
| 2   | II  | 16            | 0,174            | 0,094        | 0,010        | 0,050        | <b>0,328</b> | 0,166                | 0,056        | 0,010        | 0,048        | <b>0,281</b> |
| 3   | III | 30            | 0,185            | 0,063        | 0,006        | 0,051        | <b>0,306</b> | 0,224                | 0,083        | 0,005        | 0,046        | <b>0,359</b> |
| 4   | IV  | 36            | 0,156            | 0,078        | 0,001        | 0,031        | <b>0,267</b> | 0,148                | 0,057        | 0,002        | 0,028        | <b>0,235</b> |
| <b>Rata-rata total</b>  |     |               | <b>0,181</b>     | <b>0,070</b> | <b>0,010</b> | <b>0,050</b> | <b>0,313</b> | <b>0,185</b>         | <b>0,065</b> | <b>0,008</b> | <b>0,049</b> | <b>0,308</b> |
| <p>Keterangan :</p> <p>fbt : faktor untuk mengonversi dari Vbb ke kandungan karbon batang+kulit</p> <p>fcr : faktor untuk mengonversi dari Vbb ke kandungan karbon cabang dan ranting</p> <p>fd : faktor untuk mengonversi dari Vbb ke kandungan karbon daun</p> <p>fa : faktor untuk mengonversi dari Vbb ke kandungan karbon akar</p> <p>CEF : (fbt +fcr +fd + fa)</p> <p>Penambahan kode a menunjukkan hasil yang diperoleh dengan menggunakan persamaan allometrik.</p> |     |               |                  |              |              |              |              |                      |              |              |              |              |

Nilai faktor ekspansi yang dihasilkan pada kedua metode ini menunjukkan hasil yang relatif sama. Hasil ini dikarenakan penyusunan faktor ekspansi dari pengamatan dilakukan pada umur pohon sampel. Untuk mengetahui hasil perhitungan kandungan karbon yang diperoleh dari 4 (empat) metode yang telah diuraikan yaitu persamaan allometrik, Cbt, CEF dan CEFa secara lengkap disajikan pada Lampiran 3, sedangkan kandungan karbon pada tiap kelas umur tertera pada Tabel 23 sebagai berikut :

Tabel 23. Perbandingan Kandungan Karbon Berdasarkan 4 Metode

| No            | Kelas<br>Umur | Kandungan karbon total (ton) |                      |                    |                    |
|---------------|---------------|------------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
|               |               | allometrik                   | C tb                 | CEF                | CEFa               |
| 1             | I             | 171,537,29                   | 493.201,950          | 192.371,128        | 308.260,112        |
| 2             | II            | 183,593,39                   | 161.732,020          | 220.713,953        | 159.265,387        |
| 3             | III           | 149,620,14                   | 1.493.356,421        | 258.239,703        | 157.135,318        |
| 4             | IV            | 103.739,99                   | 493.201,950          | 164.318,710        | 120.712,660        |
| <b>JUMLAH</b> |               | <b>608.490,81</b>            | <b>1.493.356,422</b> | <b>835.643,494</b> | <b>745.373,477</b> |

Kandungan karbon yang dihasilkan dari KU I – IV menunjukkan hasil yang berbeda dengan nilai yang diperoleh dari perhitungan menggunakan persamaan allometrik. Selisih yang terbesar ditunjukkan oleh perhitungan menggunakan metode C tb jika dibandingkan dengan persamaan allometrik. Sedangkan metode CEF menunjukkan selisih hasil sebesar 37% lebih tinggi dibandingkan persamaan allometrik. Hal ini disebabkan penggunaan faktor ekspansi yang digunakan pada umur tegakan lain yaitu faktor ekspansi pada umur 6 tahun digunakan untuk semua umur pada kelas umur I; faktor ekspansi umur 16 tahun digunakan untuk semua umur pada kelas umur II; faktor ekspansi umur 30 tahun digunakan untuk semua umur pada kelas umur III; faktor ekspansi umur 36 tahun digunakan untuk semua umur pada kelas umur IV. Hasil ini semakin memperkuat bukti bahwa penggunaan faktor ekspansi konstan untuk berbagai umur menghasilkan perbedaan hasil estimasi kandungan karbon.

Selisih kandungan karbon terkecil ditunjukkan pada metode CEFa yaitu lebih tinggi dibandingkan persamaan allometrik sebesar 22 %. Hal ini dikarenakan nilai CEFa ini merupakan nilai rata-rata pada tiap kelas umur. Selain itu nilai CEF yang dihasilkan pada penelitian ini memungkinkan dilakukan pada masing-masing umur tegakan jati. Kelebihan lain yang dapat diperoleh adalah memungkinkan merubah rumus CEF dengan menambah organ tanaman jati yang tidak diperoleh pada penelitian ini yaitu organ bunga (fga) dan buah (fba). Nilai fga dan fba dapat diperoleh dengan melakukan pengukuran

dan penyusunan persamaan allometrik dbh-kandungan karbon bunga dan buah, sehingga diperoleh faktor konversi dari Vbb ke kandungan karbon bunga dan buah. Selanjutnya nilai CEF diperoleh dengan menggunakan persamaan :

$$CEFa = fbta + fcra + fda + faa + fga + fba$$

Sehingga nilai faktor ekspansi yang disarankan untuk melakukan estimasi di KPH Randublatung adalah CEFa yaitu *carbon expansion factor* berdasarkan persamaan allometrik yang dihasilkan.

### 5.6. Penyerapan CO<sub>2</sub> Tegakan Jati

Pengukuran jumlah serapan CO<sub>2</sub> yang dilakukan oleh hutan jati di KPH Randublatung dilakukan dengan menggunakan perbandingan massa atom CO<sub>2</sub> : C yaitu 44/12 (3,67) sebagai tetapan yang dikalikan dengan kandungan karbonnya. Hasil analisis dan pengolahan data jumlah penyerapan CO<sub>2</sub> masing-masing umur disajikan pada Lampiran 2 kolom (13) – (15), dan jumlah serapan tiap kelas umur disajikan pada Tabel 24 sebagai berikut :

Tabel 24 . Penyerapan CO<sub>2</sub> Tegakan Jati Tiap Kelas Umur di KPH Randublatung

| No            | Kelas Umur | Luas (ha)       | Penyerapan CO <sub>2</sub> (ton) | Penyerapan CO <sub>2</sub> rata-rata (ton/ha) |
|---------------|------------|-----------------|----------------------------------|---|
| 1             | I          | 10.207,4        | 628.970,07                       | 61,619  |
| 2             | II         | 4.657,5         | 673.175,77                       | 144,536                                       |
| 3             | III        | 2.593,6         | 548.607,18                       | 211,523                                       |
| 4             | IV         | 1.509,8         | 380.379,95                       | 251,941                                       |
| 5             | V          | 1.261,4         | 316.673,18                       | 251,049                                       |
| 6             | VI         | 1.369,4         | 369.029,14                       | 269,482                                       |
| 7             | VII        | 702,6           | 246.170,02                       | 350,370                                       |
| 8             | VIII       | 777,4           | 325.668,19                       | 418,920                                       |
| 9             | IX         | 247,9           | 116.604,58                       | 470,369                                       |
| 10            | X          | 2,6             | 2.200,28                         | 846,262                                       |
| <b>JUMLAH</b> |            | <b>23.329,6</b> | <b>3.607.478,38</b>              | <b>154,631</b>                                |

Hutan jati di KPH Randublatung memberikan kontribusi dalam menyerap CO<sub>2</sub> di atmosfer sebesar 3.607.478,38 ton, atau sekitar 154.631 ton/ha. Penyerapan CO<sub>2</sub> oleh tegakan jati dapat digunakan untuk mengetahui peran Perum Perhutani dalam mengurangi emisi gas CO<sub>2</sub> di Indonesia. Apabila data yang diperoleh di KPH Randublatung digunakan untuk menyusun simulasi jumlah serapan CO<sub>2</sub> total tegakan Kelas Perusahaan Jati Perum Perhutani dengan beberapa asumsi dan batasan sebagai berikut :

- Asumsi 1 adalah semua kondisi KPH di Perum Perhutani sama seperti KPH Randublatung.
- Asumsi 2 adalah apabila Perum Perhutani berhasil menerapkan kaidah hutan normal (*synchronized forest*) sebagai strategi pengelolaan hutan secara lestari dengan produksi dan etat luas maupun etat volume yang relatif stabil dari waktu ke waktu. Apabila daur jati 80 tahun, maka luas masing-masing KU diasumsikan sama.
- Perhitungan hanya dilakukan pada luas tegakan jati produktif saja, karena perhitungan penyerapan CO<sub>2</sub> rata-rata hanya dilakukan pada tegakan jati produktif KU I – X, sehingga luas tegakan jati total masih dikalikan dengan faktor konversi luas.
- Emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia didasarkan pada penelitian Nurhidayati *et al* (2010) pada tahun 2005 adalah sebesar 2.250.000.000 ton dan Sari *et al* (2007) memperkirakan bahwa emisi tahunan di Indonesia adalah sebesar 3.014.000.000 ton CO<sub>2</sub>. Besarnya emisi saat ini dianggap masih sama pada kisaran emisi tersebut.
- Luas Kelas Perusahaan Jati Perum Perhutani diuraikan pada Tabel 25 berikut:

Tabel 25 . Luas Tegakan Kelas Perusahaan Jati Produktif Perum Perhutani

| Perum Perhutani   | Luas Kelas Perusahaan Jati (ha) | Faktor Konversi Luas (fl) | Luas Tegakan Jati Produktif (ha) |
|---|---------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| Unit I  | 195.920,53 <sup>a)</sup>        | 0,72                      | 140.793,91                       |
| Unit II   | 707.540,80 <sup>b)</sup>        | 0,72                      | 508.458,38                       |
| Unit III  | 206.565,89 <sup>c)</sup>        | 0,72                      | 148.443,96                       |
| Total   | 1.110.027,22                    | 0,72                      | 797.696,26                       |
| Keterangan :<br><sup>a)</sup> sumber : Buku Saku Statistik Tahun 2005 – 2009 Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah<br><sup>b)</sup> sumber : <a href="http://www.dephut.go.id/INFORMASI/STATISTIK/propinsi/dinas/jatim05/tabel_4A1.pdf">http://www.dephut.go.id/INFORMASI/STATISTIK/propinsi/dinas/jatim05/tabel_4A1.pdf</a><br><sup>c)</sup> sumber : <a href="http://www.unit3.perumperhutani.com/index.php?option=com_content&amp;view=frontpage&amp;limitstart=5">http://www.unit3.perumperhutani.com/index.php?option=com_content&amp;view=frontpage&amp;limitstart=5</a><br>fl = Luas Tegakan Jati Produktif/Luas Kelas Perusahaan Jati KPH Randublatung |                                 |                           |                                  |

Berdasarkan asumsi dan batasan tersebut diperoleh gambaran peran tegakan Kelas Perusahaan Jati Produktif Perum Perhutani dalam mengurangi emisi CO<sub>2</sub> sebagaimana tertera pada Tabel 26 sebagai berikut :

Tabel 26. Peran Tegakan Kelas Perusahaan Jati Produktif Perum Perhutani pada Penurunan Emisi CO<sub>2</sub> di Indonesia

|   | Penyerapan CO <sub>2</sub> rata-rata (ton/ha) | Luas Tegakan Jati Produktif Total (ha) | Penyerapan CO <sub>2</sub> Total (ton) | Emisi CO <sub>2</sub> (ton) | Penurunan Emisi CO <sub>2</sub> (%) |
|---|---|--|--|-----------------------------|-------------------------------------|
| Asumsi 1  | 154,631                                       | 797.696,26                             | 123.348.569,80                         | 3,01E+09 <sup>a)</sup>      | 3,94                                |
|   |   |  |  | 2,25E+09 <sup>b)</sup>      | 5,20                                |
| Asumsi 2  | 244,930                                       | 797.696,26                             | 195.379.744,04                         | 3,01E+09 <sup>a)</sup>      | 6,10                                |
|   |   |  |  | 2,25E+09 <sup>b)</sup>      | 7,99                                |
| Keterangan :<br>Penurunan emisi CO <sub>2</sub> = $\frac{\text{Penyerapan CO}_2 \text{ Total}}{\text{Penyerapan CO}_2 \text{ total} + \text{Total Emisi CO}_2} \times 100 \%$ |   |  |  |                             |                                     |

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa Tegakan Jati Produktif Perum Perhutani berperan menurunkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 3,94 – 5,20%, apabila semua kondisi KPH dianggap sama dengan KPH Randublatung dan sebesar 6,10 – 7,99% apabila Perum Perhutani dapat menerapkan kaidah hutan normal di semua KPH yang berada pada wilayah kerjanya.

