

Prosiding

Semiloka

**Status Riset dan Pengajaran Hutan dan
Perubahan Iklim dan Pengembangan Jejaring
Kerja Perguruan Tinggi, Lembaga Penelitian dan
Lembaga Pendidikan terkait Bidang Hutan
dan Perubahan Iklim di Region Sumatera**

*(Capacity Building and Studies to Set up REDD+
Framework at Selected Area)*

Bengkulu, 19 & 20 September 2013

PUSAT STANDARDISASI DAN LINGKUNGAN, KEMENTERIAN KEHUTANAN
DAN
FOREST CARBON PARTNERSHIP FACILITY - WORLD BANK

2013



Penyusun:

Tim Bidang Perubahan Iklim Pusat Standardisasi dan Lingkungan
Novia Widyaningtyas, S.Hut, M.Sc
Ir. Andi Andriadi, MM
Radian Bagiyono, S.Hut., M.For
Haryo Pambudi, S.Hut, M.Sc
Lia Kartikasari, S.Hut, M.Eng.
Dinik Indrihastuti, S.Hut
Windyo Laksono, S.Hut
Erna Rosita, S.Hut
Andreas Budi Rahutomo, S.Hut

Editor:

Dr. Ir. Nur Masripatin, M.For.Sc

Design Sampul:

Bintoro, S.Kom

Layout:

Ismunandar

ISBN: 978-602-7954-25-0

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang menggunakan isi maupun memperbanyak Prosiding ini sebagian atau seluruhnya, baik dalam bentuk fotocopy, cetak, mikroklm, elektronik maupun bentuk lainnya, kecuali untuk keperluan pendidikan atau non-komersial lainnya dengan mencantumkan sumbernya sebagai berikut:

Pusat Standardisasi dan Lingkungan (2013). Prosiding Semiloka Tentang Status Riset dan Pengajaran Hutan dan Perubahan Iklim dan Pengembangan Jejaring Kerja Perguruan Tinggi, Lembaga Penelitian dan Lembaga Pendidikan terkait Bidang Hutan dan Perubahan Iklim di Region Sumatera. Sekretariat Jenderal, Kementerian Kehutanan.

Diterbitkan oleh:

Pusat Standardisasi dan Lingkungan – Kementerian Kehutanan
Jl. Jend. Gatot Subroto, Gd. Manggala Wanabakti Blok VII Lt.8
Jakarta, 10270, Indonesia.
Telp/Fax : +62-21-5733433
Email : pustanling@yahoo.com;
pustanling@dephut.go.id
Website : www.staneclimate.org

Kata Pengantar

Perubahan iklim adalah isu yang bersifat sangat ilmiah sehingga dukungan dari *science* menjadi hal yang sangat penting bagi pengambil kebijakan maupun negosiator. *Scientist* juga mempunyai kemampuan dan kewajiban untuk melakukan *capacity building* dan *awareness raising* terkait hutan dan perubahan iklim dari waktu ke waktu dan membina generasi muda sebagai generasi penerus. Peran Perguruan Tinggi, Lembaga Penelitian dan Lembaga Pendidikan ini perlu untuk terus ditingkatkan, sehingga tidak ada *missing link* antara kebijakan internasional dengan kebijakan nasional dan sub-nasional dan tidak ada *missing link* antara *scientist* dan para pengambil kebijakan dan negosiator.

Pembentukan jejaring kerja Perguruan Tinggi, Lembaga Penelitian dan Lembaga Pendidikan terkait hutan, lahan dan perubahan iklim diharapkan bisa menjadi wadah bagi lembaga ilmiah untuk berkomunikasi dan meningkatkan perannya. Di bawah kerangka *Forest Carbon Partnership Facility* (FCPF), Pusat Standardisasi dan Lingkungan – Kementerian Kehutanan menyelenggarakan Semiloka tentang Status Riset dan Pengajaran Hutan dan Perubahan Iklim dan Pengembangan Jejaring Kerja Universitas, Lembaga Penelitian dan Lembaga Pendidikan di Region Sumatera. Kegiatan ini merupakan rangkaian kegiatan pembentukan jejaring kerja lembaga ilmiah di 4 (empat) region di seluruh Indonesia.

Prosiding ini merupakan dokumentasi kegiatan Semiloka tentang Status Riset dan Pengajaran Hutan dan Perubahan Iklim dan Pengembangan Jejaring Kerja Perguruan Tinggi, Lembaga Penelitian dan Lembaga Pendidikan terkait Bidang Hutan dan Perubahan Iklim di Region Sumatera yang telah dilaksanakan di Bengkulu pada tanggal 19-20 September 2013.

Atas terselenggaranya Semiloka serta tersusunnya prosiding ini, kami mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah memberikan kontribusinya.

Semoga prosiding ini bermanfaat.

Jakarta, September 2013

Kepala Pusat Standardisasi dan Lingkungan,



Dr. Ir. Nur Masripatin, M.For.Sc.



Daftar Isi

| | |
|--|-----|
| Kata Pengantar..... | iii |
| Daftar Isi | v |
| Daftar Singkatan dan Istilah..... | vii |
| BAB I. PENDAHULUAN | 1 |
| BAB II. PEMBUKAAN | 3 |
| BAB III. SEMINAR STATUS RISET DAN PENGAJARAN HUTAN DAN PERUBAHAN IKLIM | 7 |
| BAB IV. WORKSHOP PENGEMBANGAN JEJARING PERGURUAN TINGGI LEMBAGA PENELITIAN DAN LEMBAGA PENDIDIKAN TERKAIT BIDANG HUTAN DAN PERUBAHAN IKLIM | 103 |
| BAB V. RUMUSAN HASIL SEMILOKA | 115 |
| LAMPIRAN | |



Daftar Singkatan dan Istilah

| | |
|---------|---|
| BAU | : <i>Business as Usual</i> |
| CBFM | : <i>Community-Based Forest Management</i> |
| COP | : <i>Conference of the Parties</i> |
| DA | : <i>Demonstration Activities</i> |
| DIKTI | : Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi |
| FCPF | : <i>Forest Carbon Partnership Facility</i> |
| FGD | : <i>Focus Group Discussion</i> |
| GRK | : Gas Rumah Kaca |
| IPCC | : <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> |
| LULUCF | : <i>Land Use, Land Use Change, and Forestry</i> |
| MRV | : <i>Measuring/Monitoring, Reporting and Verifying</i> |
| NFMS | : <i>National Forest Monitoring System</i> |
| RAD-GRK | : Rencana Aksi Daerah – Gas Rumah Kaca |
| RAN-GRK | : Rencana Aksi Nasional – Gas Rumah Kaca |
| REDD+ | : <i>Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation, Role of Conservation, Sustainable Management of Forest and Enhancement of Forest Carbon Stocks</i> |
| REL/RL | : <i>Reference Emission Level/ Reference Level</i> |
| SRAP | : Strategi dan Rencana Aksi Provinsi |
| SIS | : Sistem Informasi <i>Safeguards</i> |
| STRANAS | : Strategi Nasional |
| UNFCCC | : <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i> |

Bab I

Pendahuluan

Perubahan iklim merupakan permasalahan global yang sangat tergantung kepada upaya lokal, nasional dan internasional dan memiliki latar belakang keilmuan (*science*) yang kuat. Penanganan perubahan iklim pada perkembangannya menggabungkan antara aspek *scientific* dengan aspek politis, ekonomi dan sosial, yang semuanya saling terkait dan tidak dapat dipisahkan satu sama lain. Peran “*scientific community*” di dalam penanganan isu perubahan iklim, termasuk komitmen REDD+ perlu ditingkatkan untuk mewujudkan dukungan “*science*” yang memadai baik di tingkat internasional, nasional, maupun sub lokal; juga guna berkontribusi pada aspek riset, pendidikan, *public awareness* dan *capacity building* lainnya terkait isu perubahan iklim termasuk komitmen REDD+.

Region Sumatera memiliki berbagai perguruan tinggi dan lembaga penelitian yang potensial untuk menghasilkan dukungan *scientific* bagi upaya penanganan isu perubahan iklim, baik di tingkat lokal, nasional maupun internasional. Potensi ini perlu dibina dan ditingkatkan, antara lain melalui program “*capacity building*” serta pembentukan jejaring kerja (*network*). Mengambil langkah yang sama dalam memfasilitasi peningkatan kapasitas SDM dan penguatan institusi Perguruan Tinggi dan Lembaga Penelitian di region lain, Pusat Standardisasi dan Lingkungan Kementerian Kehutanan dibawah kerangka *Forest Carbon Partnership Facility* (FCPF) memfasilitasi Region Sumatera dengan menyelenggarakan Semiloka tentang Status Riset dan Pengajaran Hutan dan Perubahan Iklim, serta Pengembangan Jejaring Kerja Universitas dan Lembaga Penelitian terkait Bidang Hutan dan Perubahan Iklim di Region Sumatera yang berlangsung selama 2 hari, yaitu pada tanggal 19 September 2013 bertempat di Gedung Rektorat Universitas Negeri Bengkulu dan pada tanggal 20 September 2013 bertempat di Hotel Santika Bengkulu. Kegiatan tersebut diikuti oleh 58 (lima puluh

delapan) orang peserta yang merupakan perwakilan dari berbagai Universitas, Lembaga Penelitian dan Lembaga Pendidikan yang terkait dengan hutan, lahan dan perubahan iklim di wilayah Sumatera.

Dari penyelenggaraan Semiloka ini telah terinisiasi pembentukan jejaring kerja perguruan tinggi, lembaga penelitian dan lembaga pendidikan terkait hutan dan perubahan iklim di Region Sumatera. Jejaring kerja ini bersifat independen dan bertugas sebagai tempat untuk *sharing knowledge* di antara anggota, sumber informasi yang bersifat ilmiah bagi pemerintah, negosiator, praktisi maupun anggota jejaring sendiri serta memberikan dukungan secara *scientific* kepada pengambil kebijakan dan negosiator. Jejaring ini juga akan berperan aktif dalam peningkatan kapasitas dan *awareness* terkait dengan isu hutan dan perubahan iklim kepada seluruh lapisan masyarakat dan generasi penerus pada khususnya. Selain itu, jejaring ini tidak bertujuan untuk menghilangkan program-program yang telah ada ataupun mengambil alih, akan tetapi berfungsi untuk menguatkan berbagai program yang telah ada. Terbentuknya jejaring di Region Sumatra merupakan rangkaian dari pembentukan jejaring kerja yang sama di region lain. Diharapkan jejaring-jejaring di tingkat region akan bergabung di tingkat nasional agar lebih berdaya guna dan berhasil guna, serta memiliki tempat yang cukup kuat tanpa tidak menghilangkan kekhasan dari masing-masing region.

Bab II

Pembukaan

2.1. Laporan Panitia Penyelenggara

Oleh: Dr. Enggar Apriyanto (Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian - Universitas Negeri Bengkulu)

Kegiatan Semiloka tentang Status Riset dan Pengajaran Hutan dan Perubahan Iklim dan Pengembangan Jejaring Kerja Perguruan Tinggi, Lembaga Penelitian dan Lembaga Penelitian dan Lembaga Diklat di Region Sumatera ini dilaksanakan selama 2 (dua) hari; hari pertama bertempat di Universitas Bengkulu dan hari kedua bertempat di Hotel Santika, Bengkulu. Peserta kegiatan ini berjumlah sekitar 80 (delapan puluh) orang yang terdiri dari perwakilan dari universitas-universitas di Sumatera yang terkait dengan hutan, lahan dan perubahan iklim; lembaga penelitian di lingkup hutan, lahan dan perubahan iklim; dan lembaga pendidikan dan latihan kehutanan di Sumatera.

Kegiatan ini ditujukan untuk membentuk jaringan kerjasama antara perguruan tinggi, lembaga penelitian dan lembaga diklat di bidang terkait hutan, lahan dan perubahan iklim di wilayah Pulau Sumatera. Diharapkan jejaring kerja region Sumatera dapat terbentuk seperti halnya yang telah terbentuk di Region Kalimantan-Sulawesi-Maluku-Papua dan di Region Bali-Nusa Tenggara.

Universitas Negeri Bengkulu mengucapkan terima kasih kepada Pusat Standardisasi dan Lingkungan – Kementerian Kehutanan, yang di bawah kerangka *Forest Carbon Partnership Facility (FCPF)* berkenan untuk menginisiasi dan memfasilitasi pertemuan ini. Atas nama panitia daerah kami mohon maaf jika ada hal-hal yang kurang berkenan.

2.2. Sambutan dan Pembukaan Rektor Universitas Negeri Bengkulu

Oleh: Prof. Zainal Mukhtar, Ph.D.

Perubahan iklim adalah sebuah isu yang menarik baik bagi masyarakat lokal maupun dunia internasional. Perubahan iklim menimbulkan berbagai dampak bagi masyarakat. Sudah menjadi tugas kita bersama untuk berusaha memperbaiki kondisi tersebut dan mencari solusi atas dampak-dampak yang telah terjadi. Isu lain yang menjadi perhatian kita bersama adalah kerusakan hutan yang masih terjadi di Indonesia. Terkait hal ini kita juga memiliki peranan untuk memperbaikinya.

Kita harus memiliki tekad bersama untuk berperan mengatasi berbagai persoalan yang terjadi. Peneliti di Perguruan Tinggi maupun di Badan Penelitian dan Pengembangan dapat berperan dengan memberikan masukan maupun konsep-konsep terkait dengan perubahan iklim baik yang terkait dengan perubahan iklim maupun CDM.

Peran perguruan tinggi, Lembaga Penelitian maupun Lembaga Pendidikan dan Latihan akan lebih efektif jika bekerja bersama-sama. Maka pembentukan jejaring kerja ini menjadi sangat penting. Adanya network ini diharapkan meningkatkan efektifitas peran Perguruan Tinggi, Lembaga Penelitian maupun Lembaga Pendidikan dan Pelatihan dalam berperan serta di dalam upaya penanganan perubahan iklim di Indonesia, khususnya di Sumatera. Dengan demikian selain dapat memberikan masukan kepada para pengambil kebijakan, juga dapat memperbaiki citra Indonesia di mata dunia internasional yang dibuktikan adanya upaya-upaya positif Indonesia dalam mengelola hutan dan lingkungan.

Terkait dengan jejaring kerja yang akan terbentuk di Region Sumatera, Universitas Negeri Bengkulu bersedia untuk menjadi *homebase* atau Sekretariat. Selain itu Universitas Negeri Bengkulu juga berkomitmen untuk berperan serta secara aktif dalam jejaring kerja ini.

2.3. Pengantar : Hutan dan Perubahan Iklim: status negosiasi, peluang dan tantangan bagi Indonesia

Oleh: Dr. Ir. Nur Masripatin, M.For.Sc (Pusat Standardisasi dan Lingkungan, Kementerian Kehutanan)

Isu kehutanan yang dinegosiasikan dalam UNFCCC antara lain terkait dengan REDD+, CDM aforestasi dan reforestasi, aktivisasi tambahan untuk CDM kehutanan dalam proses negosiasi, LULUCF di bawah UNFCCC, LULUCF/AFOLU di bawah

Kyoto Protocol dan bagian dari NAMAs. Adanya penyederhanaan prosedur A/R CDM yang memungkinkan adanya *additional activities* mendorong munculnya inisiatif A/R CDM yang baru.

Negosiasi REDD+ dilakukan sejak COP 11 di Montreal hingga yang terakhir COP 18 di Doha. Hal-hal yang dinegosiasikan antara lain tata cara pelaksanaan beberapa perangkat REDD+ seperti Stranas, REL/RL, MRV dan SIS. Meskipun ada *guidance* internasional, akan tetapi ada keleluasaan untuk disesuaikan dengan kondisi masing-masing negara. Hal lain yang didiskusikan adalah penanganan penyebab deforestasi dan degradasi dan metode penyampaian angka serapan karbon serta masalah knansial. Sedangkan metode untuk MRV hingga kini masih terus dinegosiasikan. Selain REDD+, negosiasi terkait CDM juga terus berjalan. Sebelumnya CDM hanya terbatas pada aforestasi dan reforestasi akan tetapi ada usulan penambahan kegiatan terkait CDM. Tambahan kegiatan CDM di bidang kehutanan saat ini masih terus dinegosiasikan, sehingga mengharuskan metodologi CDM kembali di review.

Indonesia melihat REDD+ sebagai peluang besar bagi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Hal ini mengundang konsekuensi Indonesia untuk menyiapkan perangkat, baik kebijakan maupun teknis-metodologis dan *enabling condition*. Adanya usulan *additional activities* di dalam CDM juga membuka peluang Indonesia untuk aktif dalam inisiasi proyek-proyek CDM. Akan tetapi usulan *additional activities* harus disertai dengan alasan maupun metode yang ilmiah dalam submisi yang akan diserahkan ke Sekretariat UNFCCC. Selain itu Indonesia juga masih menghadapi tantangan terkait dengan konsistensi REDD+, RAN/RAD GRK, CDM Kehutanan, NAMAs dan kebijakan nasional terkait, serta integrasinya ke dalam “Pembangunan rendah emisi dan resilien terhadap perubahan iklim (*Low Emission and Climate Resilient Development*)”.

Pada COP 19 dibahas isu-isu krusial terkait dengan sektor kehutanan. LULUCF ditingkat global juga menjadi isu yang krusial ketika negara maju sudah sampai pada “*net-sink*” sedangkan negara berkembang masih pada posisi “*net-source/emitter*”. Perundingan dibawah ADP juga membawa konsekuensi tersendiri karena sekarang baik negara maju maupun negara berkembang bernegosiasi dalam satu *platform*. Negosiasi-negosiasi yang dilakukan sangat bersifat ilmiah sehingga dukungan dari para *scientist* sangat dibutuhkan.

Lembaga ilmiah dalam hal ini lembaga riset dapat memberikan dukungan *science*, baik untuk keperluan negosiasi maupun untuk implementasi karena pada dasarnya perubahan iklim adalah multidisiplin. Selain itu lembaga ilmiah juga mempunyai

peran yang sangat penting untuk *awareness raising* dan *capacity building* serta menyiapkan generasi penerus yang nantinya akan berperan dalam berbagai pengambilan keputusan. Hal ini menjadi penting karena perubahan iklim memiliki jangka waktu yang panjang. Akan tetapi sekarang yang terjadi adalah adanya *missing link* antara yang dinegosiasikan di tingkat internasional dan apa yang dilakukan di tingkat nasional dan lokal; dan ada *missing link* antara apa yang dikerjakan oleh akademisi, penentu kebijakan, praktisi dan komunitas. *Missing link* ini harus segera ditemukan jalan keluarnya.

Bab III

Seminar Status Riset dan Pengajaran Hutan dan Perubahan Iklim

3.1. SESI I

3.1.1. Model Pendugaan Cadangan Biomassa Hutan Tropis Basah di PT. Salaki Summa Sejahtera Kabupaten Kepulauan Mentawai

Oleh: Baroroh Wista Anggraeni, Zulmardi, Tri Atmojo (Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat)

ABSTRAK

Informasi cadangan karbon dalam biomassa hutan penting untuk menentukan strategi pengelolaan hutan lestari, baik dalam rangka untuk manajemen eksploitasi kayu secara komersial maupun siklus karbon global di berbagai penggunaan lahan. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun model persamaan allometrik pendugaan kandungan biomassa di Pulau Siberut. Penelitian dilakukan di areal IUPHHK PT. Salaki Summa Sejahtera, Kabupaten Kepulauan Mentawai. Pengukuran pohon sampel dilakukan pada 30 pohon dari 12 jenis pohon. Teknik pengukuran sampel pohon dilakukan secara destruktif. Analisis laboratorium dilakukan di laboratorium dasar Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. Model persamaan allometrik untuk pendugaan cadangan biomassa total pada ekosistem Pulau Siberut di PT. SSS adalah $\ln WT = -1,988 + 2,459 \ln D$ dengan nilai *adjusted* R^2 adalah 0,935

Kata kunci : model allometrik, biomassa, Pulau Siberut

PENDAHULUAN

Hutan tropis direkomendasikan di seluruh dunia karena biodiversitasnya yang tinggi, perannya dalam mencegah banjir, konservasi tanah, penyimpanan cadangan karbon, dan pengaruhnya terhadap iklim (Laurance, 1999). Peran penting hutan yang seharusnya berfungsi sebagai penyimpan (*storage*) dan penyerap (*sink*) karbon bisa berubah menjadi salah satu sumber penghasil emisi CO₂ di atmosfer. Berdasarkan *base-year* 2000, sektor kehutanan menyumbang 48% emisi GRK nasional tertinggi daripada sektor lain (Anonim, 2010). Emisi ini pada umumnya berasal dari deforestasi, degradasi, dan kebakaran hutan termasuk lahan gambut. Sehingga untuk kepentingan apapun, fungsi utama hutan sebagai penyangga ekosistem harus tetap dijaga, termasuk di dalam pemanfaatan hutan sebagai karbon *sink*.

Secara akumulatif, penggunaan bahan bakar fosil dan perubahan penggunaan lahan dari hutan ke sistem lainnya memberikan sumbangan sekitar setengah dari emisi CO₂ ke atmosfer yang disebabkan oleh manusia. Deforestasi dan degradasi hutan berkontribusi sebesar kurang lebih 18% dari emisi global yang 75% nya berasal dari negara-negara berkembang (Anonim, 2010). Deforestasi tersebut berdampak salah satunya pada semakin menurunnya daya dukung hutan tropis dalam mempertahankan sistem ekologi. Perubahan iklim juga mengancam keberadaan hutan tropis dan daya dukungnya di Indonesia tidak terkecuali juga kawasan hutan tropis di wilayah Sumatera Barat. Hal ini terlihat dari pasokan kayu hutan alam semakin berkurang, 2005 produksi kayu bulat Sumatera Barat sebesar ± 257.287 m³ dan 2009 menjadi 82.183,04 m³ (Anonim, 2011).

Lokasi geografis Pulau Siberut (dengan luas 403.000 Ha) berada di gugusan kepulauan Mentawai, Sumatera Barat. Luasan ini adalah terbesar di antara pulau-pulau besar lain di Kepulauan Mentawai, yaitu Sipora, Sikakap dan Siberut. Penelitian Atmojo (2007) menyebutkan bahwa Siberut adalah pulau kecil dengan tingkat insularitas morfologis tinggi yang menyebabkan tingginya insularitas biologis, kultural, ekonomi. Di sisi lain, klaim negara menyebutkan bahwa di dalam Pulau Siberut terdapat penggunaan kawasan sebagai hutan produksi, hutan produksi terbatas, hutan konversi, areal penggunaan lain dan taman nasional. Bahkan dalam skala internasional di dalamnya terdapat cagar biosfer. Latar belakang keruangan ini menyebabkan informasi cadangan biomassa dan karbon hutan sangat diperlukan pada kawasan dengan berbagai macam penggunaan lahan dan ekosistem yang unik seperti di Pulau Siberut tersebut.

Pendugaan cadangan biomassa menjadi aspek penting untuk mengetahui tingkat produktivitas hutan di Pulau Siberut. Informasi cadangan biomassa dan karbon hutan penting untuk menentukan strategi pengelolaan hutan lestari di dalam ekosistem pulau dengan berbagai kepentingan penggunaan lahan, baik dalam rangka untuk manajemen eksploitasi kayu secara komersial, maupun siklus karbon global di berbagai penggunaan lahan termasuk taman nasional. Chave *et al.* (2004) memaparkan bahwa kesalahan dalam melakukan estimasi biomassa antara lain terjadi dalam pengukuran dan pemilihan model. Pendugaan cadangan biomassa di Pulau Siberut sudah pernah dilakukan oleh Bismark *et al.* (2008) menggunakan model Brown *et al.* (1989).

Model pendugaan cadangan biomassa untuk ekosistem Pulau Siberut memang belum pernah dilakukan; oleh karena itu penelitian untuk menyusun model yang tepat untuk pendugaan biomassa menjadi penting untuk dilakukan karena kondisi ekosistem kepulauan yang spesifik. Penelitian ini bertujuan untuk menyusun model persamaan allometrik pendugaan cadangan biomassa hutan tropis di PT Salaki Summa Sejahtera sebagai representasi dari ekosistem Pulau Siberut.