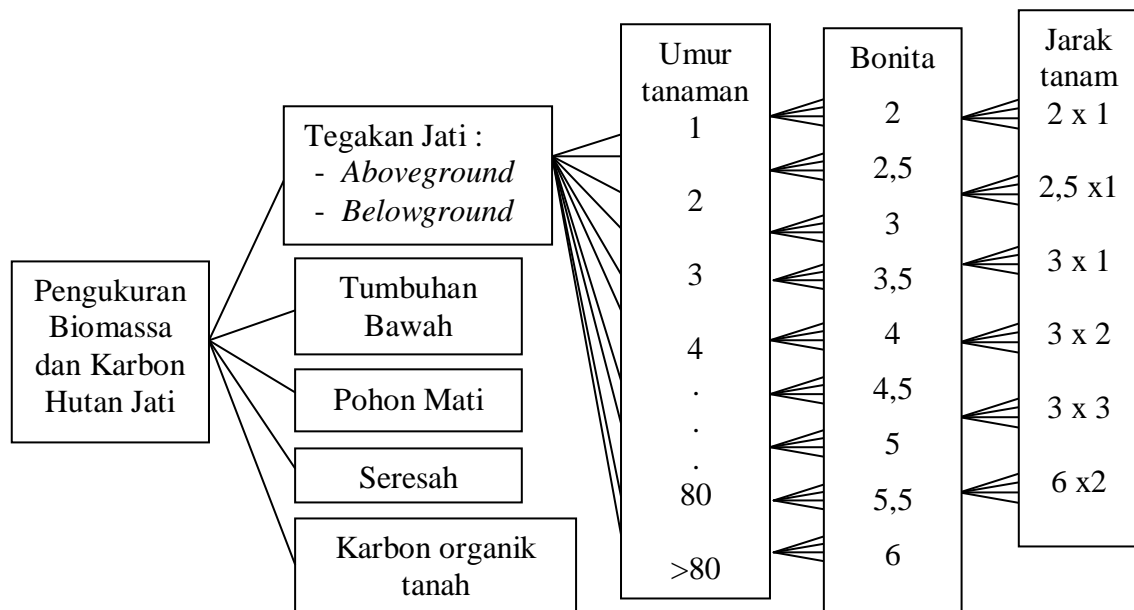
## VI. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. Kesimpulan

1. Persamaan allometrik yang dapat digunakan untuk mengestimasi kandungan biomassa per pohon jati (*Tectona grandis*, L.f) di KPH Randublatung adalah  $B_t = 0,133dbh^{2,394}$  (kg/pohon) ( $R^2$  0,974), dan kandungan karbon per pohon jati adalah  $K_t = 0,088dbh^{2,39}$  (kg/pohon) ( $R^2$  0,977)
2. Nilai *Biomassa Expansion Factor* (BEF) yang dapat digunakan untuk mengonversi volume batang berdiri ke dalam kandungan biomassa total pada umur 6; 16; 20; 36 tahun secara berturut-turut sebesar 0,54; 0,50; 0,45 dan 0,41. Sedangkan nilai *Carbon Expansion factor* (CEF) untuk mengonversi volume batang berdiri ke dalam kandungan karbon total pada KU I – X secara berturut-turut adalah 0,56; 0,24; 0,19; 0,20; 0,18; 0,21; 0,21; 0,21; 0,20 dan 0,20.
3. Kandungan biomassa total tegakan jati di KPH Randublatung adalah sebesar 1.502.619,216 ton dan kandungan biomassa per hektar sebesar 64,562 ton/ha.
4. Kandungan karbon total tegakan jati di KPH Randublatung adalah sebesar 983.857,74 ton dan kandungan karbon per hektar sebesar 42,172 ton/ha
5. Penyerapan  $CO_2$  tegakan jati di KPH Randublatung adalah sebesar 3.607.478,38 ton dengan penyerapan  $CO_2$  per hektar sebesar 154,631 ton/ha.

## 6.2. Saran

Pengukuran kandungan biomassa dan karbon tegakan jati yang dilakukan pada penelitian ini terdapat beberapa keterbatasan, diantaranya kelengkapan organ tanaman, keterwakilan umur, bonita, jarak tanam dan *carbon pool* yang lain. Sehingga diharapkan penelitian selanjutnya menerapkan rancangan sebagai berikut :



Gambar 36. Rancangan Penelitian Pengukuran Biomassa dan Karbon Hutan Jati

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1987. *Prosedur analisa Kimia Tanah. Terbitan IV*. Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta
- Anonim. 2001b. *Petunjuk Pelaksanaan Penjarangan Hutan Tanaman*. Biro Perencanaan. Perum Perhutani Unit I. Jawa Tengah.
- Anonim. 2009. *Monografi KPH Randublatung Tahun 2005-2009*. KPH Randublatung. Perum Perhutani Unit I. Jawa Tengah
- Anonim. 2009. *Buku Saku Statistik Tahun 2005-2009*. Perum Perhutani Unit I Jawa Tengah
- Anonim. 2010. *Laporan Evaluasi Potensi SDH s/d Triwulan I Tahun 2010*. KPH Randublatung. Perum Perhutani Unit I. Jawa Tengah
- Archad, F. Eva, H.D., Stibig, H.J., Mayanx, P., Gallego, J., Richards, T. dan Malingrean, J. P., 2002. *Determination of Deforestation Rates of The World's Human Tropical Forest*. Forest Sciences. 297 : 999-1002
- Archad, F. Eva, H.D., Stibig, H.J. dan Belward. 2004. *Improved Estimates of Net Carbon Emissions from Land Cover Change in the Tropics for the 1990's*. Global Biogeochemical Cycles 18GB 2008.doi : 10.1029/2003GB0021.42.
- Bansal, R.C., D. Jean-Baptiste and S. Fritz, 1988. *Active Carbon*. Marcel Dekker Inc. New York
- Basuki, T.M., Heru, D.R., dan Sukresno. 2008. *Kajian Kualifikasi Kandungan Karbon pada Hutan Tanaman Jati (*Tectona grandis* LINN)*. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam Vol. V. No 1 : 101-106
- Bhat, K.M., dan Hwan, O.Ma. 2007. *Teak Growers Unite*. Wood Science Division Kerala Forest Research Institute and ITTO Tropical Forest.(<http://www/kmbhat@kfri.org>).
- BPKH Wil XI dan FGMFP II. 2009. *Allometrik Berbagai Jenis Pohon Untuk Menaksir Kandungan Biomassa dan Karbon di Hutan Rakyat*. BPKH Wilayah XI Jawa – Madura dan Forest Governance and Multistakeholder Forestry Programme (MFP II). Yogyakarta
- Brown, S. dan Lugo, A.E., 1984. *Biomass of Tropical Forests : a New Estimate Based on Forest Science*. 223: 1290-3
- Brown, S. dan Lugo, A.E. 1992. *Tropical Forest as Sinks of Atmospheric Carbon*. Forest Ecology and Management, 54 : 239 – 255
- Brown, S. 1997. *Estimating Biomass and Biomass change of Tropical Forest : a Primer*. FAO. Forestry Paper No.134. Food and Agriculture of the United Nations, Rome



- Burton, A.J., dan K.S. Pregitzer. 2008. *Measuring Forest Floor, Mineral Soil, and Root Carbon Stocks. Field Measurements for Forest Carbon Monitoring*. Springer Science New York, chap 10 : 129-142
- Cairns, M.A., Brown, S., Helmer, E.H., Baumgardner, G.A. 1997. *Root Biomass Allocation In The World's Upland Forest*. *Oecologia* 111. 1 – 11
- Chauhan, S.K., Naveen, G. Ritu. Sudhir, Y. Dan Rajni, C. 2009. *Biomass and Carbon Allocation in Different parts of Agroforestry Tree Species*. Departmen of Forestry and Natural Resources. PAU Ludhiana submitted to ICAR. New Delhi. 981-993
- DeFries, R.S., Houghton, R.A., Hansen, M.C., Field, C.B., Skole, D. dan Townshend, J. 2002. *Emissions from Tropical Deforestation and Regrowth Based on Satellite Observations for the 1980's and 1990's*. *Proc. National Academy Science. USA*. 99.142 : 56- 61
- Fauzi, M.A., dan Mahfudz. 2008. *Beberapa Aplikasi Silvikultur Yang Diperlukan Dalam Penanaman Jati (*Tectona grandis*, L.f) di Indonesia*. Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan. Yogyakarta
- Gibs, H.K., 2006. *Olson's Major World Ecosystem Complexes Ranked by Carbon in Live Vegetation : An Updated Database Using the GLC 2000 Land Cover Product NDP-027b* (<http://cdias.ornl.gov/epubs/ndp/ndp017.html>)
- Gibs, H.K., Brown, S., Niles, J.O., Foley, J.A., 2007. *Monitoring and Estimating Tropical Forest Carbon Stocks : Making REDD a reality*. *Enviromental Research Letters* 2,13, doi :10.1088/1748-9326/4/045023
- Gibs, H.K., Brown, S., 2007. *Geographical Distribution of Biomass Carbon Tropical Southeast Asian Forest: An Updated Database for 2000*. The Carbon Dioxide Information Center, Oak ridge National Laboratory. Oak Ridge Tennessee
- Hairiah, K dan Rahayu, S. 2007. *Petunjuk Praktis Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. World Agroforestry Centre. ICRAF. Bogor
- Hardjodarsono, M.S., 1977. *Jati*. Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Henry, M. 2010. *Carbon Stocks and Dynamics in Sub Saharan Africa*. A dissertation A dissertation submitted to Paris Institute of Technology for Life, Food and Environmental Sciences (AgroParisTech) The University of Tuscia
- Heyne, K. 1987. *Tumbuhan Berguna Indonesia Jilid IV*. Badan Litbang Kehutanan (penerj.). Yayasan Sarana Wana Jaya. Jakarta
- Houghton, R.A., Hackler, J.L. 1999. *Emissions of Carbon from Forestry and Land-use Change in Tropical Asia*. *Global Change Biology*. 5: 481–492.
- IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). 1996. *Revised Guidelines*. Cambridge University Press. Cambridge

- IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). 2001a. *Climate Change 2001 : The Scientific Basis, Summary for Policy Makers and Technical Summary of the Working Group I Report*. Geneva. Switzerland
- IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). 2003. *Good Practices Guidance for Land Use, Land-use Change and Forestry*. Institute for Global Environmental Strategies. Hayama. Japan
- IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Vol. 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). Institute for Global Environmental Strategies. Hayama. Japan
- Kraenzel, M., Castillo, A., Moore, T., dan Chaterine, P. 2003. *Carbon Storage of Harvest-Age Teak (*Tectona grandis*) plantations, Panama*. Forest Ecology and Management, Elsevier Science Publishers B. V. 213 -225
- Levy, P.E., Hale, S.E. dan Nicoll, B.C.2004. *BiomassExpansion Factors and Root:Shoot Ratios for ConiferousTree Species in Great Britain*. COST Action E21 Meeting. Centre for Ecology and Hydrology. Natural Environmental Research Council
- Martawijaya, A., Iding, K., Kosasi, K., dan Soewanda, A.P. 2005. *Atlas Kayu Indonesia Jilid I*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Departemen Kehutanan. Bogor
- Mudiyarso, D. 2003. *Konvensi Perubahan Iklim*. Penerbit PT Kompas Media Nusantara. Jakarta
- Nakicenovic, N., dan Swart, R . 2000. *Emission scenarios: Special report of Working Group III of the 2000 Intergovernmental panel on climate change Network*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Nurhidayati., Arief, W., Pramudya., Giorgio, B.I., Josi, C., Lili, H., Bernadinus, S., dan Mumu, M., 2010. *Hukum Perubahan Iklim*. HuMa. Jakarta
- Olson, J.S., Watts, J.A. dan Allison, L.J. 1983. *Carbon in Live Vegetation of Major World Ecosystem*. ORNL-5862. TN : Oak Ridge National Laboratory. Oak Ridge.
- Ombina, C.A. 2008. *Soil Characterization for Teak (*Tectona Grandis*) Plantations in Nzara District of South Sudan*. Thesis Master of Forest Science. Department of Forestry Stellenbosch University.
- Paul, K.I., Jacobsen, K., Koul, V., Leppert, P., Smith, J. 2008. Predicting growth and sequestration of carbon by plantations growing in regions of low-rainfall in southern Australia . *Forest Ecology Manage*. 254 : 205 – 216
- Pratisto, A. 2009. *Statistik Menjadi Mudah dengan SPSS 17*. PT Elex Media Komputindo. Jakarta
- Pretzsch, H. 2009. *Forest Dynamics, Growth and Yield from Measurement to Model*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg

- Purwanto, R.H. dan M. Shiba. 2005. *Allometric Equation for Estimating Above Ground Biomass and Leaf Area of Planted Teak (*Tectona grandis*) Forest Under Agroforestry Management in East Java Indonesia*. research no.76. Kyoto. 1 - 8
- Purwanto, R.H., 2010. *Bahan Ajar Inventore Biomassa Hutan*. Program Pascasarjana Ilmu Kehutanan. Fakultas Kehutanan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Ravindranath, N.H dan Madelene, O. 2008. *Carbon Inventory Methods Handbook for Greenhouse Gas Inventory, Carbon Mitigation and Roundwood Production Projects*. Springer Science
- Salisbury, F.B. dan Cleon, W.R. 1995. *Fisiologi Tumbuhan (Terjemahan)*. Penerbit ITB. Bandung
- Sari., Agus, P., Martha, M., Ria, N., Butarbutar., Rizka, E.S., Wisnu, R. 2007. *Executive Summary: Indonesia and Climate Change Working Paper on Current Status and Policies*. PT. Pelangi Energi Abadi Citra Enviro (PEACE). Jakarta
- Schroeder, P. 1992. *Carbon Storage Potential of Short Rotation Tropical Tree Plantations*, Forest Ecology and Management, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, 50: 31-41
- Simon, H. 1993. *Metode Inventore Hutan*. Penerbit Aditya Media. Yogyakarta
- Simon, H. 2000. *Hutan Jati dan Kemakmuran, Problematika dan Pemecahannya*. Biograf Publishing. Yogyakarta
- Stemler, A. dan Richard, R. 1975. *Hsource of Photosynthethic Oxygen in Bicarbonate-Stimulated Hill Reaction*. Journal of Science 190 : 457- 458
- Sutaryo, D. 2009. *Perhitungan Biomassa Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon*. Wetlands International Indonesia Programme. Bogor
- West, P.W. 2009. *Tree and Forest Measurement 2nd edition*. Springer Dordrecht Heidelberg. London. New York
- Wibowo, Aris, Purwanta, S., Gunawan, I. 2002. *Pengaruh Berbagai Jarak Tanam, Bahan Tanaman dan Dosis Pupuk Terhadap Pertumbuhan Jati (*Tectona grandis*, L.f) Umur 2,5 Tahun di KPH Ngawi*. Buletin Penelitian Pusbanghut. Volume IV No.01 Januari 2002. Pusat Pengembangan SDH. Cepu

[http://www.dephut.go.id/INFORMASI/STATISTIK/propinsi/dinas/jatim05/tabel\\_4A\\_1.pdf](http://www.dephut.go.id/INFORMASI/STATISTIK/propinsi/dinas/jatim05/tabel_4A_1.pdf). Diakses tanggal 17 Agustus 2011

[http://www.unit3.perumperhutani.com/index.php?option=com\\_content&view=frontpage&limitstart=5](http://www.unit3.perumperhutani.com/index.php?option=com_content&view=frontpage&limitstart=5). Diakses tanggal 17 Agustus 2011

Lampiran 1. Data Inventarisasi Petak Ukur Masing-masing Kelas Umur

| No | BKPH        | RPH          | Petak | Umur (tahun) | Kelas Umur | Luas PU | Luas Petak (ha) | Rerata Dbh (cm) | Rerata h (m) | n     |    |
|----|-------------|--------------|-------|--------------|------------|---------|-----------------|-----------------|--------------|-------|----|
| 1  | Ngliron     | Banyuasin    | 145 c | 1            | I          | 0,02    | 12,1            | 1,14            | 0,45         | 16    |    |
| 2  | Kedungjambu | Soko         | 129c  | 3            |            |         | 9,6             | 9,53            | 11,11        | 19    |    |
| 3  | Kedungjambu | Soko         | 41a   | 4            |            |         | 5,6             | 7,57            | 7,18         | 19    |    |
| 4  | Kedungjambu | Soko         | 130a  | 5            |            |         | 6,6             | 7,93            | 6,63         | 20    |    |
| 5  | Kedungjambu | Soko         | 45g   | 6            |            |         | 7,8             | 11,60           | 13,51        | 19    |    |
| 6  | Ngliron     | Banyuasin    | 23b   | 8            |            |         | 19,4            | 10,38           | 9,29         | 14    |    |
| 7  | Kedungjambu | Kedungjambu  | 102a  | 10           |            |         | 19,2            | 10,98           | 7,77         | 12    |    |
| 8  | Kedungjambu | Jatikusumo   | 107a  | 13           | II         |         | 20,8            | 14,53           | 12,05        | 14    |    |
| 9  | Kedungjambu | Kedungjambu  | 83a   | 14           |            |         | 37,7            | 13,69           | 11,75        | 17    |    |
| 10 | Ngliron     | Ngliron      | 136b  | 15           |            |         | 23,2            | 12,84           | 13,38        | 20    |    |
| 11 | Kedungjambu | Jatikusumo   | 115   | 17           |            |         | 19,2            | 14,61           | 11,98        | 12    |    |
| 12 | Ngliron     | Kedungringin | 60c   | 19           |            |         | 31,8            | 15,89           | 19,25        | 12    |    |
| 13 | Ngliron     | Banyuasin    | 58    | 22           | III        |         | 0,04            | 38,7            | 18,59        | 19,56 | 17 |
| 14 | Ngliron     | Banyuasin    | 39b   | 23           |            |         |                 | 16,1            | 22,53        | 20,57 | 11 |
| 15 | Kedungjambu | Jatikusumo   | 116b  | 24           | III        | 65,2    |                 | 15,34           | 29,40        | 32,7  |    |
| 16 | Kedungjambu | Soka         | 127 b | 25           |            | 13,1    |                 | 29,72           | 21,45        | 14    |    |
| 17 | Kedungjambu | Soka         | 127 a | 26           |            | 16      |                 | 25,37           | 18,60        | 15    |    |
| 18 | Ngliron     | Banyuasin    | 144b  | 27           |            | 34,3    |                 | 24,31           | 21,99        | 11    |    |
| 19 | Ngliron     | Banyuasin    | 147a  | 28           |            | 60,9    |                 | 19,16           | 17,95        | 15    |    |
| 20 | Ngliron     | Banyuasin    | 20 b  | 31           | IV         | 34,5    |                 | 27,97           | 21,18        | 6     |    |
| 21 | Ngliron     | Banyuasin    | 143c  | 32           |            | 17      |                 | 25,41           | 20,19        | 7     |    |
| 22 | Ngliron     | Banyuasin    | 141   | 35           |            | 25,8    |                 | 34,89           | 26,40        | 7     |    |
| 23 | Ngliron     | Ngliron      | 29    | 39           |            | 16,4    | 38,99           | 27,28           | 6            |       |    |
| 24 | Ngliron     | Banyuasin    | 23a   | 40           |            | 8,1     | 32,24           | 25,16           | 13           |       |    |

Lampiran 1. Data Inventarisasi Petak Ukur Masing-masing Kelas Umur (lanjutan)

| No | BKPH        | RPH           | Petak | Umur (tahun) | Kelas Umur | Luas PU | Luas Petak (ha) | Rerata Dbh (cm) | Rerata h (m) | n  |
|----|-------------|---------------|-------|--------------|------------|---------|-----------------|-----------------|--------------|----|
| 25 | Ngliron     | Banyuasin     | 142B  | 43           | V          | 0,1     | 14,2            | 36,10           | 28,49        | 12 |
| 26 | Ngliron     | Banyuasin     | 22C   | 46           |            |         | 3,4             | 39,60           | 29,09        | 17 |
| 27 | Ngliron     | Ngliron       | 27B   | 47           |            |         | 34              | 42,31           | 29,93        | 12 |
| 28 | Ngliron     | Ngliron       | 37A   | 50           |            |         | 24,5            | 38,22           | 32,18        | 14 |
| 29 | Ngliron     | Ngliron       | 138A  | 52           | VI         |         | 43,8            | 46,85           | 31,35        | 8  |
| 30 | Ngliron     | Ngliron       | 51    | 53           |            |         | 59,3            | 41,85           | 26,12        | 9  |
| 31 | Kedungjambu | Gedang becici | 74    | 54           | VI         |         | 22,8            | 33,06           | 20,81        | 12 |
| 32 | Kedungjambu | Gedang becici | 75A   | 56           |            |         | 20              | 28,34           | 17,04        | 19 |
| 33 | Ngliron     | Kedungringin  | 39C   | 57           |            |         | 1,6             | 60,42           | 39,90        | 10 |
| 34 | Ngliron     | Ngliron       | 34    | 58           |            |         | 46,7            | 42,08           | 27,87        | 12 |
| 35 | Ngliron     | Kedungringin  | 40A   | 59           |            |         | 39,2            | 39,34           | 29,11        | 13 |
| 36 | Ngliron     | Banyuasin     | 33A   | 60           |            |         | 17,1            | 40,34           | 25,18        | 14 |
| 37 | Ngliron     | Banyuasin     | 32    | 67           | VII        |         | 54,5            | 51,57           | 32,53        | 10 |
| 38 | Ngliron     | Kedungringin  | 40B   | 69           |            |         | 12              | 53,20           | 27,48        | 6  |
| 39 | Ngliron     | Kedungringin  | 48A   | 70           |            |         | 7,9             | 55,09           | 31,36        | 9  |
| 40 | Ngliron     | Kedungringin  | 53    | 71           | VIII       |         | 44              | 61,13           | 35,52        | 9  |
| 41 | Ngliron     | Banyuasin     | 31A   | 72           |            |         | 53,3            | 62,71           | 35,37        | 8  |
| 42 | Ngliron     | Ngliron       | 52B   | 73           |            |         | 29              | 48,91           | 29,40        | 11 |
| 43 | Kedungjambu | Soko          | 44 B  | 76           |            |         | 34,4            | 62,11           | 31,89        | 8  |
| 44 | Ngliron     | Kedungringin  | 39A   | 77           |            |         | 8               | 65,48           | 31,81        | 6  |
| 45 | Ngliron     | Ngliron       | 27A   | 80           |            |         | 8               | 65,77           | 31,72        | 7  |
| 46 | Ngliron     | Banyuasin     | 145 D | 85           | IX         |         | 1,3             | 69,93           | 36,75        | 8  |
| 47 | Ngliron     | Banyuasin     | 30    | 97           | X          |         | 2,6             | 81,97           | 39,00        | 7  |

Lampiran 2. Kandungan Biomassa, Karbon dan Penyerapan CO<sub>2</sub> Tegakan Jati (*Tectona grandis*, L.f) di KPH Randublatung

| No     | Umur (thn) | Kelas Umur | Rerata Dbh (cm) | n     | Luas (ha) | Kandungan Biomassa (ton) |        |              | Kandungan Karbon (ton) |        |             | Penyerapan CO2 (ton) |         |              |
|--------|------------|------------|-----------------|-------|-----------|--------------------------|--------|--------------|------------------------|--------|-------------|----------------------|---------|--------------|
|        |            |            |                 |       |           | per pohon                | per ha | total        | per pohon              | per ha | Total       | per pohon            | per ha  | total        |
| (1)    | (2)        | (3)        | (4)             | (5)   | (6)       | (7)                      | (8)    | (9)          | (10)                   | (11)   | (12)        | (13)                 | (14)    | (15)         |
| 1      | 1**        | I          | 1,14            | 817   | 338,8     | 0,0002                   | 0,149  | 50,509       | 0,0001                 | 0,099  | 33,402      | 0,0004               | 0,361   | 122,473      |
| 2      | 2*         |            | 3,41            | 830   | 15,6      | 0,0025                   | 2,084  | 32,505       | 0,0017                 | 1,372  | 21,402      | 0,006                | 5,030   | 78,473       |
| 3      | 3**        |            | 9,53            | 950   | 673,4     | 0,0294                   | 27,916 | 18.798,535   | 0,0193                 | 18,305 | 12326,453   | 0,071                | 67,118  | 45.196,994   |
| 4      | 4**        |            | 7,57            | 950   | 2.006     | 0,0169                   | 16,095 | 32.285,755   | 0,0111                 | 10,563 | 21189,694   | 0,041                | 38,732  | 77.695,543   |
| 5      | 5**        |            | 7,93            | 1.117 | 882,9     | 0,0189                   | 21,136 | 18.661,155   | 0,0124                 | 13,869 | 12245,373   | 0,046                | 50,855  | 44.899,702   |
| 6      | 6**        |            | 11,60           | 950   | 1.107,6   | 0,0470                   | 44,620 | 49.421,058   | 0,0308                 | 29,235 | 32380,671   | 0,113                | 107,195 | 118.729,125  |
| 7      | 7*         |            | 8,94            | 1.147 | 2.152     | 0,0252                   | 28,902 | 62.197,937   | 0,0165                 | 18,957 | 40794,502   | 0,061                | 69,507  | 149.579,839  |
| 8      | 8**        |            | 10,38           | 683   | 1.739,1   | 0,0360                   | 24,618 | 42.812,804   | 0,0236                 | 16,137 | 28063,354   | 0,087                | 59,168  | 102.898,966  |
| 9      | 9*         |            | 10,85           | 903   | 521,2     | 0,0400                   | 36,140 | 18.836,313   | 0,0262                 | 23,685 | 12344,850   | 0,096                | 86,847  | 45.264,450   |
| 10     | 10**       |            | 10,98           | 583   | 770,8     | 0,0412                   | 24,028 | 18.520,977   | 0,0270                 | 15,747 | 12137,592   | 0,099                | 57,738  | 44.504,503   |
| Jumlah |            |            |                 |       | 10.207,4  |                          |        | 261.617,5479 |                        |        | 171.537,291 |                      |         | 628.970,0675 |
| 11     | 11*        | II         | 12,66           | 1.007 | 1.617,5   | 0,0579                   | 58,314 | 94.323,465   | 0,0379                 | 38,194 | 61.779,103  | 0,139                | 140,045 | 226.523,377  |
| 12     | 12*        |            | 13,53           | 749   | 778       | 0,0680                   | 50,909 | 39.607,334   | 0,0445                 | 33,335 | 25.934,700  | 0,163                | 122,229 | 95.093,899   |
| 13     | 13**       |            | 14,53           | 717   | 366,5     | 0,0805                   | 57,750 | 21.165,201   | 0,0527                 | 37,803 | 13.854,946  | 0,193                | 138,612 | 50.801,469   |
| 14     | 14**       |            | 13,69           | 817   | 263,4     | 0,0699                   | 57,118 | 15.044,966   | 0,0458                 | 37,399 | 9.850,910   | 0,168                | 137,130 | 36.120,005   |
| 15     | 15**       |            | 12,84           | 1.017 | 306,1     | 0,0600                   | 60,999 | 18.671,684   | 0,0393                 | 39,950 | 12.228,688  | 0,144                | 146,483 | 44.838,521   |
| 16     | 16*        |            | 16,88           | 462   | 250,3     | 0,1154                   | 53,329 | 13.348,347   | 0,0755                 | 34,889 | 8.732,705   | 0,277                | 127,926 | 32.019,918   |
| 17     | 17**       |            | 14,61           | 600   | 396,3     | 0,0816                   | 48,966 | 19.405,055   | 0,0534                 | 32,053 | 12.702,459  | 0,196                | 117,526 | 46.575,682   |
| 18     | 18*        |            | 18,48           | 673   | 176,6     | 0,1434                   | 96,496 | 17.041,252   | 0,0938                 | 63,107 | 11.144,625  | 0,344                | 231,391 | 40.863,625   |