TINJAUAN PUSTAKA

Persamaan allometrik sudah dikembangkan dengan melakukan penebangan beberapa pohon hutan (Brown, 1997; Chave *et al.*, 2005; Basuki *et al.*, 2009). Model-model allometrik dari beberapa penelitian yang sudah ada di beberapa wilayah Indonesia tercantum dalam Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Model allometrik di beberapa ekosistem hutan di Indonesia

| No. | Model Allometrik | Lokasi Penelitian | Jenis Penyusun Tegakan | Penyusun |
|-----|--|----------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| 1. | $W_s = 0,02903(D^2H)^{0,9813}$ $W_b = 0,1192W_s^{1,059}$ $W_r = 0,09146(W_s + W_b)^{0,7266}$ $\ln Wag = 2,62 \times \ln D - 2,30$ | Kaltim | campuran | Yamakura <i>et al.</i> , 1986 |
| 2. | $Wag = 0,118 D^{2,53}$ | Kalimantan dan hutan tropis lain | campuran | Brown, 1997 |
| 3. | $\ln Wag = 2,59 \times \ln D - 2,75$ | Jambi | campuran | Ketterings <i>et al.</i> , 2001 |
| 4. | $\ln Wag = 2,44 \times \ln D - 2,51$ | Kaltim | campuran | Hashimoto <i>et al.</i> , 2004 |

| | | | | |
|----|--|--------------------------|------------------|-----------------------------|
| 5. | $Wag = \rho \times \exp(-1,239 + 1,980 \ln(D) + 0,207 (\ln(D))^2 - 0,0281 (\ln(D))^3)$ | Hutan tropis basah dunia | campuran | Chave <i>et al.</i> , 2005 |
| 6. | $Wag = 0,2902 D^{2,313}$ | Kaltim | campuran | Samalca, 2007 |
| 7. | $Wag = 0,095(\rho D^2 H)^{0,933}$ | Papua Nugini | campuran | Abe, 2007 |
| 8. | $\ln Wag = -1,201 + 2,196 \ln D$ | Kaltim | Dipterocarpaceae | Basuki <i>et al.</i> , 2009 |
| 9. | $\ln Ws = -3,285 + 2,612 \ln D$ $\ln Wb = -0,881 + 0,976 \ln Ws$ $\ln Wl = -3,217 + 2,057 \ln D - 0,018 \ln D^3$ $\ln Wr = -3,049 + 0,54 \ln \rho + 2,288 \ln D$ $\ln Wag = -3,408 + 2,708 \ln Dpkl$ $\ln W = -2,246 + 2,482 \ln D$ | Kalteng | campuran | Anggraeni, 2011 |

Keterangan Tabel :

W = Biomasa Total

Ws= Biomassa Batang

Wb= Biomassa Cabang

Wl= Biomassa Daun

Wag= Ws+Wb+Wl

Wr= Biomassa Akar

ρ = Kerapatan kayu

a,b= koefisien regresi

Ln = Logaritma natural

D = Dbh

Dpkl= Diameter Pangkal

H = Tinggi Pohon

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Pengambilan data dan bahan baku untuk penelitian ini dilaksanakan di areal hutan yang dibebani ijin konsensi Ijin Usaha Pengelolaan Hasil Hutan Kayu (IUPHHK) PT Salaki Summa Sejahtera di bagian Utara Pulau Siberut, Kabupaten Kepulauan Mentawai untuk pengambilan sampel dari *destructive sampling*. Analisis laboratorium dilaksanakan di Laboratorium Pengeringan Kayu Fakultas Kehutanan Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, yaitu pada pengujian sampel kayu. Penelitian ini dilaksanakan yaitu dari bulan Maret 2012 sampai dengan bulan November 2012.

Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dilakukan melalui 2 tahap. Tahap pertama adalah pemanenan atau *destructive* pohon-pohon sampel dan tahap kedua adalah pengujian

di laboratorium. Pada tahap pertama, pemilihan pohon sampel yang ditebang dilakukan secara *purposive*. Jumlah pohon yang diperbolehkan ditebang 30 pohon sampel. Metode yang digunakan untuk mengetahui kandungan biomassa pohon adalah melalui pendekatan berat kayu atau organ pohon pada penebangan pohon secara destruktif. Pengukuran biomassa melalui pengukuran langsung di lokasi penelitian dengan menimbang berat basah sampel (BS) dan berat basah total (BBS) masing-masing organ tanaman.

Pada tahap kedua, di laboratorium dilakukan pengujian kandungan biomassa dan karbon untuk tiap-tiap sampel batang, cabang dan ranting, daun, dan akar. Pengukuran biomassa pada prinsipnya dilakukan dengan menimbang berat basah total untuk satu batang pohon selanjutnya diambil sampelnya untuk diukur berat basah sampel dan berat kering sampel. Tahap pengujian biomassa di laboratorium adalah melakukan pengeringan semua sampel dengan cara pengovenan pada suhu $103 \pm 2^\circ\text{C}$ sampai diperoleh berat kering tanur yaitu setelah beberapa kali penimbangan diperoleh nilai berat kering konstan (BK).

Kandungan biomassa tiap organ pohon, yaitu batang, cabang dan ranting, daun, dan akarnya menurut Jarayaman (1999) dalam Samalca (2007) adalah :

$$B = \frac{BK}{BS} \times BBS$$

Biomassa total pohon bisa diketahui setelah seluruh biomassa tiap organ pohon dijumlahkan. Biomassa total/ total weight (Wt) adalah :

$$Wt = W_s + W_b + W_L + W_r$$

Model Pendugaan Cadangan Biomassa

Beberapa model persamaan allometrik diajukan untuk dipilih model terbaik untuk memprediksi biomassa total (Y) maupun biomassa tiap bagian pohon berdasarkan dbh (D), tinggi total (H), dan kerapatan kayu (WD) sebagai parameter penduganya. Pilihan model (Yamakura *et al.*, 1986; Chave *et al.*, 2005; Abe, 2007; Basuki *et al.*, 2009; Kenzo *et al.*, 2009a; Kenzo *et al.*, 2009b; Niiyama *et al.*, 2010; Ribeiro *et al.*; 2011) diujikan untuk memprediksi biomassa di atas permukaan dan

di bawah permukaan. Kriteria untuk pemilihan model yang sesuai didasarkan pada (Ghozali, 2009) yaitu : koefisien determinasi (R^2), uji f, uji t, uji multikolinieritas, uji autokorelasi, uji heteroskedastisitas, dan uji normalitas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyusunan model allometrik dari sampel yang terbatas (*Chave et al.*, 2004) dipilih dari 30 pohon sampel dari 12 jenis pohon. Data sebaran jenis, diameter setinggi dada, dan total tinggi pohon sampel dari pengukuran lapangan disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data sebaran jenis, diameter setinggi dada dan tinggi total pohon sampel penelitian penyusunan model pendugaan cadangan biomassa hutan tropis pada ekosistem Pulau Siberut

| No | Jenis | DBH (cm) | Tinggi Total (m) |
|----|--|----------|------------------|
| 1 | <i>Abarema clypearia</i> (Jack.) Kosterm | 5,22 | 8,43 |
| 2 | <i>Endospermum diadenum</i> A. Shaw | 18,50 | 12,87 |
| 3 | <i>Shorea pauciflora</i> King | 12,54 | 9,84 |
| 4 | <i>Dipterocarpus sublamellatus</i> Foxw. | 34,00 | 27,20 |
| 5 | <i>Hydnocarpus merrillianus</i> Sleum. | 43,00 | 32,00 |
| 6 | <i>Dipterocarpus elongatus</i> Korth. | 62,00 | 40,10 |
| 7 | <i>Glochidion capitatum</i> J.J.S. | 2,53 | 5,62 |
| 8 | <i>Dipterocarpus elongatus</i> Korth. | 10,52 | 10,32 |
| 9 | Dudure | 16,50 | 23,30 |
| 10 | <i>Cleistanthus</i> sp. | 10,50 | 8,20 |
| 11 | <i>Dipterocarpus elongatus</i> Korth. | 30,10 | 26,80 |
| 12 | <i>Dipterocarpus sublamellatus</i> Foxw. | 28,10 | 21,10 |
| 13 | <i>Dipterocarpus sublamellatus</i> Foxw. | 43,40 | 33,70 |
| 14 | <i>Antidesma tetandrum</i> Blume. | 35,10 | 28,90 |
| 15 | <i>Antidesma tetandrum</i> Blume. | 45,40 | 33,20 |
| 16 | <i>Antidesma tetandrum</i> Blume. | 48,40 | 34,80 |
| 17 | <i>Litsea brachystachya</i> Boerl. | 29,80 | 26,50 |
| 18 | <i>Evodia latifolia</i> Dc. | 27,20 | 20,65 |
| 19 | <i>Antidesma tetandrum</i> Blume. | 32,40 | 26,90 |
| 20 | <i>Dipterocarpus sublamellatus</i> Foxw. | 91,50 | 52,60 |

| | | | |
|----|--|--------|-------|
| 21 | <i>Dipterocarpus sublamellatus</i> Foxw. | 67,20 | 47,20 |
| 22 | <i>Dipterocarpus sublamellatus</i> Foxw. | 60,00 | 41,70 |
| 23 | <i>Dipterocarpus sublamellatus</i> Foxw. | 75,10 | 49,43 |
| 24 | <i>Dipterocarpus sublamellatus</i> Foxw. | 83,00 | 47,55 |
| 25 | <i>Dipterocarpus elongatus</i> Korth. | 95,60 | 54,60 |
| 26 | <i>Dipterocarpus elongatus</i> Korth. | 110,70 | 61,84 |
| 27 | <i>Dipterocarpus elongatus</i> Korth. | 55,40 | 39,50 |
| 28 | <i>Dipterocarpus elongatus</i> Korth. | 48,50 | 33,62 |
| 29 | <i>Dipterocarpus elongatus</i> Korth. | 53,30 | 32,55 |
| 30 | <i>Dipterocarpus elongatus</i> Korth. | 77,40 | 49,84 |

Dalam pembuatan model untuk pendugaan biomassa hutan tropis pada ekosistem Pulau Siberut, pengambilan sampel penelitian dilaksanakan di PT. Salaki Summa Sejahtera. Secara umum, model yang disebut persamaan allometrik berupa persamaan regresi disusun berdasarkan hasil analisa data dari penebangan 30 pohon. Dalam 1 hektar hutan hujan tropis terdiri lebih dari 300 spesies pohon (Oliveira dan Mori, 1999; dalam Chave *et al.*, 2005), maka dalam penelitian ini tidak dibuat spesikk model untuk tiap jenis pohon. Untuk keperluan penyusunan model allometrik memang dari sampel yang terbatas (Chave *et al.*, 2004); oleh karena itu pohon-pohon tersebut dipilih berdasarkan jenisnya yang dianggap mewakili kondisi ekosistem hutan tropis Pulau Siberut.

Tabel 3. Hasil penghitungan biomassa pohon sampel penelitian penyusunan persamaan allometrik untuk pendugaan cadangan biomassa hutan tropis pada ekosistem Pulau Siberut

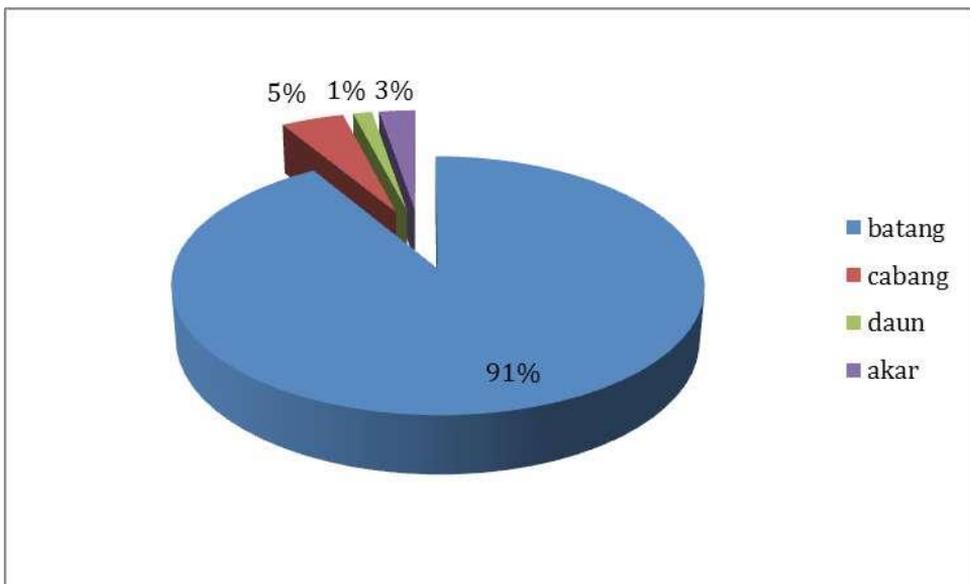
| No Pohon | Biomassa (Kg) | | | |
|----------|---------------|--------|-------|--------|
| | Batang | Cabang | Daun | Akar |
| 1 | 4,60 | 0,84 | 0,99 | 0,63 |
| 2 | 145,94 | 16,17 | 8,58 | 13,00 |
| 3 | 26,02 | 8,25 | 3,80 | 5,08 |
| 4 | 914,82 | 29,28 | 15,54 | 71,19 |
| 5 | 1.915,26 | 50,44 | 30,29 | 104,93 |
| 6 | 2.834,52 | 51,00 | 29,12 | 566,73 |
| 7 | 1,05 | 0,38 | 0,74 | 0,44 |

| | | | | |
|----|-----------|--------|--------|--------|
| 8 | 42,31 | 7,96 | 5,53 | 29,26 |
| 9 | 166,26 | 11,12 | 4,67 | 38,42 |
| 10 | 30,43 | 12,30 | 4,74 | 9,77 |
| 11 | 409,82 | 11,80 | 10,76 | 56,18 |
| 12 | 404,60 | 20,12 | 24,04 | 39,67 |
| 13 | 602,14 | 28,34 | 28,68 | 51,46 |
| 14 | 326,36 | 12,12 | 14,96 | 35,07 |
| 15 | 423,59 | 67,22 | 28,06 | 41,75 |
| 16 | 410,81 | 67,96 | 30,16 | 64,29 |
| 17 | 195,04 | 28,15 | 16,10 | 36,03 |
| 18 | 189,30 | 26,14 | 13,33 | 22,17 |
| 19 | 427,64 | 30,57 | 17,99 | 53,26 |
| 20 | 12.770,93 | 493,85 | 148,95 | 126,78 |
| 21 | 4121,19 | 238,21 | 42,81 | 146,25 |
| 22 | 3870,46 | 234,08 | 38,57 | 156,66 |
| 23 | 8537,72 | 416,25 | 82,85 | 139,33 |
| 24 | 11.708,65 | 528,43 | 130,95 | 131,07 |
| 25 | 16.953,30 | 630,64 | 215,70 | 133,08 |
| 26 | 15.093,58 | 966,47 | 391,63 | 463,07 |
| 27 | 4.252,33 | 330,62 | 48,15 | 111,89 |
| 28 | 612,46 | 101,98 | 42,08 | 109,40 |
| 29 | 3.725,88 | 271,85 | 37,09 | 105,91 |
| 30 | 10.841,76 | 417,39 | 82,87 | 78,61 |

Pohon-pohon sampel secara keseluruhan terdiri dari 12 jenis. Pertimbangan pemilihannya berdasarkan kriteria fisik pohon yang sehat tidak cacat, variasi jenis dan diameter serta yang terpenting adalah diperkenankan oleh pihak PT. Salaki Summa Sejahtera (PT. SSS) untuk ditebang dijadikan sebagai sampel penelitian. Pengukuran variabel pertumbuhan pohon dilakukan pada saat penebangan untuk seluruh pohon sampel berupa diameter pangkal pohon, DBH, diameter TBBC, diameter tiap segmen pengukuran, tinggi total dan TBBC. Pengukuran biomassa kayu dilakukan di laboratorium.

Pengukuran biomassa dilakukan terhadap seluruh bagian pohon yang terdiri dari biomassa di atas permukaan (*above ground biomass*) dan di bawah permukaan tanah (*below ground biomass*). *Above ground biomass* terdiri dari biomassa batang, cabang, dan daun (Tabel 3). Sedangkan *below ground biomass* meliputi biomassa akar. Biomassa tanah, seresah, dan tumbuhan bawah tidak termasuk dalam penelitian ini.

Distribusi biomassa pada tiap organ pohon berbeda-beda. Komposisi terbesar pada organ batang, yaitu 91%. Berturut-turut distribusi biomassa setelah batang adalah cabang, akar dan daun adalah 5%, 3%, dan 1%. Distribusi biomassa selengkapnya disajikan dalam grakk **Gambar 1**.



Gambar 1. Distribusi biomassa dalam organ pohon hasil penelitian penyusunan persamaan allometrik untuk pendugaan cadangan biomassa hutan tropis pada ekosistem Pulau Siberut

Data kandungan biomassa total dan distribusinya pada tiap organ pohon digunakan sebagai variabel terikat dalam penyusunan model. Sedangkan diameter, dan tinggi pohon digunakan sebagai faktor penduga. Dalam proses penyusunan model pendugaan biomassa, diameter setinggi dada (D) dan, tinggi pohon total (H), digunakan sebagai faktor penduga untuk memprediksi kandungan biomassa total (Y) maupun biomassa tiap organ pohon. Pilihan model regresi diajukan supaya bisa dipilih model terbaik

untuk pendugaan kandungan biomassa. Pilihan model disusun berdasarkan Yamakura *et al.*, 1986; Chave *et al.*, 2005; Abe, 2007; Basuki *et al.*, 2009; Kenzo *et al.*, 2009; Niiyama *et al.*, 2010; Ribeiro *et al.*; 2011 untuk selanjutnya diujikan dalam memprediksi biomassa di atas permukaan dan atau biomassa di bawah permukaan untuk dipilih model yang tepat.

Dalam menyusun model persamaan allometrik, dicobakan model linier terlebih dahulu, untuk melihat homoskedastisitasnya. Apabila tidak memenuhinya, melinierkan model dengan melakukan transformasi menggunakan logaritmik natural. Transformasi ini dimaksudkan untuk mengurangi bias yang sistematis (Chave *et al.*, 2005).

Kriteria yang perlu diperhatikan dalam penyusunan model pendugaan kandungan biomassa adalah tingkat kepraktisan model atau fungsional model. Semakin banyak parameter pohon sebagai variabel penduga, model semakin tinggi koefisien determinasinya. Akan tetapi koefisien determinasi bukan satu-satunya parameter ketepatan model dalam menduga kandungan biomassa dan karbon. Dalam pemilihan model pendugaan biomassa berdasarkan model regresi linier klasik selain koefisien determinasi, uji signifikansi simultan, dan uji signifikansi parameter individu (Ghozali, 2009) menyebutkan adanya asumsi tidak ada multikolinieritas, homoskedastisitas, tidak ada autokorelasi, dan normalitas.

Dalam proses penyusunan model ditemukan hubungan yang erat antara diameter dan tinggi pohon sesuai dengan yang dinyatakan Yamakura *et al.*(1986), sehingga kedua parameter pohon tersebut keduanya secara individu tidak bisa dijadikan sebagai prediktor secara bersamaan karena akan menyebabkan multikolinieritas dalam model yang diajukan. Persamaan tersebut dalam Tabel 4 berikut ini :

Tabel 4. Analisis hubungan antara diameter dan tinggi pohon sampel penelitian penyusunan persamaan allometrik untuk pendugaan cadangan biomassa hutan tropis pada ekosistem Pulau Siberut

| Model | Persamaan | R ² | Adj R ² | SEE |
|-------|-------------------------------|----------------|--------------------|------|
| 1 | $H = 7,736 + 0,524 D$ | 0,978 | 0,956 | 3,25 |
| 2 | $\ln H = 0,824 + 0,698 \ln D$ | 0,972 | 0,945 | 0,15 |

Keterangan : Adj R² adalah *adjusted* R², SEE adalah standar error estimasi

Chave *et al.* (2004) menjelaskan bahwa kesalahan dalam melakukan estimasi biomassa diantaranya terjadi dalam pengukuran yang menyebabkan terjadinya kesalahan dalam menjaga kualitas data, pemilihan model allometrik yang kurang tepat menyebabkan nilai error meningkat dan mengurangi kualitas model. Model persamaan untuk pendugaan biomassa total dan biomassa tiap bagian pohon pada ekosistem Pulau Siberut di PT. SSS sebagai berikut :

- a. Biomassa batang : $\text{Ln } W_s = -2,962 + 2,664 \text{ Ln } D$
- b. Biomassa cabang : $\text{Ln } W_b = -3,317 + 2,040 \text{ Ln } D$
- c. Biomassa daun : $\text{Ln } W_l = -2,408 + 1,558 \text{ Ln } D$
- d. Biomassa akar : $\text{Ln } W_r = -1,969 + 1,647 \text{ Ln } D$
- e. Biomassa *above ground* : $\text{Ln } W_{ag} = -2,297 + 2,519 \text{ Ln } D$
- f. Biomassa total : $\text{Ln } W_T = -1,988 + 2,459 \text{ Ln } D$

Tabel 5. Hasil analisis model biomassa pohon sampel, nilai *Adjusted R²* dan nilai standar error estimasi hasil penelitian untuk model pendugaan cadangan biomassa hutan tropis pada ekosistem Pulau Siberut

| Model Biomassa | <i>Adjusted R²</i> | Standar Error Estimasi |
|-------------------|-------------------------------|------------------------|
| Batang | 0,939 | 0,599 |
| Cabang | 0,883 | 0,654 |
| Daun | 0,923 | 0,398 |
| Akar | 0,843 | 0,626 |
| Di atas permukaan | 0,936 | 0,583 |
| Total | 0,935 | 0,573 |

Selain kriteria R^2 , *adjusted R²*, dan standar error estimasi, pertimbangan teknis pemilihan model adalah dalam hal kepraktisan dan kemudahan memperoleh data variabel penduga dalam kawasan hutan juga dianggap penting untuk memilih model. Pertimbangan kemudahan dan kepraktisan memperoleh data lapangan yang didukung oleh model pendugaan biomassa yang tepat menjadi aspek penting dalam pengelolaan skala kawasan hutan pada tingkat landsekap.

Model regresi untuk pendugaan biomassa berguna untuk menaksir biomassa dan karbon pohon saat pohon masih berdiri (*standing stock*). Tegakan pohon yang masih berdiri dapat ditaksir kandungan biomassa atau karbonnya melalui pengukuran variabel pertumbuhan pohon, berupa : diameter batang, tinggi pohon dan variabel sifat fisik kayunya berupa kerapatan jenis, ataupun gabungan antara diameter batang, tinggi pohon, dan kerapatan jenis kayu, bisa berbentuk D^2H atau D^2HWD .

Model-model yang dipilih secara keseluruhan menggunakan variabel penduga diameter. Variabel tinggi menjadi pertimbangan terakhir untuk dimasukkan sebagai variabel penduga karena untuk memperoleh data tinggi secara langsung pada saat pohon masih berdiri atau pengukuran tinggi pohon di hutan tidak mudah, akan tinggi nilai bias pengukurannya. Kalaupun bisa diperoleh data tinggi pohon itu dari model persamaan hubungan diameter setinggi dada dengan tinggi pohon. Variabel tinggi sebagai penduga menjadi penting apabila model diaplikasikan untuk data yang diperoleh dari penginderaan jauh kawasan hutan.

Pengukuran tinggi pohon pada saat masih berdiri memang tidak mudah dilakukan. Berkebalikan dengan itu, pengukuran panjang pohon pada saat pohon sudah rebah menjadi mudah untuk dilakukan (Basuki *et al.*, 2009). Begitu juga panjang pohon pada titik tbbc dan diameter pada tbbc. Data yang mudah diperoleh pada saat pohon masih berdiri adalah dbh dan diameter pangkal.