Lampiran 2. Kandungan Biomassa, Karbon dan Penyerapan CO<sub>2</sub> Tegakan Jati (*Tectona grandis*, L.f) di KPH Randublatung (lanjutan)

| No     | Umur (thn) | Kelas Umur | Rerata Dbh (cm) | n   | Luas (ha) | Kandungan Biomassa (ton) |         |              | Kandungan Karbon (ton) |         |              | Penyerapan CO2 (ton) |         |              |
|--------|------------|------------|-----------------|-----|-----------|--------------------------|---------|--------------|------------------------|---------|--------------|----------------------|---------|--------------|
|        |            |            |                 |     |           | per pohon                | per ha  | total        | per pohon              | per ha  | Total        | per pohon            | per ha  | total        |
| (1)    | (2)        | (3)        | (4)             | (5) | (6)       | (7)                      | (8)     | (9)          | (10)                   | (11)    | (12)         | (13)                 | (14)    | (15)         |
| 19     | 19**       | II         | 15,89           | 600 | 205,8     | 0,0998                   | 59,891  | 12.325,598   | 0,0653                 | 39,191  | 8065,564     | 0,240                | 143,701 | 29.573,736   |
| 20     | 20*        |            | 20,04           | 571 | 297       | 0,1741                   | 99,396  | 29.520,737   | 0,1138                 | 64,982  | 19.299,693   | 0,417                | 238,268 | 70.765,542   |
| Jumlah |            |            |                 |     | 4.657,5   |                          |         | 280.453,6392 |                        |         | 183.593,3928 |                      |         | 673.175,7736 |
| 21     | 21*        | III        | 20,81           | 437 | 220,8     | 0,1904                   | 83,220  | 18.374,873   | 0,1245                 | 54,398  | 12.011,089   | 0,456                | 199,460 | 44.040,659   |
| 22     | 22**       |            | 18,59           | 425 | 279,8     | 0,1454                   | 61,811  | 17.294,615   | 0,0951                 | 40,422  | 11.310,050   | 0,349                | 148,214 | 41.470,185   |
| 23     | 23**       |            | 22,53           | 267 | 302,8     | 0,2304                   | 61,526  | 18.630,034   | 0,1506                 | 40,205  | 12.174,001   | 0,552                | 147,417 | 44.638,002   |
| 24     | 24**       |            | 15,34           | 817 | 347,9     | 0,0917                   | 74,932  | 26.068,911   | 0,0600                 | 49,041  | 17.061,259   | 0,220                | 179,816 | 62.557,950   |
| 25     | 25**       |            | 29,72           | 358 | 343,6     | 0,4471                   | 160,073 | 55.001,129   | 0,2919                 | 104,486 | 35.901,308   | 1,070                | 383,114 | 131.638,128  |
| 26     | 26**       |            | 25,37           | 367 | 173       | 0,3062                   | 112,363 | 19.438,866   | 0,2000                 | 73,390  | 12.696,511   | 0,733                | 269,098 | 46.553,874   |
| 27     | 27**       |            | 24,31           | 275 | 294,9     | 0,2762                   | 75,967  | 22.402,681   | 0,1805                 | 49,626  | 14.634,844   | 0,662                | 181,964 | 53.661,094   |
| 28     | 28**       |            | 19,16           | 375 | 329,4     | 0,1564                   | 58,635  | 19.314,273   | 0,1022                 | 38,340  | 12.629,305   | 0,375                | 140,581 | 46.307,453   |
| 29     | 29*        |            | 26,67           | 262 | 120,9     | 0,3450                   | 90,388  | 10.927,944   | 0,2253                 | 59,025  | 7.136,172    | 0,826                | 216,426 | 26.165,964   |
| 30     | 30*        |            | 27,38           | 325 | 180,5     | 0,3672                   | 119,344 | 21.541,540   | 0,2398                 | 77,926  | 14.065,601   | 0,879                | 285,728 | 51.573,871   |
| Jumlah |            |            |                 |     | 2593,6    |                          |         | 228.994,8667 |                        |         | 149.620,1397 |                      |         | 548.607,179  |
| 31     | 31**       | IV         | 27,97           | 158 | 135,7     | 0,3866                   | 61,089  | 8.289,812    | 0,2524                 | 39,885  | 5412,387     | 0,926                | 146,245 | 19.845,418   |
| 32     | 32**       |            | 25,41           | 175 | 146       | 0,3073                   | 53,782  | 7.852,128    | 0,2007                 | 35,127  | 5128,591     | 0,736                | 128,800 | 18.804,835   |
| 33     | 33*        |            | 29,46           | 290 | 149,4     | 0,4376                   | 126,916 | 18.961,301   | 0,2857                 | 82,846  | 12377,199    | 1,047                | 303,769 | 45.383,061   |
| 34     | 34*        |            | 30,14           | 182 | 219       | 0,4624                   | 84,151  | 18.429,068   | 0,3018                 | 54,925  | 12028,673    | 1,107                | 201,393 | 44.105,135   |
| 35     | 35**       |            | 34,89           | 175 | 89,2      | 0,6560                   | 114,807 | 10.240,747   | 0,4279                 | 74,891  | 6680,241     | 1,569                | 274,599 | 24.494,217   |



Lampiran 2. Kandungan Biomassa, Karbon dan Penyerapan CO<sub>2</sub> Tegakan Jati (*Tectona grandis*, L.f) di KPH Randublatung (lanjutan)

| No     | Umur (thn) | Kelas Umur | Rerata Dbh (cm) | n   | Luas (ha) | Kandungan Biomassa (ton) |         |              | Kandungan Karbon (ton) |         |              | Penyerapan CO2 (ton) |         |              |
|--------|------------|------------|-----------------|-----|-----------|--------------------------|---------|--------------|------------------------|---------|--------------|----------------------|---------|--------------|
|        |            |            |                 |     |           | per pohon                | per ha  | total        | per pohon              | per ha  | Total        | per pohon            | per ha  | total        |
| (1)    | (2)        | (3)        | (4)             | (5) | (6)       | (7)                      | (8)     | (9)          | (10)                   | (11)    | (12)         | (13)                 | (14)    | (15)         |
| 36     | 36*        |            | 31,50           | 202 | 178,9     | 0,5137                   | 103,762 | 18.563,055   | 0,3352                 | 67,714  | 12113,997    | 1,229                | 248,284 | 44.417,987   |
| 37     | 37*        | IV         | 32,17           | 176 | 203,9     | 0,5402                   | 95,084  | 19.387,595   | 0,3525                 | 62,045  | 12.651,014   | 1,293                | 227,499 | 46.387,051   |
| 38     | 38*        |            | 32,83           | 244 | 104,4     | 0,5674                   | 138,454 | 14.454,612   | 0,3702                 | 90,338  | 9.431,314    | 1,358                | 331,240 | 34.581,484   |
| 39     | 39**       |            | 38,99           | 150 | 136,9     | 0,8561                   | 128,412 | 17.579,576   | 0,5582                 | 83,728  | 11.462,405   | 2,047                | 307,004 | 42.028,818   |
| 40     | 40**       |            | 32,24           | 317 | 146,4     | 0,5433                   | 172,241 | 25.216,144   | 0,3545                 | 112,392 | 16.454,167   | 1,300                | 412,103 | 60.331,947   |
| Jumlah |            |            |                 |     | 1.509,8   |                          |         | 158.974,0393 |                        |         | 103.739,9877 |                      |         | 380.379,9547 |
| 41     | 41*        | V          | 34,81           | 178 | 88,1      | 0,6526                   | 116,169 | 10.234,463   | 0,4257                 | 75,780  | 6.676,199    | 1,561                | 277,859 | 24.479,398   |
| 42     | 42*        |            | 35,46           | 144 | 113       | 0,6822                   | 98,242  | 11.101,375   | 0,4450                 | 64,081  | 7.241,172    | 1,632                | 234,964 | 26.550,963   |
| 43     | 43**       |            | 36,10           | 117 | 97,3      | 0,7119                   | 83,292  | 8.104,296    | 0,4643                 | 54,325  | 5.285,870    | 1,703                | 199,193 | 19.381,523   |
| 44     | 44*        |            | 36,75           | 108 | 170,1     | 0,7432                   | 80,270  | 13.653,943   | 0,4847                 | 52,351  | 8.904,878    | 1,777                | 191,953 | 32.651,220   |
| 45     | 45**       |            | 37,39           | 124 | 76,8      | 0,7746                   | 96,055  | 7.377,014    | 0,5052                 | 62,641  | 4.810,836    | 1,852                | 229,684 | 17.639,731   |
| 46     | 46**       |            | 39,60           | 167 | 118,9     | 0,8888                   | 148,429 | 17.648,252   | 0,5795                 | 96,774  | 11.506,463   | 2,125                | 354,839 | 42.190,363   |
| 47     | 47**       |            | 42,31           | 117 | 88,2      | 1,0410                   | 121,796 | 10.742,404   | 0,6785                 | 79,389  | 7.002,077    | 2,488                | 291,092 | 25.674,284   |
| 48     | 48*        |            | 39,30           | 104 | 149,4     | 0,8724                   | 90,726  | 13.554,458   | 0,5688                 | 59,154  | 8.837,630    | 2,086                | 216,899 | 32.404,644   |
| 49     | 49*        |            | 39,92           | 119 | 218,3     | 0,9061                   | 107,828 | 23.538,818   | 0,5908                 | 70,300  | 15.346,551   | 2,166                | 257,768 | 56.270,686   |
| 50     | 50**       |            | 38,22           | 143 | 141,3     | 0,8162                   | 116,712 | 16.491,396   | 0,5322                 | 76,106  | 10.753,737   | 1,951                | 279,054 | 39.430,369   |
| Jumlah |            |            |                 |     | 1.261,4   |                          |         | 132.446,4179 |                        |         | 86.365,41294 |                      |         | 316.673,1808 |
| 51     | 51*        | VI         | 41,17           | 95  | 122,9     | 0,9754                   | 92,660  | 11.387,933   | 0,6358                 | 60,404  | 7.423,652    | 2,331                | 221,481 | 27.220,057   |



Lampiran 2. Kandungan Biomassa, Karbon dan Penyerapan CO<sub>2</sub> Tegakan Jati (*Tectona grandis*, L.f) di KPH Randublatung (lanjutan)

| No     | Umur (thn) | Kelas Umur | Rerata Dbh (cm) | n   | Luas (ha) | Kandungan Biomassa (ton) |         |              | Kandungan Karbon (ton) |         |              | Penyerapan CO2 (ton) |         |              |
|--------|------------|------------|-----------------|-----|-----------|--------------------------|---------|--------------|------------------------|---------|--------------|----------------------|---------|--------------|
|        |            |            |                 |     |           | per pohon                | per ha  | total        | per pohon              | per ha  | Total        | per pohon            | per ha  | total        |
| (1)    | (2)        | (3)        | (4)             | (5) | (6)       | (7)                      | (8)     | (9)          | (10)                   | (11)    | (12)         | (13)                 | (14)    | (15)         |
| 52     | 52**       |            | 46,85           | 77  | 151,7     | 1,3290                   | 102,334 | 15.524,110   | 0,8659                 | 66,676  | 10.114,744   | 3,175                | 244,479 | 37.087,396   |
| 53     | 53**       |            | 41,85           | 93  | 163,8     | 1,0146                   | 94,359  | 15.456,073   | 0,6614                 | 61,508  | 10.074,957   | 2,425                | 225,528 | 36.941,510   |
| 54     | 54**       |            | 33,06           | 120 | 138,5     | 0,5768                   | 69,218  | 9.586,728    | 0,3764                 | 45,162  | 6254,956     | 1,380                | 165,594 | 22.934,838   |
| 55     | 55*        | VI         | 43,63           | 101 | 93,5      | 1,1208                   | 113,204 | 10.584,564   | 0,7305                 | 73,779  | 6.898,343    | 2,678                | 270,523 | 25.293,924   |
| 56     | 56*        |            | 28,34           | 187 | 202,6     | 0,3988                   | 74,578  | 15.109,569   | 0,2604                 | 48,689  | 9.864,469    | 0,955                | 178,528 | 36.169,720   |
| 57     | 57**       |            | 60,42           | 97  | 138,8     | 2,4431                   | 236,978 | 32.892,601   | 1,5902                 | 154,246 | 21409,406    | 5,831                | 565,570 | 78.501,157   |
| 58     | 58**       |            | 42,08           | 117 | 143,7     | 1,0279                   | 120,268 | 17.282,495   | 0,6700                 | 78,394  | 11.265,255   | 2,457                | 287,446 | 41.305,937   |
| 59     | 59**       |            | 39,34           | 133 | 110,4     | 0,8746                   | 116,328 | 12.842,607   | 0,5703                 | 75,847  | 8.373,460    | 2,091                | 278,104 | 30.702,688   |
| 60     | 60**       |            | 40,34           | 143 | 103,5     | 0,9291                   | 132,863 | 13.751,360   | 0,6057                 | 86,619  | 8.965,068    | 2,221                | 317,603 | 32.871,918   |
| Jumlah |            |            |                 |     | 1.369,4   |                          |         | 154.418,0394 |                        |         | 100.644,3119 |                      |         | 369.029,1437 |
| 61     | 61*        | VII        | 47,25           | 78  | 246       | 1,3562                   | 105,784 | 26.022,773   | 0,8836                 | 68,921  | 16.954,581   | 3,240                | 252,711 | 62.166,799   |
| 62     | 63*        |            | 48,43           | 78  | 16,5      | 1,4392                   | 112,257 | 1.852,234    | 0,9376                 | 73,131  | 1.206,664    | 3,438                | 268,148 | 4.424,435    |
| 63     | 64*        |            | 49,02           | 79  | 24,1      | 1,4815                   | 117,040 | 2.820,673    | 0,9651                 | 76,244  | 1.837,478    | 3,539                | 279,561 | 6.737,420    |
| 64     | 66*        |            | 50,20           | 91  | 31,5      | 1,5679                   | 142,677 | 4.494,315    | 1,0213                 | 92,935  | 2.927,465    | 3,745                | 340,763 | 10.734,039   |
| 65     | 67**       |            | 51,57           | 100 | 207,4     | 1,6721                   | 167,210 | 34.679,428   | 1,0890                 | 108,904 | 22.586,736   | 3,993                | 399,315 | 82.818,032   |
| 66     | 68*        |            | 53,20           | 60  | 25,8      | 1,8013                   | 108,078 | 2.788,414    | 1,1730                 | 70,383  | 1.815,870    | 4,301                | 258,069 | 6.658,192    |
| 67     | 69**       |            | 55,09           | 87  | 54,8      | 1,9588                   | 170,416 | 9.338,787    | 1,2754                 | 110,963 | 6.080,751    | 4,677                | 406,863 | 22.296,086   |
| 68     | 70**       |            | 61,13           | 87  | 96,5      | 2,5123                   | 218,567 | 21.091,751   | 1,6351                 | 142,256 | 13.727,731   | 5,995                | 521,606 | 50.335,015   |
| Jumlah |            |            |                 |     | 702,6     |                          |         | 103.088,3754 |                        |         | 67.137,27736 |                      |         | 246.170,017  |

Lampiran 2. Kandungan Biomassa, Karbon dan Penyerapan CO<sub>2</sub> Tegakan Jati (*Tectona grandis*, L.f) di KPH Randublatung (lanjutan)

| No  | Umur (thn) | Kelas Umur | Rerata Dbh (cm) | n   | Luas (ha)      | Kandungan Biomassa (ton) |         |                     | Kandungan Karbon (ton) |          |                     | Penyerapan CO2 (ton) |          |                     |
|---|------------|------------|-----------------|-----|----------------|--------------------------|---------|---------------------|------------------------|----------|---------------------|----------------------|----------|---------------------|
|   |            |            |                 |     |                | per pohon                | per ha  | total               | per pohon              | per ha   | Total               | per pohon            | per ha   | total               |
| (1)   | (2)        | (3)        | (4)             | (5) | (6)            | (7)                      | (8)     | (9)                 | (10)                   | (11)     | (12)                | (13)                 | (14)     | (15)                |
| 69  | 71**       | VIII       | 62,71           | 80  | 44             | 2,6715                   | 213,720 | 9.403,693           | 1,7386                 | 139,087  | 6119,839            | 6,375                | 509,987  | 22.439,409          |
| 70  | 72**       |            | 48,91           | 107 | 110            | 1,4732                   | 157,633 | 17.339,645          | 0,9597                 | 102,688  | 11.295,713          | 3,519                | 376,524  | 41.417,615          |
| 71  | 73**       |            | 54,24           | 80  | 35,8           | 1,8876                   | 151,007 | 5.406,061           | 1,2291                 | 98,331   | 3.520,258           | 4,507                | 360,548  | 12.907,614          |
| 72  | 74*        |            | 54,82           | 77  | 93,2           | 1,9355                   | 149,031 | 13.889,695          | 1,2603                 | 97,040   | 9.044,157           | 4,621                | 355,814  | 33.161,911          |
| 73  | 75*        | VIII       | 62,11           | 83  | 127,7          | 2,6099                   | 216,621 | 27.662,507          | 1,6986                 | 140,981  | 18.003,213          | 6,228                | 516,929  | 66.011,781          |
| 74  | 76**       |            | 65,48           | 63  | 67,1           | 2,9620                   | 186,609 | 12.521,471          | 1,9273                 | 121,423  | 8.147,455           | 7,067                | 445,216  | 29.874,002          |
| 75  | 77**       |            | 56,52           | 77  | 40,9           | 2,0824                   | 160,343 | 6.558,034           | 1,3558                 | 104,393  | 4.269,687           | 4,971                | 382,775  | 15.655,518          |
| 76  | 78*        |            | 57,08           | 77  | 79,1           | 2,1324                   | 164,198 | 12.988,037          | 1,3883                 | 106,899  | 8.455,681           | 5,090                | 391,962  | 31.004,165          |
| 77  | 79*        |            | 65,77           | 67  | 58,5           | 2,9932                   | 200,543 | 11.731,760          | 1,9476                 | 130,487  | 7.633,474           | 7,141                | 478,451  | 27.989,404          |
| 78  | 80**       |            | 58,20           | 70  | 121,1          | 2,2342                   | 156,393 | 18.939,165          | 1,4544                 | 101,809  | 12.329,121          | 5,333                | 373,301  | 45.206,776          |
| Jumlah  |            |            |                 |     | <b>777,4</b>   |                          |         | <b>136.440,068</b>  |                        |          | <b>88.818,59862</b> |                      |          | <b>325.668,195</b>  |
| 79  | 81*        | IX         | 58,76           | 83  | 64,3           | 2,2859                   | 189,727 | 12.199,440          | 1,4880                 | 123,505  | 7.941,354           | 5,456                | 452,851  | 29.118,299          |
| 80  | 82*        |            | 59,32           | 85  | 23,8           | 2,3381                   | 198,738 | 4.729,955           | 1,5219                 | 129,365  | 3.078,898           | 5,580                | 474,340  | 11.289,293          |
| 81  | 83*        |            | 59,87           | 53  | 24,8           | 2,3909                   | 126,715 | 3.142,535           | 1,5562                 | 82,480   | 2.045,513           | 5,706                | 302,428  | 7.500,213           |
| 82  | 84*        |            | 69,93           | 80  | 33,4           | 3,4666                   | 277,327 | 9.262,714           | 2,2550                 | 180,403  | 6.025,467           | 8,268                | 661,478  | 22.093,380          |
| 83  | 85**       |            | 60,98           | 80  | 49,8           | 2,4980                   | 199,839 | 9.951,973           | 1,6258                 | 130,068  | 6.477,381           | 5,961                | 476,916  | 23.750,399          |
| 84  | 86*        |            | 61,53           | 67  | 34,7           | 2,5524                   | 171,008 | 5.933,972           | 1,6612                 | 111,299  | 3.862,070           | 6,091                | 408,096  | 14.160,923          |
| 85  | 88*        |            | 62,63           | 80  | 17,1           | 2,6627                   | 213,016 | 3.642,572           | 1,7329                 | 138,630  | 2.370,566           | 6,354                | 508,309  | 8.692,075           |
| Jumlah  |            |            |                 |     | <b>247,9</b>   |                          |         | <b>48.863,16015</b> |                        |          | <b>31.801,24984</b> |                      |          | <b>116.604,5827</b> |
| 86  | 97**       | X          | 81,97           | 70  | 2,6            | 5,0718                   | 355,024 | 923,0624053         | 3,2971                 | 230,7991 | 600,07764           | 12,089               | 846,2633 | 2200,28468          |
| Jumlah  |            |            |                 |     | <b>23329,6</b> |                          |         | <b>1506219,216</b>  |                        |          | <b>983857,740</b>   |                      |          | <b>3607478,379</b>  |
| Keterangan :  |            |            |                 |     |                |                          |         |                     |                        |          |                     |                      |          |                     |
| * data dbh dan tinggi diperoleh menggunakan persamaan allometrik $dbh = 2,054 U^{0,742}$ dan $h = 1,05 dbh^{0,901}$ |            |            |                 |     |                |                          |         |                     |                        |          |                     |                      |          |                     |
| ** data dbh dan tinggi dari hasil inventarisasi   |            |            |                 |     |                |                          |         |                     |                        |          |                     |                      |          |                     |

Lampiran 3. Perbandingan Kandungan Karbon Tegakan Jati Berdasarkan 4 Metode Pengukuran