Tinggi pohon dan dbh pada proses penyusunan model mempunyai kontribusi sama bagusnya terhadap model saat digabungkan sebagai penduga. Akan tetapi keduanya tidak bisa secara bersama-sama menjadi variabel penduga secara individu terhadap ketepatan model. Karena tinggi pohon dan dbh memberikan model yang tidak lolos uji multikolonieritas. Model yang telah disusun untuk ekosistem hutan tropis di Pulau Siberut memberikan hasil yang akurat untuk menaksir biomassa tegakan berdiri maupun tiap organ pohon. Hal ini dikarenakan karena nilai *adjusted* R^2 secara keseluruhan berkisar antara 0,843 sampai dengan 0,939. Nilai terendah diperoleh pada model untuk menduga biomassa akar yaitu. Sedangkan nilai *adjusted* R^2 tertinggi terdapat pada model untuk menduga biomassa batang.

Simpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah: Model allometrik $\ln Y = \ln a + b \ln X$ adalah model paling sesuai untuk pendugaan biomassa hutan tropis di PT SSS sebagai representasi ekosistem Pulau Siberut. Y_i adalah biomassa, sedangkan X_i adalah penduga, yaitu : D .

Ucapan Terima Kasih

Kami menyampaikan ucapan terima kasih kepada Dirjen Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat DIKTI atas Hibah Fundamental untuk penelitian ini dan Pimpinan PT Salaki Summa Sejahtera atas fasilitas yang diberikan selama pengukuran di lapangan.

Daftar Pustaka

- Abe, Hitofumi. 2007. *Forest Management Impacts on Growth, Diversity and Nutrient Cycling of Lowland Tropical Rainforest and plantations, Papua New Guinea*. Thesis for the degree of doctor of philosophy of the University of Western Australia School of Plant Biology
- Anggraeni, B.W., 2011. *Model Pendugaan Cadangan Biomassa dan Karbon Hutan Tropis Basah di PT Sari Bumi Kusuma Kalimantan Tengah*, Tesis Program Studi Ilmu Kehutanan UGM, Yogyakarta.
- Anonim. 2010. *Draft 1 Strategi Nasional REDD+*. BAPPENAS. Jakarta
- Anonim. 2011. *Rencana Strategis Pengelolaan Hutan Sumatera Barat*. Dishut Provinsi Sumbar
- Atmojo, Tri. 2007. *Kajian Kemitraan Konservasi di Daerah Penyangga TN Siberut*. Tesis Magister Perencanaan Kota dan Daerah. Pasca Sarjana UGM
- Basuki, T.M., P.E. Van Laake, A.K. Skidmore, Y.A. Hussin. 2009. *Allometric Equations for Estimating the Above-ground Biomass in Tropical Lowland Dipterocarp Forest*. *Forest Ecology and Management* 257 (2009), 1684-1694
- Bismark M., N.M. Heriyanto, Soka Iskandar. 2008. *Biomasa dan Kandungan Karbon pada Hutan Produksi di Cagar Biosfer Pulau Siberut, Sumatera Barat*. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* Vol. V No. 5 : 397-407
- Brown, S. 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest : a Primer*. FAO. Rome
- Chave J, Andalo C, Brown S, Cairns MA, Chambers JQ, Eamus D, Fölster FH, Fromard F, Higuchi N, Lescure JP, Nelson BW, Ogawa H, Puig H, Riera B, Yamakura T., 2005. *Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests*. *Oecologia* 145:87–99

- Ghozali, Imam. 2009. *Aplikasi Analisis Multivariate dengan Program SPSS* cetakan IV. Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Semarang
- Hashimoto T, Tange T, Masumori M, Yagi H, Sasaki S, Kojima K., 2004. *Allometric equations for pioneer tree species and estimation of the aboveground biomass of a tropical secondary forest in East Kalimantan*. *Tropics* 14:123–130
- Kenzo, Tanaka., Tomoaki Ichie, Daisuke Hattoric, Joseph Jawa Kendawang, Katsutoshi akurai, Ikuo Ninomiya. 2010. *Change in Above-and Belowground Biomass in Early Successional Tropical Secondary Forest After Shifting Cultivation in Sarawak, Malaysia*. *Forest Ecology and Management* 260(2010): 875-882
- Kenzo, Tanaka., Ryo Furutani Daisuke Hattori, Joseph Jawa Kendawang, Sota Tanaka, Katsutoshi Sakurai, Ikuo Ninomiya., 2009. *Allometric equations for accurate of above-ground biomass in logged-over tropical rainforest in Sarawak, Malaysia*, The Japanese Forest Society and Springer
- Ketterings QM, Coe R, van Noordwijk M, Ambagau Y, Palm CA., 2001. *Reducing uncertainty in the use of allometric biomass equations for predicting above-ground tree biomass in mixed secondary forests*. *Forest Ecology and Management* 146:199–20
- Rahayu, Subekti., Betha Lusiana, Meine van Noordwijk, 2005. *Cadangan Karbon di Kabupaten Nunukan kalimantan Timur: Monitoring Secara Spasial dan Pemodelan*. ICRAF. Bogor
- Ravindranath, N.H., Madelene Ostwald. 2008. *Carbon Inventory Methods : Handbook for Greenhouse Gas Inventory, Carbon Mitigation and Roundwood Production Projects*. Springer
- Sutaryo, Dandun. 2009. *Penghitungan Biomassa Sebuah Pengantar untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon*. Wetland International Indonesia Programme. Bogor
- Yamakura, T., Hagihara, A., Sukardjo, S., Ogawa, H., 1986. *Aboveground Biomass of Tropical Rainforest Stands in Indonesian Borneo*. *Plant Ecology* 68 (2): 71-82

3.1.2. Pemetaan Potensi Biomassa pada Hutan Tanaman *Eucalyptus spp*

Oleh: Siti Latifah Pindi Patana dan Titis Dian Pratama (Universitas Sumatera Utara)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dan memetakan potensi biomassa tegakan *Eucalyptus spp* dalam Hutan Tanaman Industri PT. Toba Pulp Lestari Tbk di sektor Aek Nauli, Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara. Penelitian dilakukan pada tegakan *Eucalyptus hybrid*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus pellita* dan *Eucalyptus urophylla* masing-masing berumur 2, 3 dan 4 tahun. Potensi biomassa diketahui melalui model-model penduga biomassa yang telah dilakukan penelitian sebelumnya berdasarkan dimensi pertumbuhannya, yaitu diameter. Pemetaan potensi biomassa dilakukan dengan pengambilan titik koordinat pada setiap kompartemen menggunakan GPS, selanjutnya dianalisis berdasarkan hasil pendugaan biomassa menggunakan *software Arc View GIS 3.3*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata potensi biomassa pada tegakan *E. hybrid* adalah sebesar 14,059 Ton/Ha, pada *E. grandis* adalah 6,868 Ton/Ha, pada *Eucalyptus pellita* sebesar 13,273Ton/Ha dan *E. urophylla* sebesar 19,178 Ton/Ha. Hasil pemetaan potensi biomassa dengan kriteria rendah yaitu 0-21 Ton/Ha, kriteria sedang yaitu 22- 43 Ton/Ha dan kriteria tinggi yaitu 44-65 Ton/Ha.

Kata Kunci : *Eucalyptus*, hutan tanaman , biomassa, pemetaan

PENDAHULUAN

Pemanasan global (*global warming*) pada dasarnya merupakan fenomena peningkatan temperatur bumi yang berlangsung secara global dari tahun ke tahun. Pemanasan global ini terjadi karena efek rumah kaca (*greenhouse effect*) yang disebabkan oleh meningkatnya emisi gas-gas seperti karbondioksida (CO₂), metana (CH₄), dinitrooksida (N₂O), dan CFC sehingga energi matahari terperangkap dalam atmosfer bumi (Cruz, *et al.*, 2007).

Berbagai upaya, baik melalui kegiatan penelitian sampai lobi-lobi politik tingkat internasional secara intensif dilakukan untuk mendapatkan kesepakatan seputar pengurangan emisi gas rumah kaca di atmosfer. Salah satu kesepakatan tersebut adalah Protokol Kyoto yang di dalamnya menawarkan upaya bersama pengurangan emisi gas rumah kaca antara negara maju dengan negara berkembang melalui

Clean Development Mechanism (CDM) yang implementasinya pada periode I akan dilaksanakan selama 4 tahun (2008-2012) Kesepakatan lainnya adalah hasil dari COP13 (*Bali Action Plan*) yang didalamnya mengamanatkan untuk implementasi REDD+ (*Reducing Emission from Deforestation and Degradation*) pada tahun 2012. Dengan mekanisme REDD+ ini, Indonesia memiliki peluang yang besar dalam mekanisme perdagangan karbon karena memiliki kawasan hutan tropis yang sangat luas dimana pada saat ini dalam kondisi laju deforestasi dan degradasinya tinggi.

Peranan hutan sebagai penyerap karbon mulai menjadi sorotan pada saat bumi dihadapkan pada persoalan efek rumah kaca, berupa kecenderungan peningkatan suhu udara atau biasa disebut sebagai pemanasan global (Anderson *et al.*, 2001). *Eucalyptus spp* merupakan salah satu jenis unggulan yang dikembangkan dalam hutan tanaman industri sebagai bahan baku pulp di Sumatera Utara. Bahkan dari hasil analisis kayu menyebutkan bahwasanya bahan pulp terbaik berasal dari *Eucalyptus* karena kadar selulosa yang dikandung tinggi dan daya tahan sobek cukup baik. Spesies yang diusahakan terutama adalah *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. saligna*, *E. pellita*, *E. hybrid*. Rata-rata daurnya 6-8 tahun, sedangkan riapnya 20 m³/ha/tahun, tahan terhadap hama penyakit, dan tahan terhadap kebakaran.

Sebagai upaya meminimumkan dampak dari perubahan iklim ini, diperlukan usaha menstabilkan konsentrasi CO₂ di atmosfer. Berkaitan dengan kemampuan hutan menyerap CO₂ dari udara dan kemudian menyimpannya dalam tegakan hutan sebagai bahan organik dalam bentuk biomassa tanaman, maka potensi hutan dalam penyerapan karbon dapat diduga melalui perhitungan biomassa tanaman, karena setengah biomassa terdiri atas karbon.

Dalam rangka pemanfaatan fungsi hutan sebagai penyerap karbon melalui sebuah kerangka *carbon trade* sangat diperlukan upaya mengkuantifikasi berapa besar karbon yang dapat diserap dan disimpan (*C-stock*) oleh hutan. Indonesia memiliki HTI dengan luasan yang cukup luas, sehingga hutan *Eucalyptus* di Indonesia memiliki potensi simpanan biomassa yang besar pula. Oleh sebab itu, penelitian pendugaan biomassa HTI *Eucalyptus* melalui distribusi spasial ini perlu dilakukan untuk menyediakan salah satu data dalam mendukung besarnya potensi biomassa hutan Indonesia, khususnya hutan tanaman *E. hybrid*.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan April – Juni 2012. Lokasi penelitian di Hutan Tanaman Industri PT. Toba Pulp Lestari (sektor Aek Nauli), Desa Sosor Ladang, Kecamatan Parmaksian, Kabupaten Toba Samosir, Sumatera Utara yang terletak pada 01°-03° LU dan 98°15'00" 100°00'00" BT., dan Laboratorium Manajemen Hutan Terpadu Program Studi Kehutanan USU. Pada penelitian ini, hanya diteliti untuk dua estate saja yaitu estate A dan estate B sebagai estate terluas pada HTI sektor Aek Nauli ini. Estate A memiliki 208 kompartemen sedangkan estate B memiliki 291 kompartemen. Kegiatan penelitian difokuskan pada perolehan peta untuk mengetahui distribusi spasial simpanan biomassa di atas tanah tegakan *Eucalyptus* spp.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian *Global Positioning System* (GPS), Kamera, perangkat lunak (*software*) yang digunakan yaitu ArcView GIS 3, Pita ukur diameter, *Hypsometer*, dan Kompas. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tegakan *Eucalyptus* spp pada berbagai umur, dan Peta Administrasi Kabupaten Simalungun Sumatera Utara.

Penentuan sampel kompartemen dan *Ground Check* titik koordinat

Banyaknya sampel yang diteliti dengan menggunakan Intensitas Sampling 10% dan dengan metode *purposive sampling* (sampling bertujuan) berdasarkan banyaknya kompartemen pada estate A dan B wilayah penelitian. Metode *purposive sampling* dilakukan dengan memproporsikan jumlah kompartemen yang akan dijadikan sampel pada estate A dan estate B dimana jumlah kompartemen pada masing-masing estate berbeda. Pengambilan titik koordinat untuk *ground check* dilakukan terhadap kompartemen pohon *Eucalyptus* yang telah dipilih dengan penentuan sampel di atas. *Ground check* dimaksudkan untuk mengetahui apakah koordinat kompartemen sesuai dengan keberadaan kompartemen tersebut di lapangan.

Perhitungan Nilai Biomassa

Perhitungan nilai biomassa dilakukan pada setiap kompartemen. Jenis ekaliptus yang ada di setiap kompartemen berbeda sehingga untuk menduga biomasanya juga dengan menggunakan model allometrik yang berbeda sesuai jenisnya (jika ada allometrik spesikk). Namun jika tidak ada maka digunakan rumus allometrik umum. Data-data

yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh dengan cara pengambilannya dilakukan langsung di lapangan yaitu berupa data jumlah pohon *Eucalyptus* sp. pada setiap kompartemen serta *ground check* data koordinat letak geograks penelitian yang diambil dengan GPS. Data sekunder yang digunakan adalah berupa peta kawasan HTI *Eucalyptus* sp. PT. Toba Pulp Lestari, Tbk. Data rata-rata diameter pohon setiap kompartemen, data hasil penentuan model terbaik pendugaan potensi karbon, dan data pendukung lainnya yang dibutuhkan. Pendugaan biomassa dilakukan dengan metode non destructive (Clark *et al.*, 2001; Hua *et al.*, 2007) yaitu dengan menggunakan model-model yang allometrik dari penelitian sebelumnya, sebagai berikut:

Tabel 1. Model alometrik berbagai jenis *Eucalyptus* untuk pendugaan biomassa

| Jenis | Model Alometrik | Sumber |
|-----------------------------|---|--------------------------|
| <i>Eucalyptus hybrid</i> | $Y = 1351,09x^{0,87} \exp(0,094D)$ | Latifah, 2011 |
| <i>Eucalyptus grandis</i> | $Y = \frac{235,5}{1 + 1734,7e^{-0,396D}}$ | Aswandi, 2010 |
| <i>Eucalyptus pellita</i> | $Y = 0,11 \times \rho \times D^{2,62}$ | Hairiah dan Rahayu, 2007 |
| <i>Eucalyptus urophylla</i> | $Y = 0,11 \times \rho \times D^{2,62}$ | Hairiah dan Rahayu, 2007 |

Keterangan: Y = Biomassa total (Kg/Ha)

D = Diameter pohon (cm)

ρ = Berat Jenis pohon

Pemetaan potensi Biomassa dan simpanan karbon

Distribusi spasial potensi biomassa dilakukan dengan pemetaan potensi biomassa tegakan *Eucalyptus hybrid*. berdasarkan model-model pendugaan simpanan karbon pada table 1. Dengan model allometrik dari biomassa *Eucalyptus* tersebut maka akan diperoleh data sebaran potensi biomasa berdasarkan kompartemen.

Data nilai potensi biomassa selanjutnya dimasukkan dalam peta kawasan hutan tanaman industri dengan menggunakan program ArcView sehingga hasil akhir yang diperoleh berupa peta potensi biomasa tegakan *Eucalyptus* sp per kompartemen hutan tanaman industri PT. Toba Pulp Lestari Tbk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Biomassa merupakan jumlah bahan organik yang diproduksi oleh organisme per satuan unit area pada suatu saat tertentu. Biomassa dapat dikelompokkan dalam dua kategori yaitu biomassa di atas permukaan tanah (*above ground biomass*) dan di bawah permukaan tanah (*below ground biomass*). Biomassa biasa dinyatakan dalam ukuran berat, seperti berat kering dalam gram atau kalori. Biomassa diukur berdasarkan berat kering dikarenakan kandungan air yang berbeda pada setiap tumbuhan. Unit satuan biomassa adalah gram per m² atau kg per ha. Akumulasi biomassa di wilayah tropis lebih besar dibandingkan pada wilayah temperate, karena laju fotosintesis di tropis lebih tinggi (Chapman, 1986; dalam Onrizal dan Kusmana, 2005). Dalam penelitian ini difokuskan pada biomassa di atas tanah pada hutan tanaman industri tegakan *Eucalyptus*.

Hutan mampu menyerap CO₂ dari udara dan menyimpannya dalam biomassa hutan sehingga hutan mempunyai peran dalam upaya menstabilkan konsentrasi CO₂ di atmosfer, hal ini sering disebut dengan program karbon sink. Dalam rangka pengembangan program karbon sink ini dibutuhkan data cadangan karbon yang tersimpan dalam bentuk biomassa. Untuk itu diperlukan teknik yang efektif dan mudah digunakan dalam menduga cadangan karbon pada suatu hamparan vegetasi.

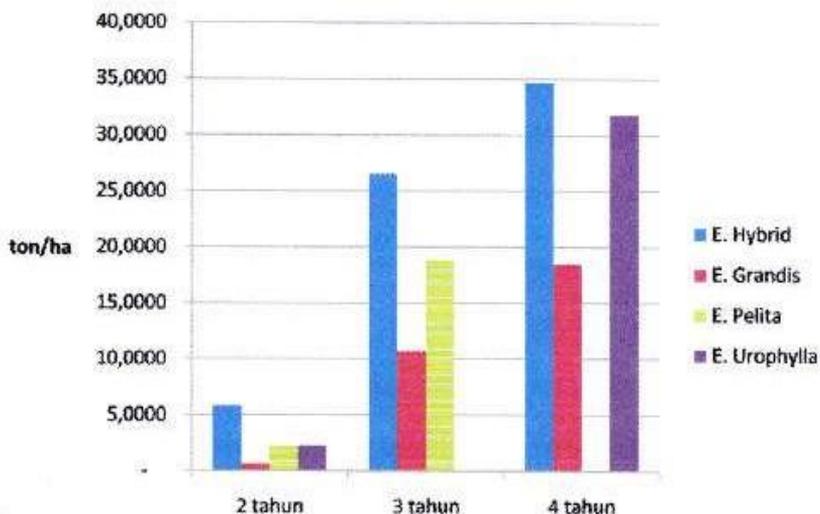
Hutan Tanaman Industri (HTI) PT. Toba Pulp Lestari Tbk. di Sektor Aek Nauli, Kabupaten Simalungun, Sumatera Utara pada estate A dan B memiliki 4 jenis *Eucalyptus* yaitu jenis *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus hybrid*, *Eucalyptus Pellita* dan *Eucalyptus urophylla* serta memiliki keragaman kelas umur yang beragam. Kelas umur *E. hybrid* berkisar antara 0,3- 14 tahun, *E. grandis* berkisar antara 1- 4 tahun dan 9 tahun, kelas umur *E. pellita* hanya 2- 3 tahun, dan *E. urophylla* berkisar antara umur 1- 5 tahun, umur 17 dan umur 23 tahun. Selain jenis ekaliptus juga ditemukan jenis pinus pada beberapa kompartemen di estate A dan estate B. Hanya saja dalam penelitian ini dikhususkan pada jenis ekaliptus sehingga untuk tanaman pinus tidak dilakukan penghitungan biomasanya. Selain itu, ada juga beberapa kompartemen yang tidak ditanami apapun (kosong) yang dikarenakan adanya penebangan akhir dan pembersihan guna pembuatan konservasi plasma nutfah bagi berbagai jenis tanaman asli daerah Aek Nauli.

Potensi biomassa dalam penelitian ini adalah biomassa total pohon yang diduga dari dimensi pohon yaitu diameter dan tinggi pohon. Brown (1997) menyatakan bahwa diameter setinggi dada merupakan data inventarisasi tegakan yang baik untuk menduga biomassa. Perbedaan jenis dan kelas umur dari tegakan *Eucalyptus* spp tersebut

mempengaruhi kandungan biomassa pada masing-masing tegakan *Eucalyptus* spp yang ada pada HTI tersebut. Potensi rata-rata biomassa tegakan *E. hybrid* berbagai umur sebesar 24,304 Ton/Ha, pada *E. grandis* adalah 8,425 Ton/Ha, pada *E. pellita* sebesar 10,512 ton/Ha, dan *E. urophylla* sebesar 32,845 Ton/Ha. Hasil penelitian Baker *et al.* (2002) menunjukkan bahwa biomassa di atas permukaan tanah tegakan *E. urophylla* umur 45 bulan (hampir 4 tahun) dengan kerapatan tegakan 2.124 batang/ha sebesar 58,3 t/ha, umur 21 bulan sebesar 25,5 t/Ha, sedangkan *E. teriticornis* umur 33 bulan sebesar 40,1 t/ha relatif lebih rendah dibandingkan dengan potensi biomassa *Eucalyptus* hibrida hasil penelitian ini. Diantara biomassa yang dihasilkan di permukaan bumi, persentase biomassa terbesar adalah biomassa hutan, yaitu sekitar 90 milyar Ton/tahun. Biomassa yang dihasilkan hutan tanaman relatif cukup tinggi yaitu berkisar antara 25 – 30 m³/Ha/tahun (Syaki, 2003).

Perbandingan perbedaan rata-rata total biomassa pada masing-masing jenis dengan kelas umur yang sama dapat dilihat pada Gambar 1. Grakk tersebut menunjukkan adanya perbedaan rata-rata total biomassa antara keempat jenis *Eucalyptus* yang ada di HTI. Lahan hutan yang memiliki tapak lebih subur akan mempengaruhi tingkat fotosintesis dalam hal memproduksi karbohidrat pada batang sehingga akan meningkatkan biomassa tegakan hutan (Medhurst *et al.*, 2001). Demikian juga manajemen tanah dan air merupakan faktor penting dalam mempengaruhi keberhasilan pertumbuhan tanaman yang selanjutnya akan mempengaruhi volume dan bobot biomassa tanaman (Datta, 2007).

Berdasarkan pengamatan di lapangan, perbedaan biomassa diantara keempat *Eucalyptus* disebabkan oleh adanya perbedaan jenis *Eucalyptus*-nya. Setiap jenis *Eucalyptus* mempunyai pertumbuhan yang berbeda-beda sesuai dengan genetiknya (Wei, 2000). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *E. hybrid* mempunyai volume maksimum 289 m³/Ha, *E. grandis* sebesar 152,3 m³/Ha, *E. pellita* sebesar 116 m³/Ha dan *E. urophylla* sebesar 135 m³/Ha (Latifah, 2009). Penelitian ini menunjukkan bahwa *E. hybrid* mempunyai pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan ketiga jenis *Eucalyptus* lainnya. *E. hybrid* sebagai hasil persilangan diantara *Eucalyptus-Eucalyptus* yang ada di HTI PT. Toba Pulp Lestari; diantaranya adalah *E. pellitagrandis* (*E. pellita* x *E. grandis*) dan *E. urograndis* (*E. urophylla* x *E. grandis*). *E. hybrid* merupakan jenis klon-klon yang diusahakan menjadi bibit unggul dalam menghasilkan kayu yang sesuai dengan tujuan perusahaan sehingga pertumbuhannya lebih baik dibandingkan jenis lainnya. Jenis *E. hybrid* mempunyai total biomassa yang tinggi sehingga lebih banyak dalam penyerapan karbonnya.