| No | Umur<br>(th) | KU  | Rerata<br>Dbh | h<br>(m) | V tb<br>(m3) | n     | Luas<br>(ha) | Kandungan karbon/ha (ton) |        |        |       | Kandungan karbon total (ton) |                   |                   |                   |
|----|--------------|-----|---------------|----------|--------------|-------|--------------|---------------------------|--------|--------|-------|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|    |              |     |               |          |              |       |              | allometrik                | C tb   | CEF    | CEFa  | allometrik                   | C tb              | CEF               | CEFa              |
| 1  | 1            | I   | 1,14          | 0,45     | 0,00         | 817   | 338,8        | 0,10                      | 0,02   | 0,01   | 0,02  | 33,40                        | 7,84              | 4,48              | 7,18              |
| 2  | 2            |     | 3,41          | 1,98     | 0,00         | 830   | 15,6         | 1,37                      | 0,92   | 0,53   | 0,84  | 21,40                        | 14,33             | 8,19              | 13,12             |
| 3  | 3            |     | 9,53          | 11,11    | 0,08         | 950   | 673,4        | 18,30                     | 46,15  | 26,38  | 42,26 | 12.326,45                    | 31.075,68         | 17.761,18         | 28.460,94         |
| 4  | 4            |     | 7,57          | 7,18     | 0,03         | 950   | 2006         | 10,56                     | 18,82  | 10,76  | 17,24 | 21.189,69                    | 37.756,30         | 21.579,46         | 34.579,44         |
| 5  | 5            |     | 7,93          | 6,63     | 0,03         | 1.117 | 882,9        | 13,87                     | 22,42  | 12,82  | 20,54 | 12.245,37                    | 19.797,57         | 11.315,22         | 18.131,78         |
| 6  | 6            |     | 11,60         | 13,51    | 0,14         | 950   | 1107,6       | 29,23                     | 83,06  | 47,47  | 76,07 | 32.380,67                    | 91.997,22         | 52.580,63         | 84.256,47         |
| 7  | 7            |     | 8,94          | 6,11     | 0,04         | 1147  | 2152         | 18,96                     | 26,95  | 15,40  | 24,69 | 40.794,50                    | 58.002,87         | 33.151,30         | 53.122,44         |
| 8  | 8            |     | 10,38         | 9,29     | 0,08         | 683   | 1739,1       | 16,14                     | 32,92  | 18,81  | 30,15 | 28.063,35                    | 57.244,91         | 32.718,10         | 52.428,26         |
| 9  | 9            |     | 10,85         | 7,66     | 0,07         | 903   | 521,2        | 23,69                     | 39,17  | 22,39  | 35,87 | 12.344,85                    | 20.414,53         | 11.667,84         | 18.696,82         |
| 10 | 10           |     | 10,98         | 7,77     | 0,07         | 583   | 770,8        | 15,75                     | 26,30  | 15,03  | 24,08 | 12.137,59                    | 20.269,12         | 11.584,73         | 18.563,65         |
|    | Jumlah       |     |               |          |              |       |              |                           |        |        |       | <b>171.537,29</b>            | <b>336.580,37</b> | <b>192.371,13</b> | <b>308.260,11</b> |
| 11 | 11           | II  | 12,66         | 9,18     | 0,12         | 1.007 | 1617,5       | 38,19                     | 86,72  | 38,14  | 27,52 | 61.779,10                    | 140.273,30        | 61.693,26         | 44.517,35         |
| 12 | 12           |     | 13,53         | 9,93     | 0,14         | 749   | 778          | 33,34                     | 79,75  | 35,08  | 25,31 | 25.934,70                    | 62.048,17         | 27.289,26         | 19.691,70         |
| 13 | 13           |     | 14,53         | 12,05    | 0,20         | 717   | 366,5        | 37,80                     | 106,79 | 46,97  | 33,89 | 13.854,95                    | 39.138,83         | 17.213,56         | 12.421,16         |
| 14 | 14           |     | 13,69         | 11,75    | 0,17         | 817   | 263,4        | 37,40                     | 105,44 | 46,37  | 33,46 | 9.850,91                     | 27.773,05         | 12.214,80         | 8.814,10          |
| 15 | 15           |     | 12,84         | 13,38    | 0,17         | 1.017 | 306,1        | 39,95                     | 131,43 | 57,80  | 41,71 | 12.228,69                    | 40.230,42         | 17.693,65         | 12.767,59         |
| 16 | 16           |     | 16,88         | 12,86    | 0,29         | 462   | 250,3        | 34,89                     | 99,23  | 43,64  | 31,49 | 8.732,70                     | 24.836,82         | 10.923,42         | 7.882,25          |
| 17 | 17           |     | 14,61         | 11,98    | 0,20         | 600   | 396,3        | 32,05                     | 89,82  | 39,50  | 28,51 | 12.702,46                    | 35.596,31         | 15.655,53         | 11.296,90         |
| 18 | 18           |     | 18,48         | 14,30    | 0,38         | 673   | 176,6        | 63,11                     | 192,65 | 84,73  | 61,14 | 11.144,63                    | 34.022,00         | 14.963,14         | 10.797,28         |
| 19 | 19           |     | 15,89         | 19,25    | 0,38         | 600   | 205,8        | 39,19                     | 170,81 | 75,13  | 54,21 | 8.065,56                     | 35.153,59         | 15.460,82         | 11.156,40         |
| 20 | 20           |     | 20,04         | 15,73    | 0,50         | 571   | 297          | 64,98                     | 211,35 | 92,95  | 67,07 | 19.299,69                    | 62.769,58         | 27.606,54         | 19.920,65         |
|    | Jumlah       |     |               |          |              |       |              |                           |        |        |       | <b>183.593,393</b>           | <b>501.842,08</b> | <b>220.713,95</b> | <b>159.265,39</b> |
| 21 | 21           | III | 20,81         | 16,44    | 0,56         | 437   | 220,8        | 54,40                     | 142,67 | 74,70  | 45,45 | 12.011,09                    | 31.500,50         | 16.493,61         | 10.036,14         |
| 22 | 22           |     | 18,59         | 19,56    | 0,53         | 425   | 279,8        | 40,42                     | 131,83 | 69,03  | 42,00 | 11.310,05                    | 36.887,31         | 19.314,13         | 11.752,39         |
| 23 | 23           |     | 22,53         | 20,57    | 0,82         | 267   | 302,8        | 40,20                     | 127,94 | 66,99  | 40,76 | 12.174,00                    | 38.739,61         | 20.283,99         | 12.342,53         |
| 24 | 24           |     | 15,34         | 29,40    | 0,54         | 817   | 347,9        | 49,04                     | 259,14 | 135,68 | 82,56 | 17.061,26                    | 90.153,28         | 47.204,10         | 28.723,05         |
| 25 | 25           |     | 29,72         | 21,45    | 1,49         | 358   | 343,6        | 104,49                    | 311,17 | 162,93 | 99,14 | 35.901,31                    | 106.919,70        | 55.982,97         | 34.064,87         |
| 26 | 26           |     | 25,37         | 18,60    | 0,94         | 367   | 173          | 73,39                     | 201,62 | 105,57 | 64,24 | 12.696,51                    | 34.881,06         | 18.263,67         | 11.113,19         |
| 27 | 27           |     | 24,31         | 21,99    | 1,02         | 275   | 294,9        | 49,63                     | 163,88 | 85,81  | 52,21 | 14.634,84                    | 48.328,55         | 25.304,75         | 15.397,59         |
| 28 | 28           |     | 19,16         | 17,95    | 0,52         | 375   | 329,4        | 38,34                     | 113,42 | 59,39  | 36,14 | 12.629,31                    | 37.360,04         | 19.561,65         | 11.903,00         |
| 29 | 29           |     | 26,67         | 21,98    | 1,23         | 262   | 120,9        | 59,03                     | 187,95 | 98,41  | 59,88 | 7.136,17                     | 22.722,72         | 11.897,58         | 7.239,51          |

Lampiran 3. Perbandingan Kandungan Karbon Tegakan Jati Berdasarkan 4 Metode Pengukuran (lanjutan)

| No | Umur<br>(th) | KU  | Rerata<br>Dbh | h<br>(m) | V tb<br>(m3) | n   | Luas<br>(ha) | Kandungan karbon/ha (ton) |        |        |        | Kandungan karbon total (ton) |                   |                   |                   |
|----|--------------|-----|---------------|----------|--------------|-----|--------------|---------------------------|--------|--------|--------|------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|    |              |     |               |          |              |     |              | allometrik                | C tb   | CEF    | CEFa   | allometrik                   | C tb              | CEF               | CEFa              |
| 30 | 30           | III | 27,38         | 22,67    | 1,33         | 325 | 180,5        | 77,93                     | 253,24 | 132,59 | 80,68  | 14.065,60                    | 45.709,18         | 23.933,25         | 14..563,05        |
|    | Jumlah       |     |               |          |              |     |              |                           |        |        |        | <b>149.620,14</b>            | <b>493.201,95</b> | <b>25.8239,7</b>  | <b>157.135,32</b> |
| 31 | 31           | IV  | 27,97         | 21,18    | 1,30         | 158 | 135,7        | 39,88                     | 51,58  | 54,81  | 40,27  | 5.412,39                     | 6.999,61          | 7.438,02          | 5.464,16          |
| 32 | 32           |     | 25,41         | 20,19    | 1,02         | 175 | 146          | 35,13                     | 54,28  | 47,79  | 35,11  | 5.128,59                     | 7.925,58          | 6.977,12          | 5.125,57          |
| 33 | 33           |     | 29,46         | 24,70    | 1,68         | 290 | 149,4        | 82,85                     | 138,96 | 130,14 | 95,61  | 12.377,20                    | 20.760,45         | 19.443,21         | 14.283,47         |
| 34 | 34           |     | 30,14         | 25,37    | 1,81         | 182 | 219          | 54,93                     | 57,73  | 87,84  | 64,53  | 12.028,67                    | 12.642,14         | 19.237,85         | 14.132,61         |
| 35 | 35           |     | 34,89         | 26,40    | 2,52         | 175 | 89,2         | 74,89                     | 152,11 | 117,74 | 86,49  | 6.680,24                     | 13.568,27         | 10.502,19         | 7.715,18          |
| 36 | 36           |     | 31,50         | 26,71    | 2,08         | 202 | 178,9        | 67,71                     | 110,98 | 112,08 | 82,34  | 12.114,00                    | 19.853,60         | 20.051,53         | 14.730,35         |
| 37 | 37           |     | 32,17         | 27,38    | 2,23         | 176 | 203,9        | 62,05                     | 104,88 | 104,40 | 76,70  | 12.651,01                    | 21.385,83         | 21.288,14         | 15.638,81         |
| 38 | 38           |     | 32,83         | 28,05    | 2,37         | 244 | 104,4        | 90,34                     | 73,80  | 154,47 | 113,48 | 9.431,31                     | 7.704,47          | 16.126,73         | 11.847,10         |
| 39 | 39           |     | 38,99         | 27,28    | 3,26         | 150 | 136,9        | 83,73                     | 107,60 | 130,25 | 95,69  | 11.462,40                    | 14.730,84         | 17.831,77         | 13.099,67         |
| 40 | 40           |     | 32,24         | 25,16    | 2,05         | 317 | 146,4        | 112,39                    | 247,00 | 173,65 | 127,57 | 16.454,17                    | 36.161,23         | 25.422,14         | 18.675,74         |
|    | Jumlah       |     |               |          |              |     |              |                           |        |        |        | <b>103.739,99</b>            | <b>161.732,02</b> | <b>164.318,71</b> | <b>120.712,66</b> |
| 41 | 41           | V   | 34,81         | 30,03    | 2,86         | 178 | 88,1         | 75,78                     |        |        | 89,42  | 6.676,20                     |                   |                   | 7.877,60          |
| 42 | 42           |     | 35,46         | 30,69    | 3,03         | 144 | 113          | 64,08                     |        |        | 76,72  | 7.241,17                     |                   |                   | 8.668,90          |
| 43 | 43           |     | 36,10         | 28,49    | 2,92         | 117 | 97,3         | 54,33                     |        |        | 59,95  | 5.285,87                     |                   |                   | 5.833,42          |
| 44 | 44           |     | 36,75         | 32,01    | 3,40         | 108 | 170,1        | 52,35                     |        |        | 64,45  | 8.904,88                     |                   |                   | 10.962,95         |
| 45 | 45           |     | 37,39         | 32,66    | 3,59         | 124 | 76,8         | 62,64                     |        |        | 78,17  | 4.810,84                     |                   |                   | 6.003,25          |
| 46 | 46           |     | 39,60         | 29,09    | 3,58         | 167 | 118,9        | 96,77                     |        |        | 105,17 | 11.506,46                    |                   |                   | 12.505,30         |
| 47 | 47           |     | 42,31         | 29,93    | 4,21         | 117 | 88,2         | 79,39                     |        |        | 86,51  | 7.002,08                     |                   |                   | 7.630,45          |
| 48 | 48           |     | 39,30         | 34,62    | 4,20         | 104 | 149,4        | 59,15                     |        |        | 76,74  | 8.837,63                     |                   |                   | 11.464,35         |
| 49 | 49           |     | 39,92         | 35,27    | 4,41         | 119 | 218,3        | 70,30                     |        |        | 92,33  | 15.346,55                    |                   |                   | 20.156,13         |
| 50 | 50           |     | 38,22         | 32,18    | 3,69         | 143 | 141,3        | 76,11                     |        |        | 92,78  | 10.753,74                    |                   |                   | 13.109,91         |
|    | Jumlah       |     |               |          |              |     |              |                           |        |        |        | <b>86.365,41</b>             |                   |                   | <b>104.212,25</b> |
| 51 | 51           | VI  | 41,17         | 36,56    | 4,87         | 95  | 122,9        | 60,40                     |        |        | 94,86  | 7.423,65                     |                   |                   | 11.657,87         |
| 52 | 52           |     | 46,85         | 31,35    | 5,40         | 77  | 151,7        | 66,68                     |        |        | 85,38  | 10.114,74                    |                   |                   | 12.951,64         |
| 53 | 53           |     | 41,85         | 26,12    | 3,59         | 93  | 163,8        | 61,51                     |        |        | 68,55  | 10.074,96                    |                   |                   | 11.228,94         |
| 54 | 54           |     | 33,06         | 20,81    | 1,79         | 120 | 138,5        | 45,16                     |        |        | 43,98  | 6.254,96                     |                   |                   | 6.091,67          |
| 55 | 55           |     | 43,63         | 39,13    | 5,85         | 101 | 93,5         | 73,78                     |        |        | 121,24 | 6.898,34                     |                   |                   | 11.335,94         |
| 56 | 56           |     | 28,34         | 17,04    | 1,07         | 187 | 202,6        | 48,69                     |        |        | 41,23  | 9.864,47                     |                   |                   | 8.352,45          |
| 57 | 57           |     | 60,42         | 39,90    | 11,44        | 97  | 138,8        | 154,25                    |        |        | 227,60 | 21.409,41                    |                   |                   | 31.591,43         |

Lampiran 3. Perbandingan Kandungan Karbon Tegakan Jati Berdasarkan 4 Metode Pengukuran (lanjutan)

| No | Umur<br>(th) | KU   | Rerata<br>Dbh | h (m) | V tb<br>(m3) | n   | Luas<br>(ha) | Kandungan karbon/ha (ton) |      |     |        | Kandungan karbon total (ton) |              |            |              |
|----|--------------|------|---------------|-------|--------------|-----|--------------|---------------------------|------|-----|--------|------------------------------|--------------|------------|--------------|
|    |              |      |               |       |              |     |              | allometrik                | C tb | CEF | CEFa   | allometrik                   | C tb         | CEF        | CEFa         |
| 58 | 58           | VI   | 42,08         | 27,87 | 3,88         | 117 | 143,7        | 78,39                     |      |     | 93,05  | 11.265,26                    |              |            | 13.371,86    |
| 59 | 59           |      | 39,34         | 29,11 | 3,54         | 133 | 110,4        | 75,85                     |      |     | 96,52  | 8.373,46                     |              |            | 10.656,18    |
| 60 | 60           |      | 40,34         | 25,18 | 3,22         | 143 | 103,5        | 86,62                     |      |     | 94,41  | 8.965,07                     |              |            | 9.771,37     |
|    | Jumlah       |      |               |       |              |     |              |                           |      |     |        | 100.644,312                  |              |            | 127.009,35   |
| 61 | 61           | VII  | 47,25         | 42,96 | 7,53         | 78  | 246          | 68,92                     |      |     | 121,03 | 16.954,58                    |              |            | 29772,20     |
| 63 | 63           |      | 48,43         | 44,23 | 8,15         | 78  | 16,5         | 73,13                     |      |     | 130,93 | 1.206,66                     |              |            | 2.160,39     |
| 64 | 64           |      | 49,02         | 44,86 | 8,47         | 79  | 24,1         | 76,24                     |      |     | 137,80 | 1.837,48                     |              |            | 3.321,08     |
| 66 | 66           |      | 50,20         | 46,12 | 9,13         | 91  | 31,5         | 92,94                     |      |     | 171,11 | 2.927,47                     |              |            | 5.389,91     |
| 67 | 67           |      | 51,57         | 32,53 | 6,79         | 100 | 207,4        | 108,90                    |      |     | 139,94 | 22.586,74                    |              |            | 29.023,46    |
| 68 | 68           |      | 53,20         | 47,38 | 10,53        | 60  | 25,8         | 70,38                     |      |     | 130,14 | 1.815,87                     |              |            | 3.357,66     |
| 69 | 69           |      | 55,09         | 27,48 | 6,55         | 87  | 54,8         | 110,96                    |      |     | 117,37 | 6.080,75                     |              |            | 6.431,91     |
| 70 | 70           |      | 61,13         | 31,36 | 9,20         | 87  | 96,5         | 142,26                    |      |     | 164,90 | 13.727,73                    |              |            | 15.912,83    |
|    | Jumlah       |      |               |       |              |     |              |                           |      |     |        | 67.137,28                    |              |            | 95.369,43    |
| 71 | 71           | VIII | 62,71         | 35,52 | 10,97        | 80  | 44           | 139,09                    |      |     | 181,49 | 6.119,84                     |              |            | 7.985,57     |
| 72 | 72           |      | 48,91         | 35,37 | 6,65         | 107 | 110          | 102,69                    |      |     | 147,04 | 11.295,71                    |              |            | 16.173,93    |
| 73 | 73           |      | 54,24         | 29,40 | 6,80         | 80  | 35,8         | 98,33                     |      |     | 112,41 | 3.520,26                     |              |            | 4.024,29     |
| 74 | 74           |      | 54,82         | 51,13 | 12,07        | 77  | 93,2         | 97,04                     |      |     | 192,12 | 9.044,16                     |              |            | 17.905,47    |
| 75 | 75           |      | 62,11         | 51,75 | 15,68        | 83  | 127,7        | 140,98                    |      |     | 269,08 | 18.003,21                    |              |            | 34.361,24    |
| 76 | 76           |      | 65,48         | 31,89 | 10,74        | 63  | 67,1         | 121,42                    |      |     | 139,91 | 8.147,46                     |              |            | 9.387,79     |
| 77 | 77           |      | 56,52         | 31,81 | 7,98         | 77  | 40,9         | 104,39                    |      |     | 127,05 | 4.269,69                     |              |            | 5.196,40     |
| 78 | 78           |      | 57,08         | 53,61 | 13,72        | 77  | 79,1         | 106,90                    |      |     | 218,44 | 8.455,68                     |              |            | 17.278,61    |
| 79 | 79           |      | 65,77         | 54,23 | 18,42        | 67  | 58,5         | 130,49                    |      |     | 255,22 | 7.633,47                     |              |            | 14.930,63    |
| 80 | 80           |      | 58,20         | 31,72 | 8,44         | 70  | 121,1        | 101,81                    |      |     | 122,17 | 12.329,12                    |              |            | 14.794,34    |
|    | Jumlah       |      |               |       |              |     |              |                           |      |     |        | 88.818,60                    |              |            | 142.038,26   |
| 81 | 81           | IX   | 58,76         | 55,47 | 15,04        | 83  | 64,3         | 123,50                    |      |     | 247,21 | 7.941,35                     |              |            | 15.895,76    |
| 82 | 82           |      | 59,32         | 56,08 | 15,50        | 85  | 23,8         | 129,37                    |      |     | 260,86 | 3.078,90                     |              |            | 6.208,48     |
| 83 | 83           |      | 59,87         | 56,70 | 15,96        | 53  | 24,8         | 82,48                     |      |     | 167,53 | 2.045,51                     |              |            | 4.154,86     |
| 84 | 84           |      | 69,93         | 57,31 | 22,01        | 80  | 33,4         | 180,40                    |      |     | 348,66 | 6.025,47                     |              |            | 11.645,18    |
| 85 | 85           |      | 60,98         | 36,75 | 10,73        | 80  | 49,8         | 130,07                    |      |     | 170,02 | 6.477,38                     |              |            | 8.467,10     |
| 86 | 86           |      | 61,53         | 58,54 | 17,41        | 67  | 34,7         | 111,30                    |      |     | 230,95 | 3.862,07                     |              |            | 8.013,89     |
| 88 | 88           |      | 62,63         | 59,77 | 18,41        | 80  | 17,1         | 138,63                    |      |     | 291,66 | 2.370,57                     |              |            | 4.987,43     |
|    | Jumlah       |      |               |       |              |     |              |                           |      |     |        | 31.801,25                    |              |            | 59.372,68    |
| 91 | 97           | X    | 81,97         | 39    | 20,58        | 70  | 2,6          | 230,80                    |      |     |        | 600,08                       |              |            | 765,51       |
|    | JUMLAH       |      |               |       |              |     |              |                           |      |     |        | 983.857,74                   | 1.493.356,42 | 835.643,50 | 1.274.140,96 |

#### Lampiran 4. Hasil Analisis SPSS Hubungan dbh-Kandungan Biomassa

##### Hubungan dbh – biomassa batang (Bb)

Dependent Variable: B b

| Equation    | R     | R Square | Std. Error of the Estimate | Residual Sum of Squares | F       | df1 | df2 | Sig.  | Constant | b1       |
|-------------|-------|----------|----------------------------|-------------------------|---------|-----|-----|-------|----------|----------|
| Linear      | 0,878 | 0,771    | 130,652                    | 273.118,322             | 34,955  | 1   | 10  | 0,000 | -22,049  | 2,639    |
| Logarithmic | 0,763 | 0,582    | 176,294                    | 497.271,734             | 16,748  | 1   | 10  | 0,002 | -75,98   | 36,858   |
| Inverse     | 0,623 | 0,389    | 213,269                    | 727.738,248             | 8,383   | 1   | 10  | 0,016 | 53,269   | -380,549 |
| Power       | 0,986 | 0,971    | 0,307                      | 1,508                   | 108,935 | 1   | 10  | 0,000 | 0,015    | 2,407    |
| S           | 0,942 | 0,888    | 0,609                      | 5,941                   | 61,728  | 1   | 10  | 0,000 | 4,523    | -28,225  |
| Growth      | 0,965 | 0,931    | 0,478                      | 3,658                   | 63,324  | 1   | 10  | 0,000 | -0,319   | 0,15     |
| Exponential | 0,965 | 0,931    | 0,478                      | 3,658                   | 63,324  | 1   | 10  | 0,000 | 0,727    | 0,15     |
| Logistic    | 0,965 | 0,931    | 0,478                      | 3,658                   | 63,324  | 1   | 10  | 0,000 | 1,376    | 0,861    |

The independent variable is dbh

##### Hubungan dbh – biomassa kulit (Bk)

Dependent Variable: B k

| Equation    | R     | R Square | Std. Error of the Estimate | Residual Sum of Squares | F       | df1 | df2 | Sig. | Constant | b1       |
|-------------|-------|----------|----------------------------|-------------------------|---------|-----|-----|------|----------|----------|
| Linear      | 0,882 | 0,778    | 13,932                     | 1.940,934               | 53,728  | 1   | 16  | ,000 | -224,936 | 20,405   |
| Logarithmic | 0,791 | 0,626    | 18,061                     | 3.262,131               | 22,297  | 1   | 16  | ,000 | -708,563 | 317,715  |
| Inverse     | 0,675 | 0,456    | 21,787                     | 4.746,623               | 10,169  | 1   | 16  | ,006 | 446,432  | -3,473E3 |
| Power       | 0,957 | 0,916    | 0,462                      | 2,139                   | 545,094 | 1   | 16  | ,000 | 0,027    | 2,735    |
| S           | 0,928 | 0,861    | 0,595                      | 3,546                   | 126,379 | 1   | 16  | ,000 | 6,673    | -34,982  |
| Growth      | 0,929 | 0,864    | 0,589                      | 3,469                   | 215,258 | 1   | 16  | ,000 | 1,109    | 0,149    |
| Exponential | 0,929 | 0,864    | 0,589                      | 3,469                   | 215,258 | 1   | 16  | ,000 | 3,032    | 0,149    |
| Logistic    | 0,929 | 0,864    | 0,589                      | 3,469                   | 215,258 | 1   | 16  | ,000 | 0,330    | 0,861    |

The independent variable is dbh

#### Lampiran 4. Hasil Analisis SPSS Hubungan dbh-Kandungan Biomassa (lanjutan)

##### Hubungan dbh – biomassa cabang/ranting (Bcr)

Dependent Variable: B cr

| Equation    | R     | R Square | Std. Error of the Estimate | Residual Sum of Squares | F      | df 1 | df2 | Sig.  | Constant | b1       |
|-------------|-------|----------|----------------------------|-------------------------|--------|------|-----|-------|----------|----------|
| Linear      | 0,767 | 0,588    | 65,445                     | 42.830,134              | 14,246 | 1    | 10  | 0,004 | -79,572  | 7,915    |
| Logarithmic | 0,631 | 0,398    | 79,054                     | 62.495,533              | 6,617  | 1    | 10  | 0,028 | -217,269 | 101,401  |
| Inverse     | 0,504 | 0,254    | 88,021                     | 77.476,187              | 3,404  | 1    | 10  | 0,095 | 132,618  | -979,698 |
| Power       | 0,947 | 0,897    | 0,571                      | 3,262                   | 87,011 | 1    | 10  | 0,000 | 0,014    | 2,657    |
| S           | 0,944 | 0,89     | 0,589                      | 3,468                   | 81,255 | 1    | 10  | 0,000 | 5,446    | -32,024  |
| Growth      | 0,912 | 0,832    | 0,73                       | 5,327                   | 49,401 | 1    | 10  | 0,000 | 0,051    | 0,164    |
| Exponential | 0,912 | 0,832    | 0,73                       | 5,327                   | 49,401 | 1    | 10  | 0,000 | 1,052    | 0,164    |
| Logistic    | 0,912 | 0,832    | 0,73                       | 5,327                   | 49,401 | 1    | 10  | 0,000 | 0,951    | 0,848    |

The independent variable is dbh

##### Hubungan dbh – biomassa daun (Bd)

Dependent Variable: B d

| Equation    | R     | R Square | Std. Error of the Estimate | Residual Sum of Squares | F      | df1 | df2 | Sig.  | Constant | b1      |
|-------------|-------|----------|----------------------------|-------------------------|--------|-----|-----|-------|----------|---------|
| Linear      | 0,686 | 0,471    | 1,179                      | 13,906                  | 8,905  | 1   | 10  | 0,014 | 0,546    | 0,113   |
| Logarithmic | 0,746 | 0,557    | 1,079                      | 11,650                  | 12,566 | 1   | 10  | 0,005 | -2,635   | 1,908   |
| Inverse     | 0,75  | 0,563    | 1,072                      | 11,497                  | 12,866 | 1   | 10  | 0,005 | 4,352    | -23,203 |
| Power       | 0,745 | 0,556    | 0,691                      | 4,778                   | 12,499 | 1   | 10  | 0,005 | 0,071    | 1,219   |
| S           | 0,804 | 0,647    | 0,616                      | 3,794                   | 18,34  | 1   | 10  | 0,002 | 1,908    | -15,913 |
| Growth      | 0,653 | 0,426    | 0,786                      | 6,173                   | 7,417  | 1   | 10  | 0,021 | -0,559   | 0,069   |
| Exponential | 0,653 | 0,426    | 0,786                      | 6,173                   | 7,417  | 1   | 10  | 0,021 | 0,572    | 0,069   |
| Logistic    | 0,653 | 0,426    | 0,786                      | 6,173                   | 7,417  | 1   | 10  | 0,021 | 1,749    | 0,934   |