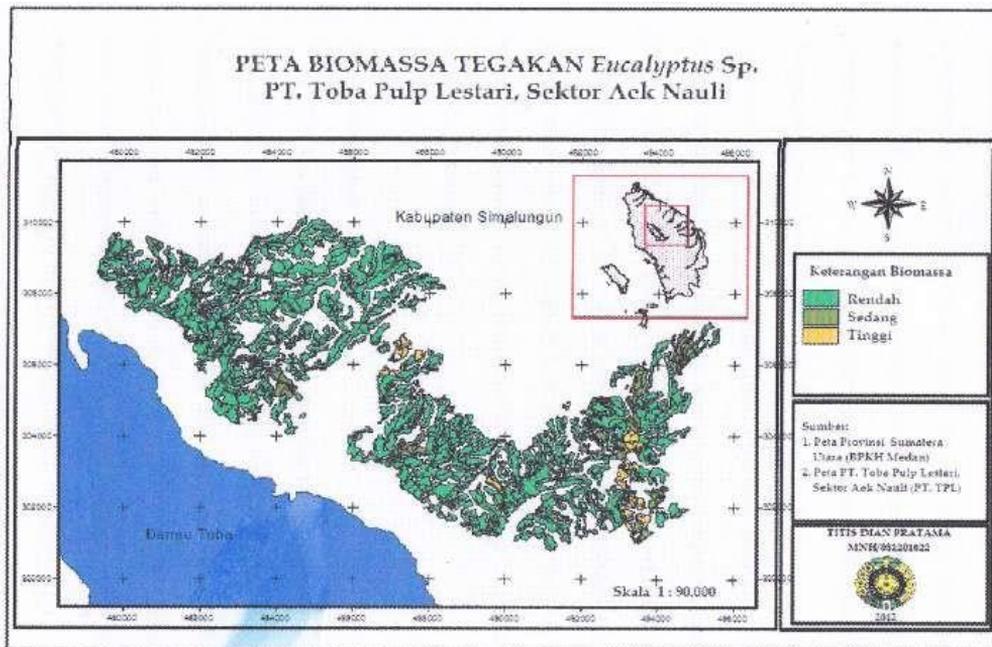


Gambar 1. Rata-rata total biomassa *Eucalyptus* spp umur 2, 3 dan 4 tahun

Selain itu, perbedaan biomassa keempat *Eucalyptus* tersebut juga disebabkan oleh adanya perbedaan jumlah kompartemen. Semakin banyak kompartemen pada jenis tertentu maka akan semakin besar total biomasanya pada areal tersebut. Sedangkan bila semakin sedikit jumlah kompartemen jenis *Eucalyptus*, maka semakin sedikit total biomasanya ada areal tersebut. Jumlah simpanan biomassa tergantung pada terganggu atau tidaknya hutan, peruntukan lahan dan ada tidaknya permudaan alam (IPCC, 1995; dalam Onrizal 2004). Pada penelitian ini menunjukkan bahwa *E. hybrid* yang mempunyai rata-rata total biomassa tertinggi berdasarkan tingkat kelas umur yang sama dikarenakan jenis tersebut mendominasi di estate A dan estate B yaitu sejumlah 202 kompartemen dari total 278 kompartemen. Sedangkan jenis *E. grandis* terdapat hanya pada 59 kompartemen, *E. pellita* dan *E. urophylla* masing-masing terdapat hanya pada 6 dan 11 kompartemen dari keseluruhan 278 kompartemen. Untuk sisanya sejumlah 4 kompartemen ditanamai pinus dan 143 kompartemen belum ditanami pada saat penelitian berlangsung.

Setelah diperoleh nilai total biomassa dari berbagai jenis *Eucalyptus*, maka dibuat peta total biomassa berbagai jenis *Eucalyptus*. Setiap kompartemen memiliki jenis tertentu saja sehingga nilai biomasanya hanya bergantung dari jenis tersebut. Pengklasikasian biomassa per kompartemen digolongkan menjadi 3 kriteria yaitu rendah, sedang dan tinggi. Berdasarkan pengklasikasian biomas per kompartemen maka dapat dilihat peta penyebaran biomassa per kompartemen dan klasifikasinya dengan kriteria rendah,

sedang dan tinggi (Gambar 2) . Kriteria rendah antara 0-21 ton/Ha, kriteria sedang 22 – 43 ton/Ha dan kriteria tinggi berkisar antara 44 – 65 ton/Ha. Kriteria ini berdasarkan rentang atau selisih antara nilai biomassa terendah dan tertinggi yang diperoleh dari tiap kompartemen yang ada di estate A dan estate B.



Gambar 2. Peta biomassa tegakan *Eucalyptus* spp di HTI PT. Toba Pulp Lestari sektor Aek Nauli estate A dan B

Berdasarkan Gambar 2 tersebut dapat dilihat bahwa pada estate A banyak ditemukan kompartemen dengan nilai biomassa yang rendah dan sedikit sedang. Sedangkan pada estate B banyak ditemukan kompartemen dengan biomassa berkisar antara 0- 21 Ton /Ha (rendah), namun tidak sedikit juga kompartemen yang mempunyai biomassa dengan kriteria sedang dan tinggi.

Perbedaan biomassa per kompartemen bisa diakibatkan oleh hal-hal sebagai berikut: (1) karena perbedaan luasan setiap kompartemen yaitu berkisar antara 0,1 – 43 Ha. Semakin luas kompartemen tentunya semakin banyak jumlah tanaman yang ditanam di dalamnya, (2) perbedaan biomassa setiap kompartemen juga diakibatkan oleh perbedaan jumlah pohon yang terdapat dalam kompartemen karena perbedaan luasan

tersebut. Kisaran jumlah pohon tiap kompartemen adalah antara 220 – 56 pohon/kompartemen, (3) perbedaan biomassa setiap kompartemen juga diakibatkan oleh adanya perbedaan rata-rata diameter pohon pada setiap kompartemen. Diameter rata-rata pohon setiap kompartemen berkisar antara 0,1- 16, 2 cm.

KESIMPULAN

Hasil pendugaan biomassa dapat digunakan sebagai dasar perhitungan bagi kegiatan pengelolaan hutan, karena hutan dapat dianggap sebagai sumber dan rosot karbon. *Eucalyptus hybrid* mempunyai rataan biomassa yang lebih tinggi dibandingkan ketiga jenis *Eucalyptus* di lokasi penelitian. Perbedaan biomassa tegakan *Eucalyptus* dapat disebabkan oleh karena perbedaan jenis *Eucalyptus*, kondisi tapak, luas area tiap kompartemen, jumlah tanaman *Eucalyptus* dan rata-rata diameter pohon pada setiap kompartemen. Hasil pemetaan potensi biomassa dengan kriteria rendah yaitu 0-21 Ton/Ha, kriteria sedang yaitu 22- 43 Ton/Ha dan kriteria tinggi yaitu 44-65 Ton/Ha.

SARAN

Penelitian tentang pemetaan biomassa perlu dikaji lagi mengenai aspek lingkungan dan aspek masyarakat serta hubungan timbal balik antara Hutan Tanaman Industri sebagai salah satu penyerap emisi karbon dan dampak atau manfaatnya terhadap masyarakat.

Daftar Pustaka

- Aide T.M., Zimmerman J.K., Pascarella J.B. and Rivera L. 2000. Forest Regeneration in a Chronosequence of Tropical Abandoned Pastures: Implications for Restoration Ecology. *Restoration Ecology* 8(4): 328-338. DOI : 10.1046/j.1526-100x.2000.80048.x
- Anderson P., Santoso I., Steni B., Mahaningtyas A., Mansur E., Ahmad M., and Elson D. 2011. Tenure, Governance, and Climate Change. *Tropical Forest* 20(4):17–18.
- Aswandi, 2007. Model Pendugaan Biomassa di Atas Tanah *Eucalyptus Grandis* pada Hutan Tanaman PT. Toba Pulp Lestari Sektor Aek Nauli, Simalungun, Sumatera Utara. *Jurnal penelitian Hutan Tanaman*, in press.

- Baker T., Morris J., Duncan M., Ningnan Z., Zengjiang Y., Zhihong H., and Guowei C. 2002. Tree and stand growth and biomass relationships for *Eucalyptus urophylla* and E. 12ABL on the Leizhou Peninsula, Guangdong Province, China. *New Forest* (2011) 41: 95-112
- Clark D.A., Brown S., Kiclighter D.W., Chamber J.Q., Thomlinson J.R., and Ni J. 2001. Net primary production in tropical forest: an evaluation and synthesis of existing keld data. *Ecological Application* 11(2):371–384. DOI : 10.1890/1051-0761
- Cruz, R.V., H. Harasawa, M. Lal, S. Wu, Y. Anokhin, B. Punsalma, Y. Honda, M. Jafari, C. Li and N. Huu Ninh, 2007: Asia. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, UK, 469-506
- Datta M. and Singh N.P. 2007. Growth characteristic of multipurpose tree species, crop productivity and soil properties in agroforestry system under subtropical humid climate in India. *Journal of Forest Research* 18(4):261–270.
- Hairiah K., Rahayu S.. 2007. *Pengukuran Karbon Tersimpan di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Bogor: World Agroforestry Center-ICRAF
- Hairiah K., Sitompul, SM., Noorwijk M. Van., dan Plam, C. 2001. Methods for Sampling Carbon Stoks Above and Below Ground. Bogor. ICRAF Southeast Asian Regional Research Program.
- Hopmans P, Bauhus J, Khanna P, Weston C. 2005. Carbon and nitrogen in forest soils: Potential indicators for sustainable management of eucalypt forests in south-eastern Australia. *Forest Ecology and Management* 220(1-3) : 75-87. DOI : 10.1016/j.foreco.2005.08.006
- Hua L.Z., Morris J., He X.B., and Jiang X.D. 2007. Predicting eucalyptus production in Southern China using the 3-PG Model. *Journal of Tropical Forest Science* 19(3):116–127
- Onrizal. 2004. Model Pneduga Biomassa dan Karbon Tegakan Hutan Kerangas di Taman Nasional Danau Sentarum, Kalimantan Barat. Bogor. Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Onrizal dan Kusmana, C. 2005. Kelestarian Supply Bahan Baku Kayu Pt. Toba Pulb Lestari, Tbk. Porsea.

- Latifah, S. 2009. Growth and Yield Models for *Eucalyptus* Species Using Geospatial Technology in Aek Nauli, North Sumatra Province, Indonesia. Disertasi at University of the Philippines Los Baños.
- Latifah, S. dan Sulistiyono, N. 2011. Potensi Simpanan Karbon Pada Hutan Tanaman Industri *Eucalyptus Hybrid* Dalam Upaya Mitigasi Dan Adaptasi Terhadap Pemanasan Global Di Sumatera Utara. Laporan Penelitian Hibah Bersaing DIKTI tahun ke-1.
- Medhurst J.L., Beadle C.L., and Neilsen W.A. 2001. Early-age and later-age thinning affects growth, dominance, and intraspecific competition in *Eucalyptus nitens* plantations. *Canadian Journal of Forestry Research* 31(2):187–196
- Syaki, W. 15 April 2003. Hutan, Sumber Energi masa Depan. Harian Kompas
- Wei X. and Nuno M.G.B. 2000. Genetic gains and levels of relatedness from best linier unbiased prediction of *Eucalyptus europphylla* for pulp production in Southeastern China. *Canadian Journal of Forestry Research* 30(10):1601–1607.

3.1.3. Spatial Distribusi Stok Biomas dan Fluxes Hara dalam Hubungannya dengan Keragaman Spesies Tumbuhan di Hutan Hujan Tropik Super Basah Sumatra Barat

Oleh: Hermansah¹⁾ Darmawan¹⁾ dan Toshiyuki Wakatsuki²⁾

1) Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang

2) Fakultas Pertanian Universitas KINKI, Nara, Japan

ABSTRAK

Kajian distribusi spasial stok biomas dan fluxes unsur hara dalam hubungannya dengan keragaman spesies tumbuhan dan status kesuburan tanah telah dilakukan di plot penelitian ekologi tanah dan hutan di kawasa hutan hujan tropik super basah di Padang, Sumatra Barat. Produksi litterfall dan fluxes unsur hara ditetapkan dengan menggunakan 63 littertrap yang dipasang pada 63 sub plot di antara 115 buah sub plots di kawasan plot penelitian ini. Untuk mengkarakterisasi hubungan distribusi spasial dari litterfall, fluxes unsur hara dan komposisi tumbuhan serta karakteristik kesuburan tanah ditentukan dengan koefisien korelasi dan Index Omega menurut Iwao. Rata-rata litterfall tahunan adalah sebesar 11.4 ton ha⁻¹ tahun⁻¹ dan litterfall tahunan bervariasi antara 63 subplot dengan kisaran antara 7.4 – 16.3 ton ha⁻¹ tahun⁻¹. Variasi dari litterfall secara nyata berkorelasi positif dengan populasi tumbuhan jumlah spesies pada subplot. Secara seasonal litterfall berkorelasi positif dengan temperatur udara. Fluxes unsur hara bervariasi antar subplot dengan kisaran : N, 54-140; P, 1.4-4.5; K, 8.8-27.5; Ca, 71-207; Mg, 6.2-17.7; Al, 3.2-26.4; Fe, 0.7-3.5; and S, 6.2-16.4 (kg ha⁻¹thn⁻¹). Stok biomas baik standing litter, above ground biomas dan litterfall bervariasi dari site ke site. Jumlah dari setiap fluxes unsur hara dipengaruhi oleh jumlah produksi litterfall, dan berkorelasi positif dengan populasi dan jumlah spesies tumbuhan setiap sub plot. Distribusi dari fluxes unsur hara juga menunjukkan korelasi positif dengan status kesuburan tanah seperti total N, P dan Fe yang terkstrak dengan 0.1 N HCL lapisan atas tanah untuk setiap subplot. Namun untuk unsur hara Ca dan Mg tidak memperlihatkan hubungan yang nyata. Keragaman spesies tumbuhan yang memiliki keragaman karakteristik penyerapan dan mengakumulasi unsur hara berkontribusi dan berpengaruh terhadap keragaman sumber makanan dalam tanah disamping untuk meningkatkan status kesuburan tanah melalui siklus unsur hara melalui litterfall.

Kata kunci: distribusi spasial *litterfall* , *fluxes* unsur hara, hutan hujan tropik super basah, Padang

PENDAHULUAN

Sebagaimana dikemukakan oleh Hotta (1984, 1986, 1989), hutan hujan tropik super basah di kawasan plot studi Pinang-Pinang, Gunung Gadut, Sumatra Barat adalah hutan hujan tropik yang sangat kaya dengan spesies tumbuhan dengan keragaman yang tinggi serta mempunyai keragaman karakteristik kandungan hara yang tinggi (Masunaga *et al.*, 1997, 1998). Yoneda *et al.* (1994, 1997) melaporkan bahwa kawasan hutan ini mempunyai variasi horizontal yang tinggi tentang produktivitas, tegakan dan dekomposisi serasah. Produksi runtunan serasah (*litterfall*) secara seasonal berkorelasi positif dengan fluktuasi temperatur dan berkorelasi negatif dengan curah hujan (Hermansah *et al.*, 2003). Hubungan positif antara temperatur dengan jumlah runtunan serasah pada kawasan penelitian ini juga terpantau pada beberapa subplot dimana *litter traps* di-install, meskipun jumlah runtunan serasah berbeda antar sub plot.

Masunaga *et al.* (1998) dan Kubota *et al.* (1998) menyatakan bahwa ada kemungkinan hubungan timbal balik antara keragaman spesies tumbuhan dan keragaman karakteristik unsur hara dari masing-masing spesies tumbuhan. Keragaman karakteristik unsur hara dari spesies tumbuhan dapat berkontribusi dalam menciptakan keragaman karakteristik hara dalam tanah melalui siklus unsur hara melalui runtunan serasah di kawasan hutan hujan tropis super basah Sumatra Barat.

Kajian tentang siklus dan aliran hara dalam hubungannya dengan keragaman spesies tumbuhan dan karakteristik kimia tanah di kawasan ini belum pernah dilakukan. Hipotesis pada studi sebelumnya (Kubota *et al.*, 2000) adalah bahwa variasi status hara tanah yang tinggi berkorelasi dengan keragaman spesies tumbuhan. Lokasi atau subplot dengan tingkat keragaman spesies tumbuhan tinggi dan berlokasi di bagian puncak dan miring mempunyai status kesuburan tanah yang rendah dari pada subplots yang berlokasi pada posisi bagian bawah. Subplot bagian bawah cenderung mempunyai keragaman tumbuhan yang rendah dari pada subplot yang berada di bagian puncak. Dari hasil ini menimbulkan pertanyaan bagi peneliti bagaimana variasi status kesuburan tanah ini timbul dan dipertahankan. Siklus hara melalui *litterfall* mungkin memegang peranan dalam menimbulkan variasi ini. Dengan demikian maka ada hipotesis bahwa variasi yang tinggi dari status kesuburan tanah antar subplot dalam plot studi ini didukung oleh tingginya keragaman spesies tumbuhan dan pada waktu bersamaan keragaman ini ditimbulkan dan dipertahankan melalui siklus hara dari runtunan serasah yang

tidak hanya disebabkan oleh jumlah yang banyak dari spesies tumbuhan tapi juga disebabkan oleh variasi yang tinggi dari karakteristik fisiologis diantara spesies tumbuhan.

Untuk mengevaluasi efek dari siklus unsur hara dalam menimbulkan keragaman status kesuburan tanah, dalam studi ini kita mengevaluasi secara kuantitatif distribusi spasial dari produksi biomas runtuhan serasah (*litterfall*) dan jumlah aliran hara (*nutrient flux*). Data-data dalam penelitian dapat berkontribusi dalam mendiskusikan bagaimana faktor-faktor siklus hara dapat mempengaruhi variabilitas kesuburan tanah.

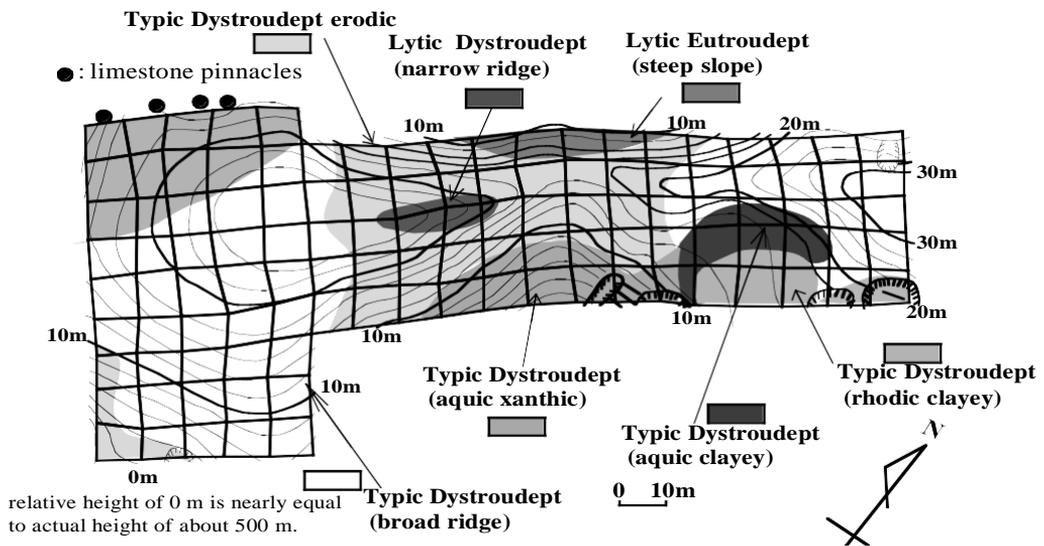
METODE PENELITIAN

Plot Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada satu hektar plot penelitian di hutan hujan tropic super basah Pinang-Pinang Padang Sumatra Barat. Plot penelitian ini telah dan sedang digunakan untuk berbagai kegiatan penelitian dibidang ekologi tanah dan lingkungan (Hotta, 1984; 1986; 1989; Masunaga *et al.*, 1997; Kubota *et al.*, 1998; Hermansah *et al.*, 2003). Plot penelitian ini berlokasi di lereng bagian bawah Gunung Gadut dengan ketinggian 500 meter diatas permukaan laut. Daerah penelitian ini mempunyai curah hujan yang tinggi dan tidak ditemukan adanya musin kering yang nyata (Hotta, 1984), dengan tanah *Typic Dystrudept* muda yang berkembang dari andesit dan batu kapur.

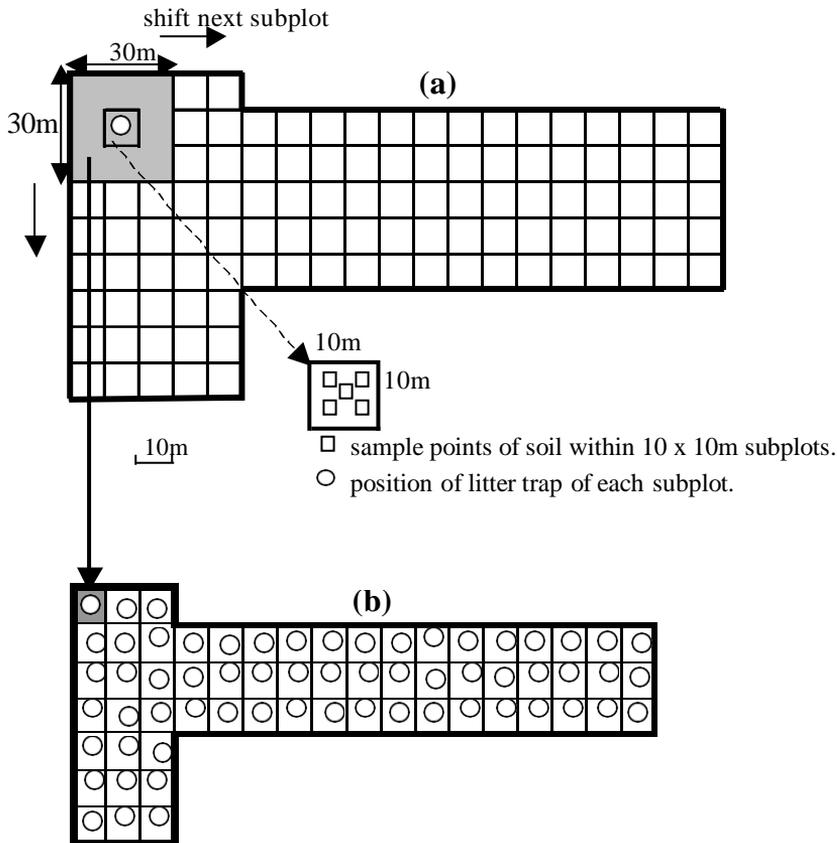
Metode Pengambilan Contoh

Kubota *et al.*, (2000) telah mengkaraterisasi fisikokimia tanah yang berhubungan dengan keragaman spesies tumbuhan pada plot penelitian ini. Untuk tujuan penelitian ini diikuti metodologi pengambilan contoh serasah dan prosesing datanya untuk menganalisa koefisien variasi secara statistik 9 buah sub plot dengan ukuran 10 m x 10 m dikelompokkan ke dalam grup yang lebih besar (30 m x 30 m). Dengan demikian dari 115 subplot yang ada menjadi 63 subplot; hal ini juga sesuai dengan proyeksi *canopy* tumbuhan yang paling besar seperti *Swintonia schwenki* yang menurut Hotta, (1984) meliputi luasan 30 m x 30 m.



Gambar 1. Peta topografik dan tanah plot penelitian di Pinang-Pinang (cited from Wakatsuki *et al.*, 1986. Soil classification was updated based on Soil Taxonomy, 1999)

Produksi runtuhan serasah dikoleksi dengan menggunakan *litter trap* yang ditempatkan di tengah-tengah pada setiap 63 subplot seperti pada Gambar 1. *Basal area*, density tumbuhan, dan jumlah spesies; baik yang teridentifikasi maupun yang belum teridentifikasi dari setiap subplot dihitung dengan menggunakan nilai rata-rata dari ke sembilan konsekutif subplot pada total area 30 m x 30 m. Untuk mengkarakterisasi variasi tanah secara horizontal dilakukan pengambilan 115 contoh tanah komposit untuk semua subplot (10m X 10m) untuk kedalaman 0 - 5 cm dan 5 - 15 cm. Satu buah tanah komposit terdiri dari 100 cc contoh untuk setiap empat titik pengambilan pada setiap subplot yang berukuran 10 m x 10 m. Nilai rata-rata dari *property* tanah untuk setiap subplot digunakan untuk menentukan hubungan antara tanah dan *litterfall*, *flux unsur* hara dan komposisi tumbuhan.