The independent variable is dbh

#### Lampiran 4. Hasil Analisis SPSS Hubungan dbh-Kandungan Biomassa (lanjutan)

##### Hubungan dbh – biomassa akar (Ba)

Dependent Variable: B a

| Equation    | R     | R Square | Std. Error of the Estimate | Residual Sum of Squares | F       | df1 | df2 | Sig.  | Constant | b1       |
|-------------|-------|----------|----------------------------|-------------------------|---------|-----|-----|-------|----------|----------|
| Linear      | 0,924 | 0,854    | 9,644                      | 930,163                 | 58,309  | 1   | 10  | 0     | -16,881  | 2,36     |
| Logarithmic | 0,855 | 0,731    | 13,073                     | 1.709,163               | 27,175  | 1   | 10  | 0     | -67,811  | 33,984   |
| Inverse     | 0,748 | 0,559    | 16,742                     | 2.802,966               | 12,668  | 1   | 10  | 0,005 | 52,091   | -359,499 |
| Power       | 0,979 | 0,959    | 0,27                       | ,727                    | 231,184 | 1   | 10  | 0     | 0,052    | 2,044    |
| S           | 0,958 | 0,918    | 0,379                      | 1,433                   | 112,286 | 1   | 10  | 0     | 4,481    | -24,199  |
| Growth      | 0,944 | 0,89     | 0,438                      | 1,922                   | 81,167  | 1   | 10  | 0     | 0,365    | 0,127    |
| Exponential | 0,944 | 0,89     | 0,438                      | 1,922                   | 81,167  | 1   | 10  | 0     | 1,441    | 0,127    |
| Logistic    | 0,944 | 0,89     | 0,438                      | 1,922                   | 81,167  | 1   | 10  | 0     | 0,694    | 0,881    |

The independent variable is dbh

##### Hubungan dbh – biomassa total (Bt)

Dependent Variable: B t

| Equation    | R     | R Square | Std. Error of the Estimate | Residual Sum of Squares | F       | df1 | df2 | Sig.  | Constant | b1        |
|-------------|-------|----------|----------------------------|-------------------------|---------|-----|-----|-------|----------|-----------|
| Linear      | 0,896 | 0,804    | 109,444                    | 119.779,873             | 40,918  | 1   | 10  | 0     | -195,832 | 22,431    |
| Logarithmic | 0,787 | 0,619    | 152,457                    | 232.430,655             | 16,24   | 1   | 10  | 0,002 | -636,03  | 306,359   |
| Inverse     | 0,661 | 0,436    | 185,401                    | 343.735,194             | 7,743   | 1   | 10  | 0,019 | 433,989  | -3,11E+03 |
| Power       | 0,987 | 0,974    | 0,246                      | ,606                    | 380,25  | 1   | 10  | 0     | 0,133    | 2,394     |
| S           | 0,964 | 0,929    | 0,409                      | 1,676                   | 131,145 | 1   | 10  | 0     | 6,679    | -28,283   |
| Growth      | 0,957 | 0,915    | 0,448                      | 2,007                   | 107,854 | 1   | 10  | 0     | 1,85     | 0,149     |
| Exponential | 0,957 | 0,915    | 0,448                      | 2,007                   | 107,854 | 1   | 10  | 0     | 6,358    | 0,149     |
| Logistic    | 0,957 | 0,915    | 0,448                      | 2,007                   | 107,854 | 1   | 10  | 0     | 0,157    | 0,862     |

The independent variable is dbh



## Lampiran 6. Hasil Analisis SPSS Hubungan dbh-Kandungan Karbon

### Hubungan dbh – kandungan karbon batang (Kb)

Dependent Variable: Kb

| Equation    | R     | R Square | Std. Error of the Estimate | Residual Sum of Squares | F       | df1 | df2 | Sig.  | Constant | b1        |
|-------------|-------|----------|----------------------------|-------------------------|---------|-----|-----|-------|----------|-----------|
| Linear      | 0,853 | 0,727    | 103,262                    | 170.609,127             | 42,593  | 1   | 16  | 0     | -158,688 | 14,359    |
| Logarithmic | 0,736 | 0,542    | 133,791                    | 286.400,459             | 18,904  | 1   | 16  | 0     | -494,492 | 222,016   |
| Inverse     | 0,599 | 0,359    | 158,243                    | 400.652,445             | 8,951   | 1   | 16  | 0,009 | 311,98   | -2,42E+03 |
| Power       | 0,985 | 0,97     | 0,294                      | 1,382                   | 524,286 | 1   | 16  | 0     | 0,033    | 2,568     |
| S           | 0,943 | 0,889    | 0,569                      | 5,174                   | 128,311 | 1   | 16  | 0     | 6,254    | -32,894   |
| Growth      | 0,965 | 0,932    | 0,446                      | 3,181                   | 218,732 | 1   | 16  | 0     | 1,024    | 0,141     |
| Exponential | 0,965 | 0,932    | 0,446                      | 3,181                   | 218,732 | 1   | 16  | 0     | 2,783    | 0,141     |
| Logistic    | 0,965 | 0,932    | 0,446                      | 3,181                   | 218,732 | 1   | 16  | 0     | 0,359    | 0,869     |

The independent variable is dbh

### Hubungan dbh – kandungan karbon cabang/ranting (Kcr)

Dependent Variable: K cr

| Equation    | R     | R Square | Std. Error of the Estimate | Residual Sum of Squares | F      | df1 | df2 | Sig.  | Constant | b1       |
|-------------|-------|----------|----------------------------|-------------------------|--------|-----|-----|-------|----------|----------|
| Linear      | 0,75  | 0,563    | 51,484                     | 26.505,779              | 12,89  | 1   | 10  | 0,005 | -61,051  | 5,922    |
| Logarithmic | 0,612 | 0,375    | 61,599                     | 37.943,971              | 5,99   | 1   | 10  | 0,034 | -162,24  | 75,175   |
| Inverse     | 0,484 | 0,234    | 68,154                     | 46.449,455              | 3,062  | 1   | 10  | 0,111 | 96,575   | -719,473 |
| Power       | 0,944 | 0,891    | 0,602                      | 3,628                   | 81,412 | 1   | 10  | 0     | 0,008    | 2,71     |
| S           | 0,937 | 0,878    | 0,636                      | 4,047                   | 71,965 | 1   | 10  | 0     | 5,064    | -32,557  |
| Growth      | 0,912 | 0,832    | 0,745                      | 5,557                   | 49,683 | 1   | 10  | 0     | -0,443   | 0,168    |
| Exponential | 0,912 | 0,832    | 0,745                      | 5,557                   | 49,683 | 1   | 10  | 0     | 0,642    | 0,168    |
| Logistic    | 0,912 | 0,832    | 0,745                      | 5,557                   | 49,683 | 1   | 10  | 0     | 1,557    | 0,845    |

The independent variable is dbh

## Lampiran 5. Hasil Analisis SPSS Hubungan dbh-Kandungan Karbon (lanjutan)

### Hubungan dbh - kandungan karbon daun (Kd)

Dependent Variable: K d

| Equation    | R     | R Square | Std. Error of the Estimate | Residual Sum of Squares | F      | df1 | df2 | Sig.  | Constant | b1      |
|-------------|-------|----------|----------------------------|-------------------------|--------|-----|-----|-------|----------|---------|
| Linear      | 0,543 | 0,295    | 0,695                      | 4,828                   | 4,177  | 1   | 10  | 0,068 | 0,503    | 0,046   |
| Logarithmic | 0,642 | 0,412    | 0,635                      | 4,028                   | 6,994  | 1   | 10  | 0,025 | -0,957   | 0,837   |
| Inverse     | 0,681 | 0,464    | 0,606                      | 3,668                   | 8,663  | 1   | 10  | 0,015 | 2,157    | -10,754 |
| Power       | 0,664 | 0,441    | 0,748                      | 5,591                   | 7,887  | 1   | 10  | 0,019 | 0,059    | 1,047   |
| S           | 0,741 | 0,549    | 0,671                      | 4,506                   | 12,196 | 1   | 10  | 0,006 | 1,123    | -14,142 |
| Growth      | 0,554 | 0,307    | 0,832                      | 6,928                   | 4,434  | 1   | 10  | 0,061 | -0,991   | 0,056   |
| Exponential | 0,554 | 0,307    | 0,832                      | 6,928                   | 4,434  | 1   | 10  | 0,061 | 0,371    | 0,056   |
| Logistic    | 0,554 | 0,307    | 0,832                      | 6,928                   | 4,434  | 1   | 10  | 0,061 | 2,695    | 0,945   |

The independent variable is dbh

### Hubungan dbh – kandungan karbon akar (Ka)

Dependent Variable: K a

| Equation    | R     | R Square | Std. Error of the Estimate | Residual Sum of Squares | F       | df1 | df2 | Sig.  | Constant | b1       |
|-------------|-------|----------|----------------------------|-------------------------|---------|-----|-----|-------|----------|----------|
| Linear      | 0,941 | 0,885    | 5,019                      | 251,936                 | 77,067  | 1   | 10  | 0     | -9,658   | 1,412    |
| Logarithmic | 0,879 | 0,773    | 7,061                      | 498,582                 | 33,995  | 1   | 10  | 0     | -40,647  | 20,529   |
| Inverse     | 0,775 | 0,601    | 9,354                      | 875,053                 | 15,067  | 1   | 10  | 0,003 | 31,945   | -219,061 |
| Power       | 0,982 | 0,964    | 0,249                      | 0,618                   | 271,371 | 1   | 10  | 0     | 0,033    | 2,042    |
| S           | 0,966 | 0,933    | 0,341                      | 1,163                   | 139,401 | 1   | 10  | 0     | 4,033    | -24,295  |
| Growth      | 0,94  | 0,884    | 0,448                      | 2,010                   | 76,477  | 1   | 10  | 0     | -0,075   | 0,126    |
| Exponential | 0,94  | 0,884    | 0,448                      | 2,010                   | 76,477  | 1   | 10  | 0     | 0,927    | 0,126    |
| Logistic    | 0,94  | 0,884    | 0,448                      | 2,010                   | 76,477  | 1   | 10  | 0     | 1,078    | 0,882    |

The independent variable is dbh

## Lampiran 5. Hasil Analisis SPSS Hubungan dbh-Kandungan Karbon (lanjutan)

### Hubungan dbh – kandungan karbon total (Kt)

Dependent Variable: K t

| Equation    | R     | R Square | Std. Error of the Estimate | Residual Sum of Squares | F       | df1 | df2 | Sig.  | Constant | b1        |
|-------------|-------|----------|----------------------------|-------------------------|---------|-----|-----|-------|----------|-----------|
| Linear      | 0,906 | 0,82     | 65,401                     | 42.773,071              | 45,572  | 1   | 10  | 0     | -121,238 | 14,146    |
| Logarithmic | 0,8   | 0,64     | 92,519                     | 85.597,607              | 17,77   | 1   | 10  | 0,002 | -402,191 | 194,475   |
| Inverse     | 0,676 | 0,456    | 113,68                     | 129.231,967             | 8,393   | 1   | 10  | 0,016 | 277,999  | -1,99E+03 |
| Power       | 0,988 | 0,977    | 0,233                      | 0,544                   | 422,685 | 1   | 10  | 0     | 0,088    | 2,39      |
| S           | 0,967 | 0,935    | 0,39                       | 1,520                   | 144,75  | 1   | 10  | 0     | 6,258    | -28,296   |
| Growth      | 0,955 | 0,912    | 0,455                      | 2,071                   | 103,559 | 1   | 10  | 0     | 1,439    | 0,148     |
| Exponential | 0,955 | 0,912    | 0,455                      | 2,071                   | 103,559 | 1   | 10  | 0     | 4,217    | 0,148     |
| Logistic    | 0,955 | 0,912    | 0,455                      | 2,071                   | 103,559 | 1   | 10  | 0     | 0,237    | 0,862     |

The independent variable is dbh

## Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian



Penebangan Pohon Sampel



Pengukuran Panjang Sortimen Batang



Pengukuran Diameter Sortimen Batang



Penimbangan Berat Basah Organ Batang Pohon Sampel



Sampel Pengukuran Biomassa dan Karbon Sortimen Batang



Pemisahan Sampel Organ Cabang/Ranting dan Daun



Pengambilan Organ Akar



Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian (lanjutan)



Pengovenan Disk Batang,  
Cabang/Ranting dan Akar



Pengujian Kadar Karbon Metode  
Walkley and Black



Pengukuran Diameter  
Setinggi Dada (dbh)



Pengukuran Tinggi  
Pohon (h)



Pengukuran Tinggi  
Pohon Jati Teresan



Tegakan Jati Berdaun



Tegakan Jati  
Menggugurkan Daun



Tegakan Jati Teresan