Gambar 2. Posisi penangkap serasah (*litter trap*) dan metode pengambilan contoh, (a) Pinang-Pinang plot dengan 10 m x 10 m untuk 115 subplots, dan (b) posisi *litter trap* dan data proses pada skala, 30 m x 30 m, untuk 63 subplots

Metode di Laboratorium dan Analisa Data

Litter yang dikoleksi melalui *litter trap* setiap bulan disortir setiap bulan dan dipisahkan menurut bagian daun, ranting, bunga, biji-bijian dan bentuk *litter* lainnya. Semua material dari serasah dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C selama 48 jam, dan ditimbang berat konstanannya. Serasah daun digiling dan dijadikan dalam bentuk tepung dan didestruksi dengan asam nitrit dengan menggunakan Teflon Vessel (Quaker *et al.*, 1970; Koyama and Sutoh, 1987). Kalsium, Mg, K, Na, P, S, Al dan Fe dari lapisan atas tanah (0-5 cm dan 5-15 cm) diekstrak dengan HCl 0.1 N dengan perbandingan tanah dan larutan 1:10. Konsentrasi dari bahan tanaman yang didestruksi dan diekstrak seperti Ca, Mg, P, Al, Fe dan S dan tanahnya diukur dengan menggunakan *Inductive Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometer*

(ICPS-2000; Shimadzu, Japan). Kalium (K) dan Na ditentukan dengan AAS-680; Shimadzu. Total C dan N dianalisis dengan N-C *analyzer* (N-C 80; Sumigraph, Sumitomo). Jumlah runtuhan serasah tiap bulan selama periode pengambilan sampel dan hasil analisis komposisi kandungan hara dari serasah daun pada setiap subplot tiap bulan digunakan untuk estimasi aliran unsur hara (*nutrient fluxes*). Untuk menentukan hubungan dari spasial distribusi produksi runtuhan serasah, komposisi tumbuhan, *flux* unsur hara dan karakteristik kimia tanah, dilakukan penghitungan koefisien korelasi diantara beberapa parameter tersebut. Untuk mengklarifikasi hubungan yang detail dan overlap diantara distribusi produksi serasah daun, *flux* unsur hara dan karakteristik kimia tanah di dalam plot kita juga menghitung nilai index omega (ω) dari Iwao (1977) (Khoyama *et al.*, 1994; Kubota *et al.*, 1998). Nilai ω index nol menunjukkan adanya tidak saling mempengaruhi variasi distribusi, index +1 menunjukkan hubungan positif yang nyata dan -1 menunjukkan hubungan negatif. Tingkat signifikansi dari semua bentuk korelasi ditentukan dengan membandingkan nilai koefisien korelasi yang dihitung dengan Microsoft Excell Office 2000, terhadap nilai tabel r dalam Nyumon Tokei Kaisekiho "*Introduction to Statistical Analyses*" (Nagata, 1992). Jika hasil perhitungan koefisien korelasi besar dari tabel r pada level kepercayaan tertentu, maka hubungan antara parameter tersebut dinyatakan signifikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Unsur Hara pada Serasah (*litterfall*)

Pada Tabel 1 disajikan konsentrasi unsur hara, standar deviasi (SD) dan kisaran konsentrasi serasah daun pada plot penelitian ini. Rata-rata konsentrasi hara pada daun tumbuhan yang dianalisa Masunaga *et al.* (1997) juga disajikan pada Tabel 1. Diantara delapan jenis unsur hara yang dianalisa, Ca memperlihatkan rata-rata konsentrasi tertinggi pada serasah daun yang dikoleksi selama 1 tahun pada 63 subplot. Temuan ini bukanlah hal yang tidak umum, karena Ca adalah unsur hara yang tidak mobil dalam sistem *vascular* tanaman dan ini sangat diyakini akan dikembalikan ke sistem tanah melalui runtuhan serasah (Vitousek, 1982, 1984; Cuevas and Medina, 1988). Untuk tujuan perbandingan, pada penelitian terdahulu dilaporkan konsentrasi unsur hara pada serasah daun dari hutan hujan tropis yang tumbuh pada kawasan dengan jenis tanah Oxisol-Ultisols di Malaysia (Burghouts, 1993) konsentrasi Ca pada plot penelitian ini jauh lebih tinggi dari pada di hutan hujan tropis Malaysia. Unsur hara lain seperti N dan P terlihat sebanding dengan

hutan hujan tropis Malaysia. Masunaga *et al.* (1998) juga melaporkan bahwa Ca pada daun tumbuhan yang hidup pada plot penelitian ini juga tinggi dari pada hutan tropis di Lambir, Malaysia (Gerhard *et al.*, 1996).

Tabel 1. Konsentrasi unsur hara pada serasah daun pada plot penelitian ini dan hutan hujan tropik di Malaysia

| | g kg ⁻¹ | | | | | | | | |
|--|--------------------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|
| | N | P | K | Ca | Mg | Al | Fe | S | C/N |
| Leaf litterfall | | | | | | | | | |
| mean (n=63) | 13.1 | 0.4 | 2.4 | 17.7 | 1.6 | 1.4 | 0.2 | 1.5 | 36.4 |
| min | 10.1 | 0.3 | 1.5 | 13.8 | 1.2 | 0.5 | 0.1 | 1.2 | 31.1 |
| max | 16.1 | 0.5 | 3.8 | 21.3 | 2.5 | 3.8 | 0.4 | 2.5 | 44.7 |
| SD | 1.1 | 0.1 | 0.3 | 1.8 | 0.2 | 0.7 | 0.1 | 0.2 | 2.7 |
| Living leaves (Masunaga, 1997) | | | | | | | | | |
| mean (n=608) | 18.1 | 1.0 | 9.4 | 16.9 | 2.6 | 2.0 | 0.2 | 2.8 | |
| Leaf litterfall of wet tropical rain forest, Malaysia (Burghouts, 1993) | | | | | | | | | |
| | 13.8 | 0.4 | 4.8 | 5.5 | 2.4 | | | | |

Perbedaan yang nyata dari konsentrasi hara pada daun tumbuhan hidup diantara dua lokasi ini dibedakan oleh perbedaan level Ca dapat tukar dalam tanah. Tanah pada plot penelitian ini dikategorikan sebagai tanah muda Inceptisol yang berkembang dari batu kapur dan andesit yang memiliki Ca yang tinggi. Aluminium dapat tukar dan yang dapat diekstrak juga tinggi. Relatif kaya dengan kation basa, terutama Ca dan sebaliknya juga kaya dengan kation masam.

Tabel 2. Karakteristik beberapa sifat kimia tanah pada 63 subplot dalam plot penelitian

| | pH* | | Total | | | Exchangeable | | | | | Extractable | | | |
|------------------|-----------------------|-----|-------|---------------------------|------|--------------|------|------|---------------------|------|-------------|------|------|-----|
| | H ₂ O | KCl | N | C | C/N | Al** | Ca | Mg | K | Na | P | S | Al | Fe |
| | (g kg ⁻¹) | | | c mol(+) kg ⁻¹ | | | | | mg kg ⁻¹ | | | | | |
| 0 - 5 cm | | | | | | | | | | | | | | |
| mean (n=63) | 4.4 | 4.3 | 4.7 | 62.0 | 13.2 | 4.0 | 9.60 | 0.68 | 0.27 | 0.12 | 5.56 | 3.89 | 1519 | 92 |
| SD | | | 0.95 | 11.66 | 0.82 | | 4.02 | 0.32 | 0.08 | 0.05 | 1.32 | 1.04 | 322 | 65 |
| 5 - 15 cm | | | | | | | | | | | | | | |
| mean (n=63) | 4.3 | 3.9 | 3.3 | 33.0 | 10.1 | 6.5 | 2.26 | 0.31 | 0.15 | 0.04 | 5.27 | 8.80 | 1251 | 121 |
| SD | | | 0.62 | 6.77 | 2.61 | | 1.53 | 0.16 | 0.07 | 0.01 | 2.27 | 4.63 | 265 | 31 |

* Soil : water or 1N-KCl = 1:2.5 ** Wakatsuki et al. (1986).

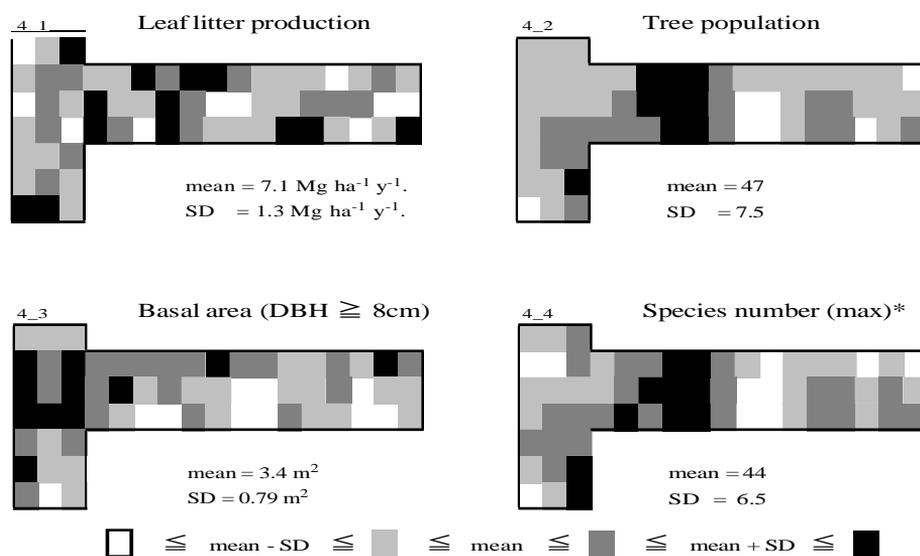
Namun konsentrasi K pada serasah daun pada plot penelitian ini relatif lebih rendah dibandingkan dengan di Malaysia (Tabel 1). Temuan ini disebabkan karena K mudah tercuci baik dari dari kanopi maupun dari dari serasah yang sudah berada pada *trap* oleh curah hujan yang tinggi pada area ini.

Runtuhan Serasah dan Flux Unsur Hara dan Hubungannya dengan Komposisi Tanaman

Rata-rata produksi runtuhan serasah daun pada plot penelitian ini adalah sebesar 11,4 ton Ha⁻¹, dengan kisaran 7,4 to 16.3 ton Ha⁻¹ thn⁻¹ (Tabel 3). Distribusi spasial dari serasah daun, jumlah spesies, populasi dan area basa (DBH ≥ 8 cm) diantara 63 subplot disajikan pada Gambar 3. Dan jumlah *flux* unsur hara ditemukan sangat bervariasi diantara subplot (Tabel 4). Dibandingkan dengan fluks hara dari hutan hujan tropis lain seperti *flux* P terlihat sebanding dengan hutan hujan tropik Malaysia, tapi *flux* Ca jauh lebih tinggi dibandingkan dengan kedua plot tersebut.

Tabel 3. Produksi serasah dan variasinya antar subplot pada plot penelitian

| | total litterfall | leaf litterfall | other litterfall |
|-------|-------------------------------------|-----------------|------------------|
| | Mg ha ⁻¹ y ⁻¹ | | |
| mean | 11.4 | 7.1 | 4.3 |
| min | 7.4 | 4.3 | 0.6 |
| max | 16.3 | 10.4 | 19.9 |
| SD | 2.1 | 1.3 | 3.7 |
| CV(%) | 18.5 | 19.0 | 86.1 |



* constitute of identified and unidentified tree sp.

Gambar 3. Distribusi spasial dari produksi serasah daun, populasi, jumlah spesies dan area basa pada plot penelitian

Tabel 4. Flux unsur hara melalui serasah daun pada plot penelitian ini dan beberapa lokasi penelitian lainnya

| | kg ha ⁻¹ y ⁻¹ | | | | | | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|------|-------|------|------|------|------|------|
| | N | P | Ca | Mg | K | Al | Fe | S |
| mean (n=63) | 92.5 | 2.6 | 125.3 | 11.7 | 17.2 | 9.7 | 1.4 | 10.7 |
| min | 54.2 | 1.5 | 70.6 | 6.2 | 8.8 | 3.2 | 0.7 | 6.2 |
| max | 139.8 | 4.5 | 206.7 | 17.7 | 27.5 | 26.4 | 3.5 | 16.4 |
| SD | 19.6 | 0.6 | 28.0 | 2.9 | 4.0 | 5.3 | 0.6 | 2.4 |
| CV(%) | 21.2 | 24.3 | 22.3 | 24.8 | 23.2 | 54.3 | 39.7 | 22.0 |
| other site | | | | | | | | |
| Mixed ^{a)} | 73.2 | 1.1 | 22.7 | | | | | |
| Dipterocarp forest ^{b)} | 81.0 | 1.2 | 13.0 | | | | | |
| Lowland rain forest ^{c)} | 100.0 | 2.8 | 70.0 | | | | | |

a) Brouwer, 1997, French Guyana, b) Proctor, 1983, Sarawak Malaysia and c) Lim, 1978, Pasoh Malaysia.

Untuk menentukan hubungan distribusi spasial dari beberapa parameter seperti produksi runtuhan serasah, kerapatan tumbuhan, jumlah spesies, area basal dan beberapa karakteristik tanah digunakan nilai koefisien korelasi dan index omega yang disajikan pada Tabel 5 dan 6. Koefisien korelasi antara nilai r dan nilai index omega pada Tabel 5 dan 6 berkorelasi positif dengan nilai r 0.32 (pada level 1%) ekuivalen

dengan nilai index ω 0.46 dan nilai r 0.24 (pada level 5 %) ekuivalen dengan 0.38. Sedangkan nilai negatif nya untuk r -0.32, -0.24 (level 1 dan 5%) ekuivalen dengan -0.17 dan -.009. Semua nilai ini digunakan untuk melihat hubungan distribusi spasial yang digambarkan pada Tabel 5 dan 6.

Tabel 5. Matrik korelasi koefisien dari komposisi tumbuhan, produksi serasah, *flux* unsur hara dan karakteristik tanah pada plot penelitian

| | nutrient flux | | | | | | | | | | soil chemical property | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|---------------|---------------|--------------|--------------|---------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|------------------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|---------------|-------------|--------------|-------------|-------|-------------|-----|--|
| | Tsp | T pop. | ba | L litter | N | P | K | Ca | Mg | Al | Fe | TN1 | TN2 | P1 | P2 | K1 | K2 | Ca1 | Ca2 | Mg1 | Mg2 | Al1 | Al2 | Fe1 | Fe2 | |
| Tsp | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T pop. | 0.97 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ba | 0.12 | 0.17 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L litter | 0.35 | 0.34 | 0.10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N flux | 0.31 | 0.32 | 0.04 | 0.89 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P flux | 0.12 | 0.07 | 0.04 | 0.81 | 0.74 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K flux | 0.22* | 0.20* | 0.32 | 0.75 | 0.73 | 0.67 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ca flux | 0.36 | 0.36 | 0.12 | 0.89 | 0.83 | 0.71 | 0.67 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mg flux | 0.14 | 0.13 | -0.02 | 0.84 | 0.70 | 0.73 | 0.68 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Al flux | 0.12 | 0.02 | -0.25 | 0.30 | 0.18 | 0.41 | 0.16 | 0.27 | 0.23* | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fe flux | 0.14 | 0.17 | 0.01 | 0.63 | 0.68 | 0.59 | 0.45 | 0.66 | 0.51 | 0.17 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TN1 | 0.05 | 0.06 | -0.17 | 0.20* | 0.27 | 0.21* | 0.12 | 0.24 | 0.25 | -0.01 | 0.25 | | | | | | | | | | | | | | | |
| TN2 | 0.02 | 0.04 | -0.03 | -0.04 | -0.15 | -0.10 | 0.02 | -0.06 | 0.09 | -0.16 | -0.09 | 0.15 | | | | | | | | | | | | | | |
| P1 | 0.19 | 0.22* | -0.04 | 0.16 | 0.15 | 0.16 | 0.12 | 0.19 | 0.23* | -0.05 | 0.06 | 0.55 | 0.20* | | | | | | | | | | | | | |
| P2 | -0.40 | -0.45 | 0.28 | -0.09 | -0.21* | 0.10 | 0.13 | -0.02 | -0.01 | 0.02 | 0.02 | -0.17 | 0.13 | -0.16 | | | | | | | | | | | | |
| K1 | 0.10 | 0.13 | 0.05 | 0.31 | 0.34 | 0.33 | 0.34 | 0.37 | -0.08 | 0.35 | 0.52 | -0.01 | 0.52 | -0.02 | | | | | | | | | | | | |
| K2 | -0.08 | -0.02 | -0.36 | -0.06 | -0.07 | -0.11 | -0.11 | 0.01 | 0.17 | -0.19 | 0.02 | 0.41 | 0.21 | 0.40 | -0.25 | 0.23 | | | | | | | | | | |
| Ca1 | -0.10 | -0.09 | -0.17 | -0.13 | -0.02 | 0.00 | -0.18 | -0.21* | -0.18 | -0.16 | 0.01 | 0.25 | -0.15 | -0.31 | -0.27 | 0.12 | -0.03 | | | | | | | | | |
| Ca2 | 0.03 | 0.06 | -0.15 | -0.12 | 0.02 | -0.05 | -0.14 | -0.21* | -0.07 | -0.06 | 0.08 | -0.02 | 0.03 | -0.15 | -0.44 | -0.10 | 0.19 | 0.42 | | | | | | | | |
| Mg1 | -0.16 | -0.13 | -0.26 | -0.12 | -0.01 | -0.05 | -0.23* | -0.20* | -0.05 | -0.24 | -0.03 | 0.43 | -0.06 | 0.05 | -0.32 | 0.29 | 0.27 | 0.79 | 0.33 | | | | | | | |
| Mg2 | -0.20 | -0.16 | -0.36 | -0.27 | -0.14 | -0.22* | -0.32 | -0.36 | -0.09 | -0.23* | -0.11 | 0.23* | 0.18 | 0.06 | -0.29 | -0.03 | 0.46 | 0.37 | 0.70 | 0.57 | | | | | | |
| Al1 | 0.18 | 0.20 | -0.01 | 0.22* | 0.19 | 0.14 | 0.19 | 0.33 | 0.31 | 0.06 | 0.22* | 0.53 | 0.25 | 0.83 | 0.01 | 0.43 | 0.33 | -0.48 | -0.22* | -0.13 | -0.04 | | | | | |
| Al2 | -0.22* | -0.21* | 0.00 | 0.01 | -0.03 | 0.01 | 0.00 | 0.13 | 0.19 | -0.11 | 0.06 | 0.24 | 0.20 | 0.27* | 0.59 | 0.15 | 0.35 | -0.26 | -0.46 | 0.00 | -0.02 | 0.42 | | | | |
| Fe1 | 0.29 | 0.27 | 0.19 | 0.08 | -0.04 | 0.08 | 0.09 | 0.05 | 0.05 | -0.06 | -0.11 | -0.39 | -0.12 | 0.08 | -0.01 | 0.06 | -0.07 | -0.31 | -0.25 | -0.17 | -0.31 | 0.01 | -0.03 | | | |
| Fe2 | 0.22* | 0.16 | 0.19 | 0.19 | 0.08 | 0.27 | 0.21* | 0.22* | 0.09 | 0.03 | 0.01 | -0.02 | -0.09 | 0.01 | 0.33 | 0.07 | -0.42 | -0.11 | -0.48 | -0.12 | -0.34 | 0.10 | 0.19 | 0.28 | | |

Tabel 6. Matrik Index Omega dari komposisi tumbuhan, runtuhan serasah, *flux* unsur hara dan karakteristik kimia tanah pada plot penelitian

| | nutrient flux | | | | | | | | | | soil chemical property | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|---------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|-------------|-----|--|
| | Tsp* | T pop. | ba | L litter | N | P | K | Ca | Mg | Al | Fe | TN1 | TN2 | P1 | P2 | K1 | K2 | Ca1 | Ca2 | Mg1 | Mg2 | Al1 | Al2 | Fe1 | Fe2 | |
| Tsp* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| T pop. | 0.92 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ba | 0.22 | 0.38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| L litter | 0.50 | 0.56 | 0.43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| N flux | 0.50 | 0.54 | 0.35* | 0.90 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| P flux | 0.33 | 0.37 | 0.28 | 0.86 | 0.83 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| K flux | 0.43 | 0.50 | 0.47 | 0.88 | 0.82 | 0.78 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ca flux | 0.53 | 0.54 | 0.39 | 0.88 | 0.86 | 0.80 | 0.81 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mg flux | 0.32 | 0.39 | 0.06 | 0.86 | 0.81 | 0.76 | 0.82 | 0.83 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Al flux | 0.25 | 0.11 | -0.03 | 0.42 | 0.37 | 0.56 | 0.40 | 0.36 | 0.37* | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fe flux | 0.30 | 0.40 | 0.28 | 0.72 | 0.70 | 0.70 | 0.60 | 0.75 | 0.61 | 0.30 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TN1 | -0.03 | 0.16 | -0.05 | 0.31 | 0.41 | 0.33 | 0.30 | 0.36* | 0.41 | -0.06 | 0.40 | | | | | | | | | | | | | | | |
| TN2 | 0.14 | 0.18 | 0.11 | -0.02 | -0.04 | -0.01 | 0.07 | -0.02 | 0.23 | -0.02 | 0.16 | 0.40 | | | | | | | | | | | | | | |
| P1 | 0.32 | 0.46 | -0.03 | 0.37 | 0.32 | 0.33 | 0.39 | 0.36* | 0.47 | 0.01 | 0.36 | 0.71 | 0.37* | | | | | | | | | | | | | |
| P2 | -0.13 | -0.15 | 0.36 | -0.07 | -0.10 | -0.01 | 0.28 | -0.02 | 0.28 | 0.22 | -0.06 | -0.07 | 0.50 | -0.08 | | | | | | | | | | | | |
| K1 | 0.11 | 0.35 | 0.14 | 0.82 | 0.82 | 0.84 | 0.80 | 0.88 | -0.05 | 0.84 | 0.62 | 0.23 | 0.72 | -0.03 | | | | | | | | | | | | |
| K2 | -0.01 | 0.28 | -0.11 | 0.06 | 0.31 | -0.05 | -0.01 | 0.20 | 0.44 | -0.06 | 0.28 | 0.67 | 0.33 | 0.59 | -0.11 | 0.52 | | | | | | | | | | |
| Ca1 | -0.02 | -0.04 | -0.08 | -0.06 | -0.04 | -0.04 | -0.12 | -0.08 | -0.08 | -0.07 | -0.01 | 0.32 | -0.07 | -0.11 | -0.13 | -0.02 | 0.10 | | | | | | | | | |
| Ca2 | -0.03 | -0.03 | -0.08 | -0.02 | -0.02 | -0.03 | -0.07 | -0.10 | -0.04 | -0.01 | 0.26 | 0.06 | -0.03 | -0.04 | -0.16 | -0.02 | 0.38 | 0.72 | | | | | | | | |
| Mg1 | -0.09 | -0.06 | -0.09 | -0.04 | -0.01 | -0.04 | -0.10 | -0.08 | 0.14 | -0.08 | -0.01 | 0.56 | -0.04 | 0.23 | -0.14 | 0.43 | 0.53 | 0.83 | 0.66 | | | | | | | |
| Mg2 | -0.08 | -0.07 | -0.16 | -0.11 | -0.10 | -0.09 | -0.14 | -0.17 | -0.08 | -0.06 | -0.06 | 0.40 | 0.40 | 0.30 | -0.09 | -0.05 | 0.61 | 0.61 | 0.81 | 0.70 | | | | | | |
| Al1 | 0.29 | 0.43 | 0.20 | 0.41 | 0.40 | 0.36* | 0.50 | 0.51 | 0.51 | 0.22 | 0.52 | 0.69 | 0.53 | 0.89 | 0.16 | 0.68 | 0.59 | -0.21 | -0.12 | -0.08 | -0.04 | | | | | |
| Al2 | -0.07 | -0.04 | 0.01 | -0.04 | -0.04 | -0.02 | 0.08 | 0.18 | 0.37 | -0.01 | 0.01 | 0.51 | 0.60 | 0.44 | 0.69 | 0.33 | 0.54 | -0.10 | -0.15 | -0.01 | -0.01 | 0.60 | | | | |
| Fe1 | 0.55 | 0.54 | 0.49 | 0.35* | 0.28 | 0.37* | 0.40 | 0.43 | 0.44 | 0.25 | -0.01 | -0.11 | -0.02 | 0.35* | -0.02 | 0.35* | -0.04 | -0.14 | -0.09 | -0.11 | -0.12 | 0.30 | -0.03 | | | |
| Fe2 | 0.45 | 0.48 | 0.40 | 0.36* | 0.28 | 0.33 | 0.35 | 0.35 | 0.28 | 0.27 | -0.03 | -0.04 | 0.22 | 0.23 | 0.47 | -0.01 | -0.14 | -0.09 | -0.23 | -0.12 | -0.13 | 0.21 | 0.38 | 0.44 | | |

Produksi runtuhan serasah berkorelasi positif dengan populasi tumbuhan ($r=0.34$ dan $\omega=0.56$) dan jumlah species ($r=0.35$ and $\omega=0.50$). Korelasi dengan areal basal relatif rendah ($r=0.10$ and $\omega=0.43$). Berkaitan dengan *flux* unsur hara karena *flux* unsur hara dihitung dengan mengalikan jumlah produksi runtuhan serasah dengan konsentrasi haranya, maka jumlah *flux* unsur hara dipengaruhi jumlah produksi serasah; dan pada gilirannya juga berkorelasi dengan populasi tumbuhan dan jumlah spesies.

Spasial distribusi dari *litterfall* dan *flux* unsur hara dan hubungannya dengan karakteristik tanah

Dalam hubungannya dengan karakteristik tanah spasial distribusi produksi serasah berkorelasi positif dengan distribusi dari beberapa unsur hara tanah pada lapisan atas terutama N total, P yang terekstrak, K, Al dan Fe. Dengan demikian tingginya produksi serasah dapat berkontribusi dalam meningkatkan N total, P, K, Al dan Fe lapisan atas tanah (0-5 cm).

Interaksi yang positif antara produksi serasah dengan karakteristik hara tanah, terutama N dan P, meskipun tidak terlalu kuat, diduga disebabkan tidak hanya oleh karena efek langsung dari peningkatan jumlah absolut dari unsur hara namun juga karena efek tidak langsung dari penambahan bahan organik yang berkontribusi dalam menyumbangkan bahan organik ke tanah.

Korelasi yang lemah antara produksi serasah dan jumlah Al dan Fe yang terekstrak pada tanah, disebabkan oleh partisipasi dari bahan organik yang dapat dilarutkan seperti Al oksida dan reduksinya untuk membentuk kompleks logam dengan Fe^{2+} . Diantara tiga elemen (N, P dan K), distribusi spasial dari *litter* produksi menunjukkan bahwa konsentrasi K dari daun tumbuhan segar adalah 9.4 g kg^{-1} (Masunaga *et al.*, 1997). Rata-rata konsentrasi K pada daun serasah, hanya 2.4 g kg^{-1} . Ini artinya 75 % dari K yang di daun hilang melalui pencucian ke tanah melalui aliran batang dan dahan. Sebaliknya Ca menunjukkan pencucian yang relatif rendah. Jika kita pertimbangkan efek pencucian dan dibandingkan dengan level basa-basa yang dapat terekstrak pada tanah, dapat dijelaskan bahwa runtuhan serasah menunjukkan hubungan yang positif dan signifikan dengan K yang dapat diekstrak dalam tanah. Total *flux* unsur hara dapat diestimasi berdasarkan kepada jumlah aliran hara selama satu tahun dan jumlah hara yang tercuci. Total *flux* unsur hara seperti Ca, Mg dan K adalah $125.3 \times 16.9/17.7$, $11.7 \times 2.64/1.64$, and $17.2 \times 9.44/2.44$, berarti sama

dengan 120, 19, and 67 kg ha⁻¹ thn⁻¹, untuk Ca, Mg dan K. Jumlah dari Ca, Mg, and K pada tanah lapisan atas (0-5 cm), dan pada 5-15 cm adalah 499 kg dan 951 kg untuk Ca, 21 kg dan 58 kg untuk Mg, dan 27 kg dan 86 kg untuk K. Rasio total flux terhadap kandungan hara dalam tanah pada 0-5 cm dan 5-15 cm adalah 499/120 dan 951/120 untuk Ca, 21/19 dan 58/19 untuk Mg dan 27/162 dan 86/162 untuk K. Pengaruh penambahan K dari *flux* unsur hara lebih tinggi dari pada Mg dan Ca. Ini mungkin merupakan alasan kenapa Ca dan Mg tidak menunjukkan hubungan yang positif antara produksi serasah dengan karakteristiknya dalam tanah.

Flux unsur hara N, P dan K cenderung memperlihatkan korelasi positif dengan total N dan P dan K yang terekstrak dalam tanah lapisan atas. Korelasi yang positif antara *flux* N dan N total tanah, *flux* K dan K pada tanah telah terobservasi, namun tidak signifikan untuk *flux* P dan P pada tanah. Korelasi yang lemah antara *flux* P dan P tanah disebabkan oleh karena rendahnya konsentrasi P pada tanah. Peningkatan P dari bahan organik melalui runtutan serasah dapat meningkatkan ketersediaan P tanah baik melalui penambahan P dari materi serasah maupun efek tidak langsung dari bahan organik dalam menurunkan ikatan P dengan mineral tanah dan aluminium oksida lainnya dalam tanah.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa flux unsur hara dari runtutan serasah berkorelasi positif dengan konsentrasi N dan K pada tanah, Namun tidak terlihat hubungan yang positif terhadap Ca dan Mg. Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh karena rasio konsentrasi hara dalam tanah dengan jumlah *flux* unsur hara yang ditambahkan melalui produksi serasah. Apabila rasio ini rendah, maka efek dari *flux* unsur hara lebih nyata. Namun distribusi spasial dari keragaman spesies tumbuhan, produksi serasah, flux N dan Ca menunjukkan korelasi yang positif. Spasial distribusi dari beberapa parameter kimia tanah, kecuali Fe yang terekstrak pada lapisan atas tanah berkorelasi negatif dengan jumlah species tumbuhan. Hasil penelitian ini dapat disarankan bahwa tingginya keragaman spesies tumbuhan dan beragamnya karakteristik unsur haranya dapat berkontribusi terhadap timbulnya keragaman status kesuburan tanah dan nutrisi dalam tanah melalui siklus unsur hara seperti serapan hara, akumulasi dan *flux* unsur hara ke sistem tanah pada plot penelitian di hutan hujan tropik super basah ini.

Daftar Pustaka

- Brouwer, L.C. 1996. *Nutrient cycling in pristine and logged tropical rainforest*. PhD. Thesis. Tropenbos. Guyana.
- Burghouts, T.B.A. 1993. *Spatial heterogeneity of nutrient cycling in Bornean rain forest*. PhD thesis, Free University Amsterdam. The Netherlands. In "Nutrient Cycling in Pristine and Logged Tropical Rain Forest". Tropenbos-Guyana Series I. Brouwer, L.C 1996. 224 pp.
- Cuevas, E., and Medina, E. 1986. *Nutrient dynamics within Amazonian forest ecosystem*. I. Nutrient flux in knee litter and efficiency of nutrient utilization. *Oecologia* 68 : 466-472.
- Faceli, J.M., Pickett, S.T.A., 1991. *Plant litter: its dynamics and effects on plant community structure*. *The Bot. Rev.* 57, 1-32.
- Gerhard, B., Ninomiya, I., and Ogino, K. 1996: *Distribution characteristics of mineral elements in tree leaves of a mixed Dipterocarp forest in Sarawak Malaysia*. *Tropics*, 6, 29-38.
- Hotta, M. 1984. *Forest ecology and Flora of G. Gadut, West Sumatra*, 220 pp. Sumatra Nature Study (Botany)., Kyoto University, Kyoto.
- _____. 1986. *Diversity and Dynamics of Plant life in Sumatra, Part 2*. 128 pp. Sumatra Nature Study (Botany), Kyoto University, Kyoto.
- _____. 1989. *Diversity and Plant-Animal Interaction in Equatorial Rain Forest*, 302 pp. Sumatra Nature Study (Botany). Kagoshima University, Kagoshima.
- Hermansah, Aflizar, Z. Masunga, T. and Wakatsuki, T. 2002. *Dynamics of litter production and its quality in relation to climatic factors in a Super wet tropical rainforest, West Sumatra, Indonesia*. unpublished Iwao, S. 1977. *Analysis of spatial association between two species based on the interspecies mean crowding*. *Researches on Population Ecology* 18:243-160.
- Khoyama, T., Suzuki, E. and Hotta, M. 1994. *Spatial distribution pattern of representative tree species in a foothill rainforest in West Sumatra*, *Tropics*, 4(1):1-15.
- Koyama, T. and Sutoh, M. 1987. *Simultaneous multi element determination of soils, plant and animal samples by inductively coupled plasma emission spectrometry*. *Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 58, 578-585 (in Japanese).

- Kubota, D., Masunaga, T. Hermansah. Hotta, M. and Wakatsuki, T. 2000. *Soil quality characterization in relation to tree species diversity in tropical rain forest, West Sumatra Indonesia I. Comparison of two 1-ha plots. Tropics 9(2):133-145*
- Kubota, D., Masunaga, T., Hermansah, Hotta, M., Shinmura, Y. and Wkatsuki,T. 1998. *Soil environment and tree species diversity in tropical rain forest, West Sumatra, Indonesia. In: A Schulte & Ruhayat, D., (eds), Soils of Tropical Forest Ecosystem: Characteristics, Ecology and Management, 159-167. Springerr, Berlin.*
- Lim, M.T. 1978. *Litterfall and mineral nutrient content of litter in Pasoh Forest Reserve Malay.Nat. J.30: 375-380.*
- Masunaga, T., Kubota, D., Hotta, M and Wakatsuki,T. 1997. *Nutritional characteristics of mineral elements in leaves of tree species in tropical rain forest, West Sumatra, Indonesia. Soil. Sci. Plant Nutr., 43, 405-418.*
- Masunaga, T., Kubota, D., Hotta, M. and Wakatsuki, T. 1998. *Nutritional characteristics of mineral elements in leaves of tree species in tropical rain forest, West Sumatra, Indonesia. Soil. Sci. Plant Nutr., 44(3), 315-329.*
- Masunaga, T., Kubota, D.,William, U., Hotta, M , Shinmura, Y.and Wakatsuki, T. 1998. *Spatial distribution pattern of trees in relation to soil edaphic status in tropical rain forest in West Sumatra, Indonesia I. Distribution of accumulating trees. Tropics 7 (3/4): 209-222.*
- Proctor, J., Anderson, J.M., Chai, P. and Vallack, H.W. 1983. *Ecological studies in four contrasting lowland rain forest in Gunung Mulu National Park, Sarawak: II Litterfall, litter standing crop and preliminary observations on herbivory. Journal of Ecology 71: 261-283.*
- Quaker, N.R., Klucker, P.D., and Chang, G.N. 1970. *Calibration of inductively coupled plasma emission spectrometry for analysis of the environmental materials. Anal.chem., 51, 885-895.*
- Stevenson, F.J. 1985. *Cycles of soil. Carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur, micronutrients. A willey-inter science publication John Wiley and Sons. 380 p.*
- Vitousek, P.M. and Sanford, R.L. (1986). *Nutrient cycling in moist tropical forest. Annual Reviews Ecological System 17:137-167.*

- Vitousek, P.M, 1984. *Litterfall, nutrient cycling and nutrient limitation in tropical forest*. Ecology. 65 (1): 285-298.
- Vitousek, P. M. 1982. *Nutrient cycling and nutrient use efficiency*. American Naturalist. 119: 553-572.
- Wakatsuki, T. Saidi, A. and Rasyidin, A. 1986. *Soils in the toposequence of the G. Gadut tropical rain forest, West Sumatra*. Southeast. 24;243-262.
- Wakatsuki, T. 1978. *Behaviours of elements during weathering of transported soil materials (part 7), Leachate elements- Mg, Ca, Na, Sr*. Jpn.J.Soil Sci. Plant Nutr.,49, 270-274 (in Japanese).
- Yoneda, T. 1997. *Decomposition of storm generated litter in a tropical foothill rain forest, West Sumatra, Indonesia*. Tropics 7(1/2) 81-92.
- Yoneda, T., Ogino, K., Kohyama, T., Tamin, R., Syahbudin and Rahman, M. 1994. *Horizontal variance of stand structure and productivity in a tropical foothill rain forest, West Sumatra, Indonesia*. Tropics 4(1):17-33.

CATATAN DISKUSI SESI I

Moderator: Dr. Wiryono (Universitas Bengkulu)

1. Dalam melakukan penelitian pendugaan cadangan biomassa perlu dilakukan pemodelan. Dalam pemodelan ini perlu diperhatikan spesifikasi lokasi dan objek penelitian karena berbeda lokasi akan memberikan hasil yang berbeda. Pemodelan yang bersifat umum diperlukan untuk memberikan *guidance* sebelum dilakukan pemodelan yang lebih spesifik. Pemodelan untuk menghitung serapan karbon diperlukan untuk setiap tutupan lahan.
2. Keragaman *biodiversity* bisa menjadi keuntungan maupun kerugian dilihat dari kesuburan tanahnya. Keragaman *biodiversity* dari sisi kesuburan tanah ini sejalan dengan negosiasi di UNFCCC yang akan membahas terkait dengan *non-carbon benefit*.
3. Dalam perundingan di UNFCCC dibutuhkan *support* yang kuat dan akurat dari *scientist*. Dukungan *scientist* terhadap proses negosiasi ini bisa sangat luas, untuk itu penelitian-penelitian tidak bisa dilaksanakan sendiri namun diperlukan *Joint Research*. Contoh dari *joint research* misalnya penelitian di semua *carbon pool* seperti yang telah disyaratkan dalam UNFCCC.
4. Terkait dengan pengelolaan hutan lestari, Balai Diklat Kehutanan (BDK) Pematang Siantar telah melakukan sosialisasi kepada masyarakat. Akan tetapi mempertahankan hutan dirasakan masyarakat lebih berat dibanding dengan menanam. Untuk itu diperlukan motivasi kepada masyarakat. Selain keuntungan berupa materi misalnya dari penjualan karbon, masyarakat termotivasi mempertahankan hutan karena merasakan manfaat ekologi seperti ketersediaan air, kesuburan tanah maupun kesejukan udara. Selain itu juga dapat digunakan pendekatan religi bahwa menjaga hutan adalah amanah dari Tuhan YME bagi manusia.

Bab IV

Workshop Pengembangan Jejaring Kerja Universitas, Lembaga Penelitian dan Lembaga Pendidikan Terkait Bidang Hutan, Lahan, dan Perubahan Iklim di Region Sumatera

4.1. PRESENTASI DAN DISKUSI

4.1.1. Pentingnya Network Lembaga Ilmiah dalam Mendukung Penanganan Isu Perubahan Iklim

Oleh: Dr. Ir. Nur Masripatin, M.For.Sc. (Kepala Pusat Standardisasi dan Lingkungan, Kementerian Kehutanan)

Perubahan iklim adalah isu berbasis *science* yang sarat dengan pertimbangan ekonomi, sensitif terhadap isu sosial terutama tentang *indigenous peoples*, serta karena sifatnya yang global isu ini sangat terkait dengan kedaulatan negara. Oleh karena itu Konvensi Perubahan Iklim (UNFCCC) dibentuk untuk menyeimbangkan konsentrasi GRK di atmosfer pada level yang aman terhadap pengaruh yang membahayakan sistem iklim. Dengan demikian ekosistem dapat beradaptasi secara alami terhadap perubahan iklim sehingga produksi pangan terlindungi dan pembangunan ekonomi berjalan sesuai prinsip-prinsip kelestarian. Isu perubahan iklim merupakan ancaman sekaligus peluang bagi Indonesia, terutama dalam hal pengembangan ilmu dan teknologi, *capacity building*, serta pendanaan dan perdagangan karbon.

Pada pertemuan ADP II –1 di Bonn tanggal 29 April – 3 Mei 2013 terdapat pergeseran pandangan terhadap penempatan isu kehutanan dalam *climate change regime*, termasuk dorongan untuk melihat kehutanan, dalam hal ini REDD+, dalam konteks keseluruhan *land sector*. Kemudian pada ADP II-1 (*Work Stream II*) secara khusus dibahas mengenai peran sektor lahan (dengan *core* kehutanan) dalam mitigasi dan adaptasi perubahan iklim ke depan. Kecenderungan serupa juga terdapat pada pembahasan isu kehutanan pasca Doha pada SBSTA-38, di mana terdapat peningkatan dorongan untuk melihat REDD+ dalam konteks yang lebih luas (seperti *non-carbon benefits, joint adaptation and mitigation, livelihood, drivers* deforestasi dan degradasi hutan, serta *safeguards*). Hal tersebut telah dilakukan juga dalam penyusunan *National Communication* ke-2 dan ke-3 oleh Kementerian Lingkungan Hidup, dimana penghitungan dilakukan pada sektor lahan secara keseluruhan agar dapat diketahui perubahan fungsi lahan dari waktu ke waktu. Pada forum ini dibahas juga tentang *more comprehensive accounting approaches* untuk *land-based and activity-based*, serta *additional activities* untuk CDM kehutanan, dalam hal ini perlu diperhatikan peluang hutan kota sebagai penyerap emisi di *settlement area*. Dengan dinamika yang demikian tinggi, maka diperlukan kontribusi kaum akademisi dalam menyusun laporan penurunan emisi tidak hanya dari sektor kehutanan, namun terintegrasi juga dengan sektor berbasis lahan lainnya.

Menurut IPCC, untuk mempertahankan kenaikan suhu bumi tidak melebihi 2°C pada tahun 2020, emisi dunia harus dijaga pada kisaran antara 41 - 47 Gt CO₂e (rata-rata 44 Gt CO₂e). Namun, di sisi lain emisi BAU saat ini sudah berada antara 57 – 60 Gt CO₂e (rata-rata 58 Gt CO₂e) sehingga terdapat kesenjangan sekitar 14 Gt CO₂e - 17 Gt CO₂e (rata-rata 14 - 20 Gt CO₂e). Maka diperlukan upaya menjembatani *emissions gap* tersebut, dan sektor berbasis lahan seperti kehutanan dan pertanian dapat memberikan kontribusi yang signifikan, terutama untuk kasus Indonesia, yaitu kehutanan 1,3 – 4,2 GT, pertanian 1,1 – 4,3 GT. Oleh karena itu diperlukan *linking* kebijakan di sektor kehutanan dan sektor lahan lainnya kepada kebijakan mitigasi dan adaptasi dalam *scope* yang lebih luas, yaitu kerangka strategi pembangunan rendah emisi dan resilien terhadap perubahan iklim (*Low Emissions and Climate Resilience Development Strategy*). Untuk menuju ke sana tentunya banyak tantangan yang harus dilalui, baik terkait teknis maupun kebijakan, maka lembaga ilmiah perlu mengidentifikasi dan menentukan di mana dapat berkontribusi dalam menghadapi dan merespon tantangan tersebut. Secara garis besar peran lembaga ilmiah dalam mengarahkan keputusan COP adalah mendukung proses negosiasi global di bawah UNFCCC melalui hasil penelitian, serta memberikan kontribusi ilmiah kepada IPCC melalui jurnal Internasional.

Perlu diingat bahwa keragaman bio-geograks, sosial-budaya, dan keberadaan lembaga ilmiah di seluruh wilayah Indonesia, serta kompleksitas isu perubahan iklim menuntut adanya koordinasi dan sinergi program dan kegiatan riset serta pengajaran oleh lembaga ilmiah. Hal tersebut merupakan alasan utama pentingnya pembangunan *network* lembaga ilmiah. Basis membangun *network* lembaga ilmiah juga tercantum dalam keputusan UNFCCC pasal 5 yang menyatakan bahwa setiap negara perlu:

- Mendukung dan mengembangkan program internasional dan antar pemerintah dan *networks* atau organisasi, yang ditujukan untuk merancang, melakukan dan mendanai riset, pengumpulan data dan observasi sistematis, dengan meminimalkan duplikasi kegiatan.
- Mendukung upaya internasional untuk memperkuat *research and systematic observation* serta kapasitas dan kapabilitas nasional di bidang *science* dan riset, serta mendorong akses dan pertukaran data dan analisis antar negara.
- Melakukan kerjasama dalam memperkuat *endogenous capacities* dan kemampuan negara berkembang untuk dapat berpartisipasi dalam kedua upaya di atas.

Lebih lanjut pada pasal 6 dinyatakan bahwa setiap negara perlu mendorong dan memfasilitasi (di tingkat nasional, regional dan sub regional) sesuai kemampuan dan peraturan yang berlaku di masing-masing negara berupa:

- pengembangan dan implementasi program pendidikan dan *public awareness* tentang perubahan iklim dan dampaknya,
- akses publik terhadap informasi tentang perubahan iklim dan dampaknya,
- partisipasi publik dalam penanganan perubahan iklim dan penanggulangan dampaknya,
- training bagi kalangan *scientific*, tenaga teknis dan manajemen,
- bekerjasama dan mendorong (di tingkat internasional, menggunakan lembaga yang ada) pengembangan dan pertukaran materi pengajaran dan *public awareness* tentang perubahan iklim dan dampaknya, serta pengembangan dan implementasi program pendidikan dan *public awareness*, termasuk penguatan lembaga, pertukaran atau *secondment* para ahli untuk melakukan *training*.

Konvensi Perubahan Iklim (UNFCCC) secara khusus menempatkan lembaga pendidikan dan lembaga penelitian dalam posisi sentral (Pasal 5 tentang *research and systematic observation* dan Pasal 6 tentang *education, training and public*

awareness), namun belum banyak lembaga pendidikan dan lembaga penelitian yang secara institusional menaruh perhatian/terlibat dalam penanganan isu ini, meskipun secara individual keterlibatan akademisi dan peneliti sudah semakin meningkat. Agar keterlibatan tersebut melembaga, maka diperlukan upaya para individu akademisi dan peneliti yang telah terlibat dalam penanganan isu perubahan iklim untuk menginternalisasikannya ke lembaga masing-masing dan membangun *network* antar lembaga, sehingga dapat berperan signifikan, baik di tingkat lokal-nasional maupun global, termasuk peran melalui IPCC dan *global research and systematic observation*. Network regional yang terbangun merupakan titik awal dari upaya sinergi di bidang ilmiah, maka sangat dianjurkan agar para anggota *network* ini ikut aktif pada *networks* lain yang lebih besar, baik dari segi isu maupun cakupan.

4.2.2. Framework Jejaring (Networking) Perubahan Iklim Sempit Sumatera

Oleh: Dr. Agus Susatya (Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu)

Isu perubahan iklim meliputi elemen iklim, metodologi, adaptasi, mitigasi, *governance*, *smart agriculture/forestry/fishery*, dan kebijakan terkait perubahan iklim. Pada elemen iklim, isu perubahan iklim ditandai dengan perubahan perilaku iklim dan cuaca, seperti intensitas hujan, perubahan pola hujan, yang berakibat pada munculnya kejadian ekstrim, termasuk berbagai kasus bencana alam di Sumatera. Karena semakin parahnya dampak pada iklim, maka dibuat *modelling* perubahan iklim beserta dampaknya (hidrologi dan pesisir) guna membantu upaya adaptasi dan mitigasi. Elemen berikutnya adalah teknis metodologis, yang terdiri dari cadangan karbon, emisi karbon, penyerapan karbon, *carbon footprint* dan *accounting*. Sebagian besar hasil penelitian terkait hal ini adalah berupa cadangan karbon, baik dari segi *harvesting* maupun persamaan alometriknya. Sehingga yang perlu dikembangkan ke depan adalah estimasi cadangan karbon melalui citra satelit. Penelitian terkait emisi dan serapan karbon serta *carbon accounting* dari sektor kehutanan dan lahan masih jarang dilakukan, maka ke depan perlu dilakukan penelitian terkait hal tersebut agar dapat diketahui selisih antara emisi dan cadangan karbon.

Topik besar lainnya adalah adaptasi terhadap perubahan iklim. Secara umum terdapat 3 (tiga) faktor yang menentukan aksi adaptasi perubahan iklim, yaitu *exposure* terhadap perubahan iklim, sensitivitas, serta kemampuan beradaptasi. Ketiganya

jika dikalibrasikan akan membentuk kerentanan (*vulnerability*) terhadap perubahan iklim. Dalam *framework* bagi kerentanan terhadap perubahan iklim, terdapat 3 faktor tersebut, yang setelah diproses akan menghasilkan *output* berupa pemetaan kawasan yang rentan terhadap perubahan iklim. Guna melaksanakan upaya adaptasi, maka kemampuan beradaptasi harus ditingkatkan, hal itu sangat dipengaruhi oleh kesejahteraan secara ekonomi, infrastruktur dan teknologi, institusi dan pelayanan, informasi, pengetahuan dan skill, keadilan, serta *social capital* seperti *indigenous people*. Selain adaptasi perlu juga dibahas mengenai upaya mitigasi perubahan iklim. Hal yang terkait hal ini adalah besaran emisi GRK yang dikeluarkan, *baseline* yang digunakan, serta strategi yang menyangkut *cost* upaya mitigasi dan teknologi yang akan digunakan dalam skenario mitigasi perubahan iklim. Dalam mewujudkan tujuan bersama melalui upaya mitigasi dan adaptasi perubahan iklim dibutuhkan tata kelola (*governance*) yang baik melalui interaksi sinergis antara sektor swasta dan pemerintah. Untuk mencapainya dibutuhkan analisis *stakeholder* yang terlibat, analisis terhadap sistem yang dipakai, manajemen konflik, analisis perubahan, serta intervensi berupa pelaksanaan program. Dalam tatanan teknis upaya adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di sektor berbasis lahan dapat diwujudkan salah satunya dengan *Climate Smart Agriculture* pada sektor pertanian yang dikembangkan oleh FAO. Pada dasarnya upaya tersebut berusaha untuk menjawab tantangan dalam membangun sinergi antara ketahanan pangan dan adaptasi serta mitigasi perubahan iklim dengan mengurangi potensi terjadinya *trade-off* negatif.

Guna meraih sinergi tersebut, maka diperlukan jejaring kerja/network bagi lembaga ilmiah dalam mendukung aksi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Beberapa pertimbangan terkait pentingnya pembangunan network adalah karena adanya *gap* antara praktisi dan peneliti serta antara kebijakan nasional, regional, dan lokal. Selain itu untuk kasus di Sumatera, komunikasi antar para peneliti selama ini masih kurang optimal, hal tersebut ditandai dengan adanya *overlapping* kegiatan penelitian. Hal tersebut diperparah lagi dengan tidak diketahuinya *roadmap* masing-masing peneliti di Sumatera, sehingga arah kegiatan ilmiah terkesan belum jelas. Selain itu, mengingat kompleksnya isu perubahan iklim maka kerjasama antar disiplin ilmu dan sektor perlu ditingkatkan sambil terus memperkuat kualitas sumber daya manusia yang ada. Oleh karena itu, pembentukan network ilmiah merupakan suatu keniscayaan karena perlu disadari bahwa upaya dalam bingkai organisasi akan lebih efektif daripada individual, sehingga kaum akademisi dapat memiliki wadah dalam mempengaruhi penentuan kebijakan pemerintah.

Dalam membangun network perlu diperhatikan beberapa isu penting, seperti jenis penelitian dan peneliti yang melakukannya beserta lokasi penelitian tersebut dilakukan agar tidak terjadi *overlap*. Terkait lokasi penelitian, pembagian Sumatera menjadi 6 region biogeoksik sudah dilakukan oleh Laumonier pada tahun 1992 berdasarkan parameter suhu, curah hujan, dan vegetasi. Pembagian simpul tersebut dapat menjadi alternatif skema pembagian simpul network lembaga ilmiah hutan dan perubahan iklim yang akan dibangun. Pengembangan riset yang akan dilakukan ke depan juga perlu dipikirkan dari sekarang. Alternatif pengembangan riset antara lain terkait gambut (akan banyak dilakukan oleh Aceh, Riau, dan Sumatera Selatan), modeling alometrik (dapat dikembangkan oleh Sumatera Barat), *awareness raising* (yang telah dilakukan di Lampung), serta *best practice* untuk manajemen hutan. Universitas Bengkulu sendiri telah melakukan penelitian terkait cadangan karbon dan karbon *sequestering* di hutan lindung dan Taman Nasional Kerinci Seblat, hutan pantai, agroforestry, serta penggunaan citra MODIS untuk menduga cadangan karbon di lahan bekas tambang, selain itu terdapat penelitian tentang dendroklimatologi yang masih *on going*. Untuk mendukung sinergi penelitian ke depan, maka secara teknis perlu integrasi plot permanen yang sudah dibuat oleh tiap lembaga ilmiah. Dengan demikian, akan tercipta integrasi data yang juga akan meningkatkan akurasi hasil penelitian. Dengan integrasi plot permanen, secara bertahap dapat dibentuk standardisasi inventarisasi dan monitoring sumber daya hutan di tiap simpul.

Dalam membangun network ini, terdapat beberapa kendala yang harus dihadapi, di antaranya terkait pendanaan riset. Kendala yang ada adalah adanya kriteria tertentu dalam pendanaan dalam negeri untuk memperoleh dana penelitian dalam jumlah besar, yaitu harus sudah pernah melakukan penelitian sebelumnya. Namun, saat ini sudah terdapat berbagai alternatif pendanaan riset lain, seperti skema dalam Ditjen Dikti berupa Fundamental dan Kompetensi, serta adanya inisiatif Lembaga Pengelolaan Dana Pendidikan (LPDP) dari Kementerian Keuangan yang menyediakan pendanaan untuk penelitian 3 tahun berturut-turut ada isu terkait *green growth*. Network lembaga ilmiah yang akan dibentuk perlu merencanakan komunikasi dengan network di region lain, *sharing* informasi, peningkatan kapasitas SDM, partisipasi dalam penentuan kebijakan, serta penyusunan publikasi hasil penelitian. Untuk itu, perlu segera dibentuk susunan organisasi network lembaga ilmiah Sumatera.

4.1.3. Sumatra University and Research Network on Climate Change

Oleh: Prof. Dr. Deddy Hadriyanto, MS (Center for Climate Change Studies, Universitas Mulawarman - Samarinda)

Isu perubahan iklim merupakan permasalahan global yang disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer. Kontribusi peningkatan GRK tersebut berbeda-beda tiap kawasan, Indonesia sendiri menyumbang gas CO₂ dari aktivitas LULUCF lebih banyak dibanding dengan aktivitas industri. Dengan luas daratan yang hanya 30% dari total luas wilayah, Indonesia mempunyai keadaan SDA yang beragam, serta membutuhkan pengelolaan yang berbeda pula. Berangkat dari fakta tersebut, universitas dan lembaga penelitian lainnya seharusnya mempunyai kontribusi yang signifikan terhadap masalah perubahan iklim ini. Kementerian Kehutanan melalui Pusat Standardisasi dan Lingkungan telah mengawali langkah dalam meningkatkan peran lembaga ilmiah dengan memberdayakan universitas dan lembaga penelitian dalam penanganan isu ini. Dalam hal ini, region Sumatera merupakan bagian penting dari sumber daya alam berbasis lahan di Indonesia dengan dinamika manajemen yang tinggi, oleh karena itu perlu adanya wadah dalam merespon isu perubahan iklim ini.

Isu perubahan iklim memiliki beberapa karakteristik, yaitu:

- Kompleks, karena melibatkan berbagai sektor, serta seluruh lembaga dan lapisan masyarakat. Maka dari itu, dibutuhkan regulasi yang dapat mengakomodasi solusi.
- *Uncertainty*, sebagai dampak dari penggabungan berbagai faktor yang perlu diikuti dengan berbagai komitmen.
- *Interdependence*, karena tidak ada negara maupun kelompok masyarakat tertentu yang dapat menangani isu perubahan iklim sendirian, maka diperlukan adanya kerjasama dan kolaborasi.
- Menimbulkan konflik kepentingan, maka diperlukan kompromi yang adil disertai dengan *mutual respect* dan solusi yang mengutamakan masyarakat luas.

Seperti telah disebutkan di atas bahwa penanganan isu perubahan iklim membutuhkan kerjasama dan kolaborasi antar pihak, maka dalam hal ini diperlukan network sebagai wadah koordinasi bagi lembaga ilmiah. Melalui fasilitasi dari Pustanling Kementerian Kehutanan telah dibentuk network di berbagai region di Indonesia, yaitu Kalimantan, Sulawesi, Maluku-Papua, dan Bali-NTB-NTT, kemudian akan dibentuk di Region Sumatera dan Jawa. Hal yang serupa juga terjadi pada inisiatif MP3EI di mana terdapat jejaring kerja perguruan tinggi yang terbagi dalam beberapa koridor, yaitu Sumatera,

Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Bali dan Nusa Tenggara, serta Maluku dan Papua. Maka dari itu, perlu segera dibentuk network lembaga penelitian terkait hutan dan perubahan iklim di regional Sumatera. Network yang terbangun harus dapat menjaga komunikasi dengan Koordinator Perguruan Tinggi Swasta, berkomunikasi dengan pengambil kebijakan, serta terlibat dalam komunikasi di level internasional.

Adapun aktivitas yang dapat dilakukan oleh universitas dan lembaga penelitian dalam bingkai network antara lain:

- Bekerjasama melakukan penelitian dengan pemerintah dan NGO baik nasional maupun internasional dalam upaya adaptasi dan mitigasi perubahan iklim.
- Melakukan monitoring baik terhadap penyebab dan dampak dari perubahan iklim.
- Melakukan pelibatan dan kerjasama dengan masyarakat luas terutama dalam hal adaptasi perubahan iklim dari segi *life style*.
- Terlibat dalam berbagai proses internasional termasuk UNFCCC.

Terkait dengan implementasi REDD+ di level nasional, baru-baru ini telah terbit Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 62 Tahun 2013 tentang Badan Pengelola Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca dari Deforestasi, Degradasi Hutan dan Lahan Gambut, maka network yang akan dibangun dapat mengintegrasikan peran dengan lembaga tersebut, terutama yang terkait dengan aspek teknis-metodologis dan pengembangan kapasitas. Hal ini juga menjadi catatan bagi network Sumatera, bahwa peningkatan kapasitas yang dilakukan harus disesuaikan dengan kepentingan nasional dan disusun secara regional.

Karena pentingnya peran lembaga ilmiah dalam penanganan perubahan iklim, maka strategi penelitian terkait perubahan iklim secara nasional perlu disesuaikan dengan strategi penanganan perubahan iklim di tingkat internasional (baik dalam hal mitigasi, adaptasi, pendanaan, dan alih teknologi). Otoritas penelitian juga harus disesuaikan dengan kondisi sosial dan lingkungan serta SDA utama di daerah tersebut. Penelitian yang dilakukan juga harus seimbang antara yang bersifat *applied* dan *basic*, dan juga antara yang bersifat jangka pendek dan jangka panjang. Selain itu, network juga perlu membantu memfasilitasi pembangunan dan peningkatan kapasitas SDM peneliti, dukungan finansial, komunikasi, dan fasilitasi di daerah. Lebih spesifik pada level regional, penelitian terkait perubahan iklim perlu mendukung pembangunan daerah yang sinergis dengan kepentingan nasional dan global. Penelitian juga perlu menyediakan data dan informasi ilmiah bagi pengambil kebijakan di level nasional sambil mempromosikan keunikan SDA lokal.

4.2. RUMUSAN HASIL *FOCUSED GROUP DISCUSSION*

Rumusan hasil *Focus Group Discussion* oleh 2 (dua) kelompok tersaji pada Tabel berikut :

| No | Pertanyaan Kunci | Kelompok I | Kelompok II |
|----|--|--|---|
| 1 | Bentuk network | <p>Bentuk: Forum/Jejaring dan berbadan hukum</p> <p>→ Perlu legitimasi network dari suatu institusi.</p> <p>→ Beranggotakan institusi (ie: pusat studi, jurusan) dan individu</p> <p>Alternatif Nama:</p> <ol style="list-style-type: none"> <i>Sumatera Research and Education Network on Forest and Climate Change</i> <i>Sumatera Network on Scientific Issues of Forest and Climate Change</i> <p>Struktur Organisasi</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ketua • Sekretaris • Wakil Sekretaris | <p>Network bertujuan untuk mengisi <i>gap</i> penelitian dan pelatihan dalam isu perubahan iklim.</p> <p>Alternatif nama: <i>Sumatera Network for Climate Change</i></p> <p>Bentuk organisasi: Jaringan (Menitikberatkan keterlibatan individual yang dapat mewakili institusi) → dapat dikembangkan menjadi bentuk yang lebih besar.</p> <p>Struktur organisasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kepengurusan struktur akan di-rolling tiap 2 tahun • Koordinator: Dr. Agus Susatya (Universitas Negeri Bengkulu) • Perwakilan simpul dibagi tiap provinsi. |
| 2 | Hal-hal yang akan dikerjakan di dalam/ melalui network | <ul style="list-style-type: none"> • Menyusun AD/ART organisasi • Melakukan identifikasi sumber daya • Membuat database penelitian terkait hutan dan perubahan iklim. • Membuat <i>database</i> para ahli pada masing-masing bidang • Membuat pemetaan riset yang telah dilakukan dan potensinya | |

| | | | |
|---|--|--|--|
| | | <ul style="list-style-type: none"> • Menyamakan persepsi mengenai isu perubahan iklim • Pengembangan metodologi <i>carbon accounting</i> • Membuat publikasi hasil penelitian dan kegiatan • Seminar/lokakarya/pertemuan secara reguler (minimal 1 tahun sekali) • Kerjasama antar pelaku penelitian dan pendidikan/pelatihan • Kerjasama dengan pihak luar (pemerintah/lembaga lain terkait) • Memaksimalkan penggunaan teknologi (pembuatan <i>website</i> dan <i>mailing list</i>) • Mengkomunikasikan hasil kegiatan network kepada pihak lain • Memberikan masukan ilmiah dalam perumusan kebijakan | |
| 3 | Identifikasi <i>resources</i> & peran para pihak | <p>Identifikasi <i>resources</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SDM (dosen, peneliti & widyaiswara) terkait dengan hutan dan perubahan iklim • SDA (plot penelitian, kebun, mangrove, gambut, KHDTK) • Sumber daya penunjang (lab, peralatan, teknisi) • Pendanaan (sumber dana, kerjasama yang sudah ada/ memungkinkan) • Lembaga yang terkait dengan penelitian dan pendidikan di bidang kehutanan dan perubahan iklim <p>Peran para pihak:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Menyediakan data dan informasi mengenai riset • Sharing informasi hasil penelitian • Memberikan masukan terhadap pengambilan kebijakan berdasarkan hasil penelitian | <p>Identifikasi <i>resources</i>:</p> <p>Dibagi menjadi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ SDM: Dosen, Peneliti, Widyaiswara ▪ Infrastruktur: lab, hutan pendidikan, demplot ▪ SDA di lokasi • <i>Resources</i> akan diidentifikasi oleh tiap simpul dikarenakan kondisi tiap universitas yang berbeda-beda • Perlu pembangunan pusat studi perubahan iklim di tiap universitas. • Network yang terbangun akan dapat memperkuat peran bidang studi kehutanan ke level yang lebih tinggi |

| | | | |
|---|------------------------------|---|--|
| | | | <ul style="list-style-type: none"> • Diperlukan sinergi antara Balai Diklat, Badan Penelitian, dan Universitas <p>Peran Koordinator:</p> <ul style="list-style-type: none"> - mengelola <i>mailing list</i> - <i>information gathering</i> <p>Simpul berperan mengidentikkasi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - SDM - infrastruktur - demplot - aktivitas |
| 4 | Langkah-langkah lebih lanjut | <p>Jangka pendek: (0-1 tahun)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pemantapan organisasi network dengan struktur organisasi • Pemilihan koordinator dan simpul daerah • Pemantapan keanggotaan • Penyusunan AD/ART • Membangun media komunikasi dan publikasi (website dll) • Menyusun program kerja <p>Jangka menengah: (1-3 tahun)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pemantapan legitimasi/badan hukum • Pemantapan jaringan eksternal. • Sumber pendanaan • Roadmap penelitian • Peningkatan jumlah publikasi nasional dan internasional <p>Jangka panjang: (5 tahun)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan jumlah publikasi nasional dan internasional • Diseminasi hasil penelitian ke masyarakat (pembuatan modul) • Edukasi ke masyarakat terkait hutan dan perubahan iklim | <p>Jangka pendek</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sosialisasi jaringan berupa press release • Pembangunan mailing list dan website • pembangunan database penelitian → koordinasi tiap simpul • identikkasi sumber dana penelitian <p>Jangka menengah:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kegiatan research → publikasi • kegiatan diklat • edukasi publik • pembangunan link kerjasama <p>Jangka panjang</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pembentukan jurnal • Terealisasinya program adaptasi dan mitigasi PI |

Bab V

Rumusan Hasil Semiloka

1. Hingga saat ini telah banyak dilakukan penelitian terkait dengan perubahan iklim oleh Perguruan Tinggi dan Lembaga Penelitian di Sumatera. Ada 2 (dua) kategori utama penelitian yaitu aspek metodologi dan aspek *policy* (kebijakan). Aspek metodologi yang diperlukan dalam negosiasi mengarah ke arah *carbon accounting*. *Carbon accounting* akan sangat berguna dalam proses pembayaran REDD+ pada nantinya. Meskipun *carbon trading* belum sepenuhnya terimplementasi, akan tetapi aksi-aksi mitigasi yang dilakukan dapat memperbaiki sumber daya hutan yang kita miliki. Tekanan-tekanan dunia internasional dapat kita manfaatkan untuk menuju pengelolaan hutan yang lestari yang pada nantinya akan menguntungkan baik secara ekonomi, sosial maupun ekologi. Terkait dengan penelitian di bidang adaptasi perubahan iklim, dapat diperoleh dari pengetahuan *indigenous people* yang telah dimiliki bertahun-tahun. Kemampuan mereka untuk beradaptasi dapat meningkatkan resiliensi masyarakat terhadap perubahan iklim.
2. Walaupun hutan merupakan sumberdaya alam yang dominan di Sumatera, namun tidak banyak Fakultas Kehutanan ataupun Jurusan/Program Studi Kehutanan yang ada di perguruan tinggi Sumatera. Untuk itu, adanya jejaring kerja di bidang penelitian dan pendidikan terkait hutan dan perubahan iklim diharapkan dapat mengatasi permasalahan kehutanan dan perubahan iklim se-region Sumatera terkait pengembangan aspek teknologi, metodologi, dan riset.
3. Melalui proses ini telah terbentuk jejaring kerja di Region Sumatera dengan nama: *Sumatera Research and Education Network on Forest and Climate Change*, dengan Koordinator terpilih : Dr. Ir. Agus Susatya, M.Sc. dari Universitas Negeri Bengkulu.

4. Jejaring kerja regional yang terbangun melalui workshop ini merupakan titik awal dari upaya sinergi di bidang ilmiah, maka dari itu sangat dianjurkan agar para anggota jejaring kerja ini ikut aktif terlibat dalam jejaring-jejaring kerja lain yang lebih besar, baik dari segi isu maupun cakupan.

Lampiran

A. Bahan Presentasi

1. Hutan dan Perubahan Iklim: status negosiasi, peluang dan tantangan bagi Indonesia

Oleh: Dr. Ir. Nur Masripatin, M.For.Sc (Pusat Standardisasi dan Lingkungan, Kementerian Kehutanan)



HUTAN DAN PERUBAHAN IKLIM : status negosiasi, peluang dan tantangan bagi Indonesia

Nur Masripatin
Kepala Pusat standardisasi dan Lingkungan
Kementerian Kehutanan

Semiloka Tentang Hutan dan Perubahan Iklim dan Pengembangan Jejaring Kerja
Universitas, Lembaga Penelitian dan Lembaga Pendidikan di Region Sumatera,
Bengkulu, 19-20 September 2013

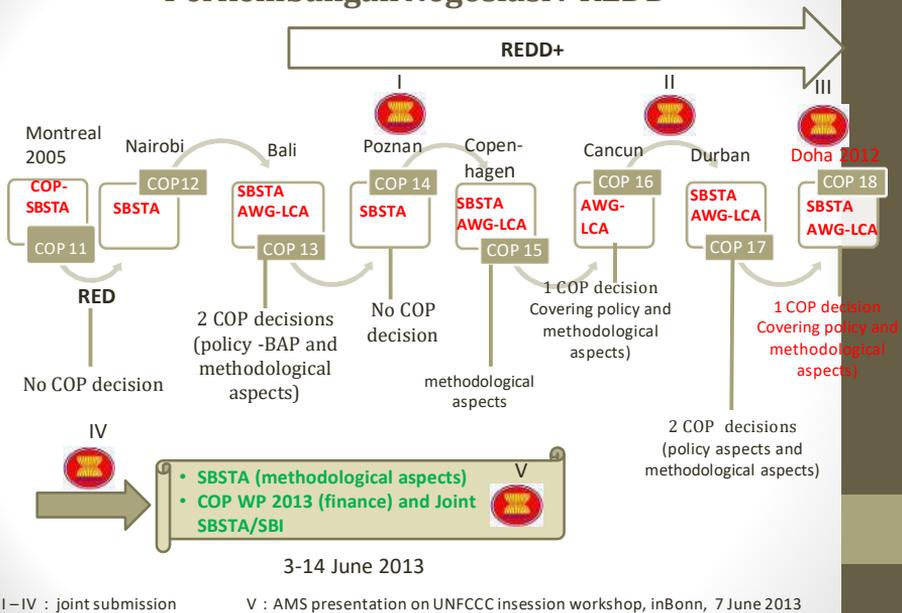
OUTLINE

- STRUKTUR PERSIDANGAN UNFCCC
- EVENT TERKAIT SELAMA PERSIDANGAN UNFCCC
- ISU KEHUTANAN DALAM NEGOSIASI UNFCCC DAN PROGRES NEGOSIASI
- PELUANG DAN TANTANGAN BAGI INDONESIA
- ISU KRUSIAL DI COP-19
- CATATAN PENUTUP

ISU KEHUTANAN DALAM NEGOSIASI UNFCCC DAN PROGRES NEGOSIASI

- ❑ **REDD+** (di bawah UNFCCC)
- ❑ **CDM** aforestasi dan reforestasi (di bawah Kyoto Protocol)
- ❑ Aktivitas tambahan untuk CDM kehutanan, dalam proses negosiasi,
- ❑ **LULUCF** di bawah UNFCCC (pelaporan/inventarisasi GRK/National Communication, untuk negara maju dan negara berkembang)
- ❑ LULUCF/AFOLU di bawah Kyoto Protocol (pelaporan dan accounting, untuk negara maju)
- ❑ Bagian dari NAMAs (Indonesia : RAN-GRK/RAD-GRK dapat dianggap sebagai initial NAMAs)

Perkembangan Negosiasi : REDD+



Perkembangan Negosiasi : CDM kehutanan

- ❑ CDM kehutanan yang ada saat ini (aforestasi dan reforestasi),
- ❑ CDM kehutanan lainnya dalam proses negosiasi (negara pihak/ Parties dapat mengusulkan kegiatan lainnya),
- ❑ Review metodologi untuk CDM.

PELUANG DAN TANTANGAN BAGI INDONESIA

- ❑ Dari sisi potensi, REDD+ merupakan peluang terbesar bagi mitigasi dan adaptasi perubahan iklim di Indonesia → tantangannya adalah seberapa jauh perangkat (kebijakan dan teknis/metodologis) dan 'enabling conditions' disiapkan,
- ❑ Untuk kegiatan baru CDM kehutanan, Indonesia memiliki potensi di bawah 'crop land management', 'forest management', 'revegetation', 'grazing land management', 'wetland management', 'peatland drainage and rewetting' (dalam proses penyiapan submisi ke Sekretariat UNFCCC),
- ❑ Tantangan lainnya : konsistensi antara REDD+, RAN/RAD GRK, CDM kehutanan, NAMAS, dan kebijakan nasional terkait, integrasinya ke dalam "Pembangunan rendah emisi dan resilien terhadap perubahan iklim (Low Emission and Climate Resilient Development)".

Isu Krusial Dalam Negosiasi Isu Kehutanan untuk Kesepakatan 2015 (post 2020 regime) di COP-19

- ❑ LULUCF di tingkat global (net-sink untuk negara maju, dan net-source/emiter di negara berkembang)
- ❑ Potensi kontribusi sektor kehutanan (dan pertanian) dalam mitigasi dan adaptasi di regime post 2012 → How to send clear message for the 2015 agreement,
- ❑ Kepentingan negara berkembang VS negara maju.

Isu krusial di COP-19 (lanjutan)

- ❑ Sejumlah issues dapat diamankan di bawah agenda masing-masing,
- ❑ Beberapa issues yang juga perlu diperjuangkan melalui agenda terkait (REDD+ dengan agenda yang membahas pendanaan, mekanisme pasar dan non-pasar, NAMAs, ADP dll),
- ❑ Posisi terkait issues yang memiliki kaitan dengan scope yang lebih luas (misal kebijakan/posisi di forum lain yang terkait).

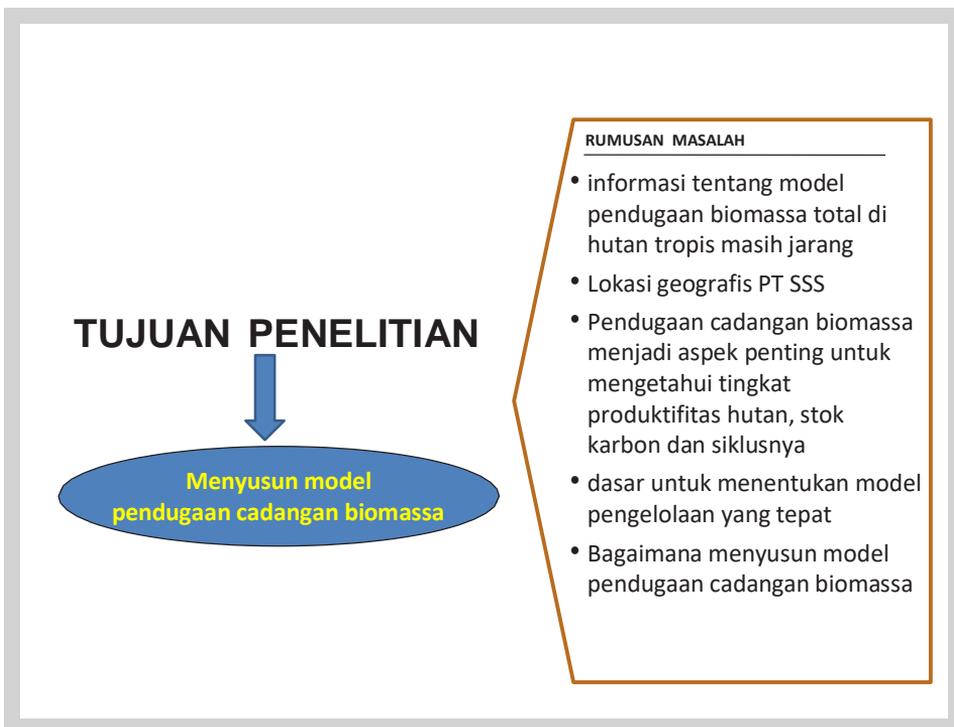
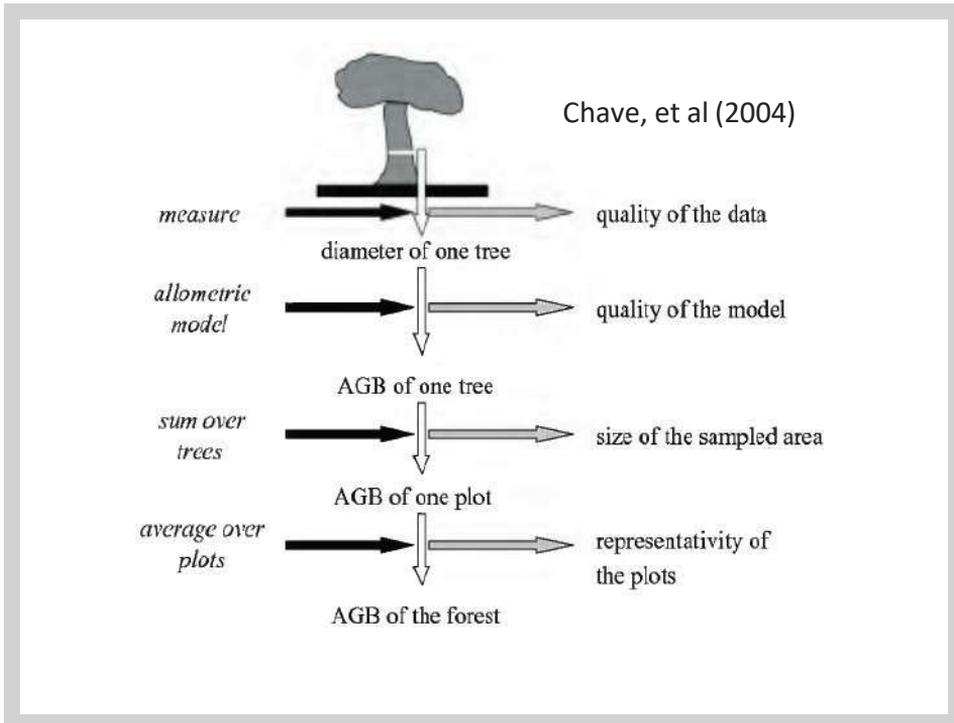
2. Model Pendugaan Cadangan Biomassa Hutan Tropis Basah di PT. Salaki Summa Sejahtera Kabupaten Kepulauan Mentawai
Oleh: Baroroh Wista Anggraeni, Zulmardi, Tri Atmojo (Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat)



PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

- Peran penting hutan yang seharusnya berfungsi sebagai penyimpan (*storage*) dan penyerap (*sink*) karbon bisa berubah menjadi salah satu sumber penghasil emisi CO₂ di atmosfer
- Pendugaan cadangan biomassa dan karbon menjadi aspek penting dalam skema REDD+
- Model untuk pendugaan cadangan biomassa total hutan tropis masih terbatas
- Sumbar menjadi 9 provinsi prioritas berdasarkan stranas REDD+ 2010
- Tingkat insularitas morfologis Pulau Siberut sehingga diperlukan pendugaan cadangan biomassa dan karbon untuk kepentingan pengelolaan ekosistem dan lahan yang berkelanjutan.



TINJAUAN PUSTAKA

| No. | Model Allometrik | Lokasi Penelitian | Jenis Penyusun Tegakan | Penyusun |
|-----|--|----------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| 1. | $W_s = 0,02903(D^2H)^{0,9813}$ $W_b = 0,1192W_s^{1,059}$ $W_t = 0,09146(W_s + W_b)^{0,7266}$ $\ln W = 2,62 \times \ln D - 2,30$ | Kaltim | campuran | Yamakura <i>et al.</i> , 1986 |
| 2. | $W = 0,118 D^{2,53}$ | Kalimantan dan Hutan tropis lain | campuran | Brown, 1997 |
| 3. | $\ln W = 2,59 \times \ln D - 2,75$ | Jambi | campuran | Ketterings <i>et al.</i> , 2001 |
| 4. | $\ln W = 2,44 \times \ln D - 2,51$ | Katim | campuran | Hashimoto <i>et al.</i> , 2004 |
| 5. | $W = \rho \times \exp(-1,239 + 1,980 \ln(D) + 0,207 (\ln(D))^2 - 0,0281 (\ln(D))^3)$ | Hutan Tropis basah dunia | campuran | Chave, 2005 |
| 6. | $W = 0,2902 D^{2,313}$ | Kaltim | campuran | Samalca, 2007 |
| 7. | $Wag = 0,095(\rho D^2 H)^{0,933}$ | Papua Nugini | campuran | Abe, 2007 |
| 8. | $\ln Wag = -1,201 + 2,196 \ln D$ | Kaltim | dipterocarpaceae | Basuki <i>et al.</i> , 2009 |
| 9. | $\ln WT = -2,246 + 2,482 \ln D$ | Kalteng | Campuran | Anggraeni, 2011 |

METODE PENELITIAN

Lokasi

- PT. Salaki Summa Sejahtera, Kab. Kep Mentawai
- Lab. Pengeringan Kayu UMSB

Bahan

- Areal konsesi hutan primer atau bekas tebangan PT SSS dg dbh pohon 2 – 100 cm up

Pengambilan Sampel

1. Observasi Lapangan
2. Pemilihan pohon sampel
3. Penebangan pohon sampel
4. Pengukuran Volume Pohon
5. Pengambilan sampel tiap Pohon
6. Pengujian sampel di laboratorium

Analisa Data

1. Penyusunan kandungan biomassa tiap pohon sampel
2. Penyusunan Model Pendugaan Kandungan Biomassa
3. Pemilihan model pendugaan kandungan biomassa yang sesuai untuk ekosistem Pulau Siberut

PENYUSUNAN MODEL ALLOMETRIK

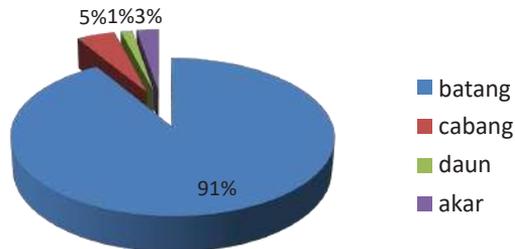
- Menentukan Pasangan Data untuk menyusun persamaan regresi, misalnya Dbh dengan biomassa atau tinggi dengan biomassa
- Merekapitulasi nilai biomassa tiap pohon sampel
- Menyusun model allometrik
- Memilih model yang sesuai

Pemilihan Model

- Koefisien determinasi (R^2)
- Uji signifikansi simultan atau Uji f
- Uji signifikan parameter individual atau Uji t
- Uji asumsi klasik
- pragmatis

HASIL

- Sampel terdiri dari 30 pohon dari 12 spesies dominan dari lokasi penelitian
- Distribusi biomasnya yaitu



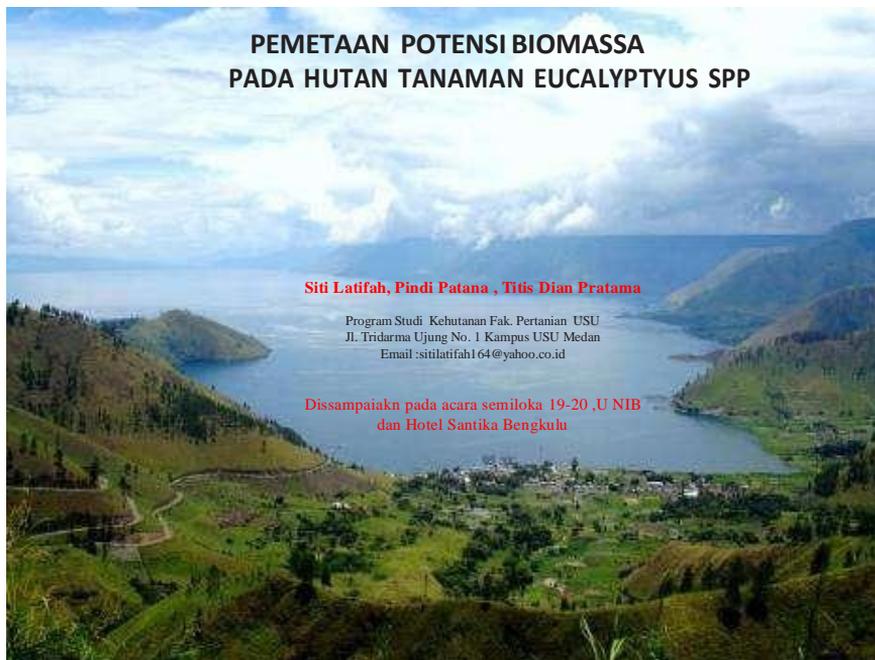
MODEL

| PENDUGAAN | MODEL | Adj R ² |
|--------------------|-------------------------------------|--------------------|
| Tinggi | $H = 7,736 + 0,524 D$ | 0,956 |
| Biomassa Batang | $\ln W_s = -2,962 + 2,664 \ln D$ | 0,939 |
| Biomassa Cabang | $\ln W_b = -3,317 + 2,040 \ln D$ | 0,883 |
| Biomassa Daun | $\ln W_l = -2,408 + 1,558 \ln D$ | 0,923 |
| Biomassa Akar | $\ln W_r = -1,969 + 1,647 \ln D$ | 0,843 |
| Biomassa permukaan | $\ln W_{ag} = -2,297 + 2,519 \ln D$ | 0,936 |
| Biomassa Total | $\ln W_T = -1,988 + 2,459 \ln D$ | 0,935 |



TERIMA KASIH

3. Pemetaan Potensi Biomassa pada Hutan Tanaman *Eucalyptus spp* Oleh: Siti Latifah Pindi Patana dan Titis Dian Pratama (Universitas Sumatera Utara)



Latar Belakang

Pemanasan global (*global warming*) :

Merupakan fenomena peningkatan temperatur bumi yang berlangsung secara global dari tahun ke tahun, terjadi karena efek rumah kaca (*greenhouse effect*) yang disebabkan oleh meningkatnya emisi gas-gas (GHG)



REDD +

COP 13 di Bali (Des, 2007) → Bali Action Plan (BAP)



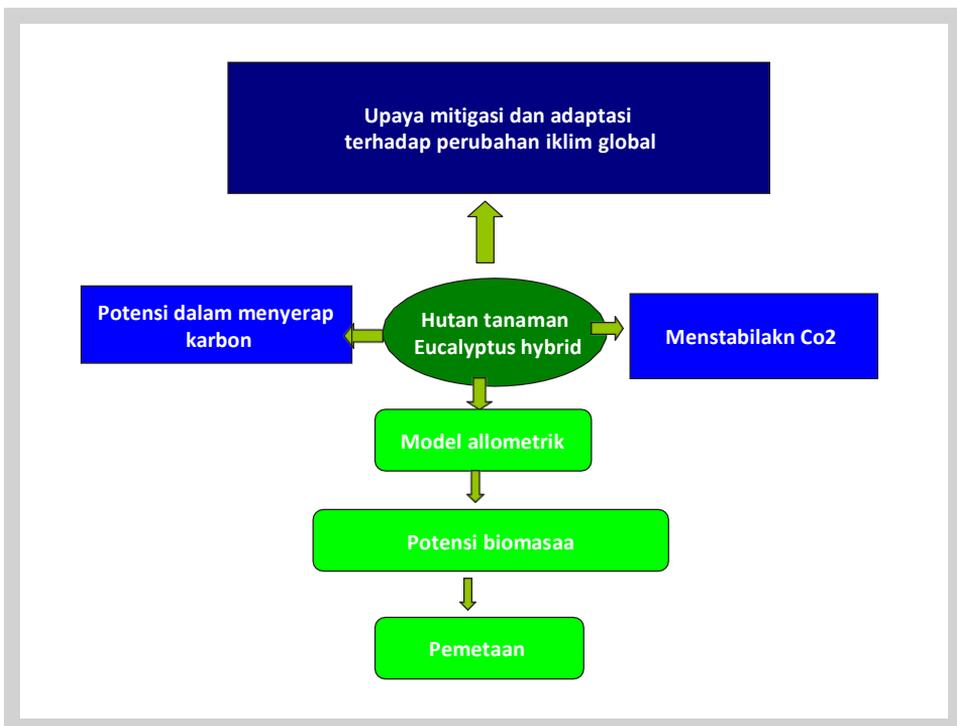
Rencana aksi pengurangan emisi dalam kerangka UNFCC



Pengurangan emisi terkait hutan (REDD +)



- Pengurangan deforestasi & degradasi hutan
- Konservasi sumber daya hutan
- Pengelolaan sumber daya hutan lestari (SFM)
- Peningkatan stok karbon hutan (EFCS)





Tanda batas PSP (Permanen Sample Plot) tegakan Eucalyptus



Tegakan Eucalyptus umur 3 tahun



Hutan Tanaman Industri Eucalyptus



Diskusi dengan staf PT. TPL

Tanaman *Eucalyptus* spp

- divisi Spermathopyta
- subdivisi angiospermae
- kelas dikotiledon
- ordo myrtales
- famili myrtaceae
- genus *Eucalyptus*

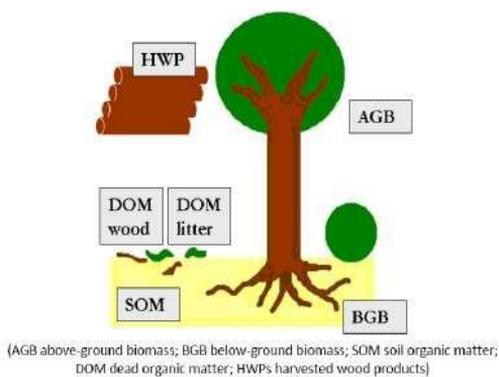


Hutan Tanaman *Eucalyptus* spp



lokasi : PT. Toba Pulp Lestari, aek Nauli-Medan,

CARBON POOL



Living Biomass :

- Above ground biomass
- Below ground biomass

Dead Biomass :

- Necromass/ dead wood
- Serasah/Litter

Soil :

- Soil organic matter

Lokasi penelitian

- Penelitian dilakukan pada bulan April – Juni 2012.
- Lokasi penelitian di Hutan Tanaman Industri PT. Toba Pulp Lestari (sector Aek Nauli) Desa Sosor Ladang, Kecamatan Parmaksian, Kabupaten Toba Samosir, Sumatera Utara dan lab Inventarisasi hutan USU
- Terletak pada $01^{\circ}-03^{\circ}$ LU dan $98^{\circ}15'00''$ $100^{\circ}00'00''$ BT.,

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian *Global Positioning System* (GPS), Kamera, perangkat lunak (*software*) yang digunakan yaitu ArcView GIS 3, Pita ukur diameter, Hypsometer, dan Kompas. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tegakan *Eucalyptus spp* pada berbagai umur, dan Peta Administrasi Kabupaten Simalungun Sumatera Utara



4 jenis eukaliptus yaitu jenis

Eucalyptus grandis,

Eucalyptus hybrid,

Eucalyptus Pellita dan *Eucalyptus urophylla* serta

memiliki keragaman kelas umur yang beragam.

Kelas umur *E. hybrid* berkisar antara 0,3- 14 tahun,

E. grandis berkisar antara 1- 4 tahun dan 9 tahun,

kelas umur *E. pellita* hanya 2- 3 tahun, dan

E. urophylla berkisar antara umur 1- 5 tahun, umur 17 dan umur 23 th



Batang *Eucalyptus urograndis*



Eucalyptus urograndis (IND 47)



Eucalyptus pellitagraxis (IND 32)



leaf



flower



Eucalyptus grandispellita IND 32

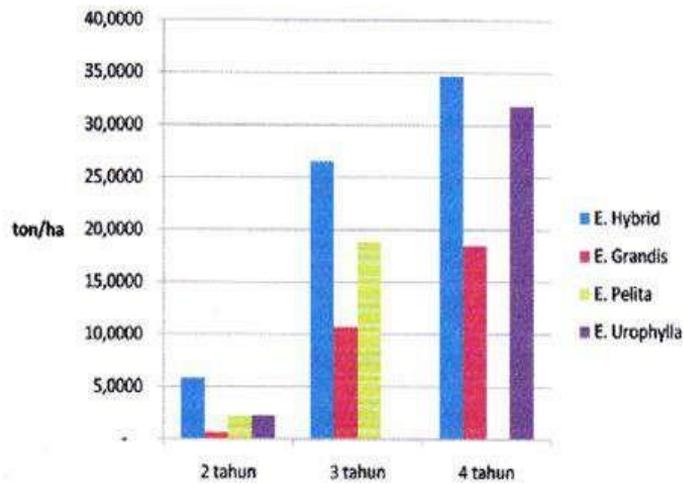


root

Tabel 1. Model alometrik berbagai jenis *Eucalyptus* untuk pendugaan biomassa

| Jenis | Model Alometrik | Sumber |
|-----------------------------|---|--------------------------|
| <i>Eucalyptus hybrid</i> | $Y = 1351,09x^{0,87} \exp(0,094D)$ | Latifah, 2011 |
| <i>Eucalyptus grandis</i> | $Y = \frac{235,5}{1+1734,7e^{-0,396D}}$ | Aswandi, 2010 |
| <i>Eucalyptus Pellita</i> | $Y = 0,11 \times \rho \times D^{2,62}$ | Hairiah dan Rahayu, 2007 |
| <i>Eucalyptus urophylla</i> | $Y = 0,11 \times \rho \times D^{2,62}$ | Hairiah dan Rahayu, 2007 |

Keterangan: Y = Biomassa total (Kg/Ha)
D = Diameter pohon (cm)
ρ = Berat Jenis pohon



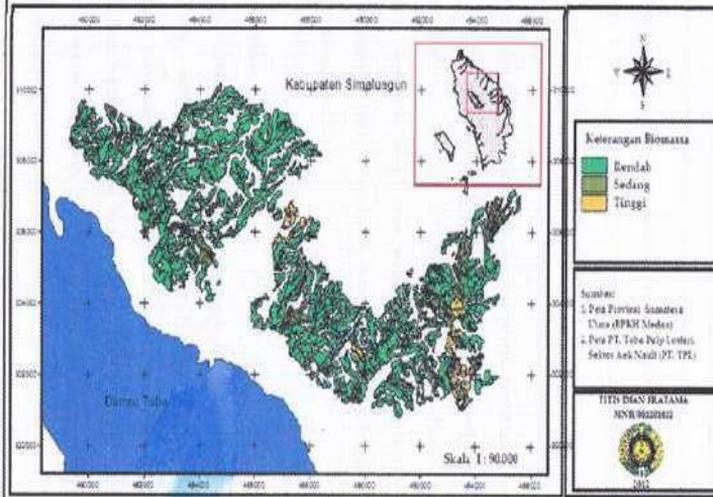
Gambar 1. Rata-rata total biomassa *Eucalyptus spp* umur 2, 3 dan 4 tahun

Table2. Distribusi spasial biomassa Eucalyptus spp

| Biomass (t/ ha) | Criteria |
|-----------------|----------|
| 0 – 21 | Low |
| 22 – 43 | Medium |
| 44- 65 | High |

Pengklasifikasian biomassa menggunakan anprogram ArcView

PETA BIOMASSA TEGAKAN *Eucalyptus* Sp.
PT. Toba Pulp Lestari, Sektor Aek Nauli



Tanda batas PSP (Permanen Sample Plot) tegakan *Eucalyptus*



Tegakan *Eucalyptus* umur 3 tahun



Hutan Tanaman Industri *Eucalyptus*



Diskusi dengan staf PT. TPL

KESIMPULAN

- Hasil pendugaan biomassa dapat digunakan sebagai dasar perhitungan bagi kegiatan pengelolaan hutan, karena hutan dapat dianggap sebagai sumber dan resor karbon.
- *Eucalyptus hybrid* mempunyai rata-rata biomassa yang lebih tinggi dibandingkan ketiga jenis eucalyptus di lokasi penelitian.
- Perbedaan biomassa tegakan eucalyptus dapat disebabkan oleh karena perbedaan jenis eucalyptus, kondisi tapak, luas area tiap kompartemen, jumlah tanaman eucalyptus dan rata-rata diameter pohon pada setiap kompartemen.
- Hasil pemetaan potensi biomassa dengan kriteria rendah yaitu 0-21 ton/ha, kriteria sedang yaitu 22- 43 ton/ha dan kriteria tinggi yaitu 44-65 ton/ha.