**PENGARUH TEBANG PILIH TANAM INDONESIA (TPTI)
TERHADAP KONDISI HARA DI HUTAN ALAM PRODUKSI,
DI PT ITCI KALIMANTAN TIMUR**
*(The Effect of Indonesia Selective Cutting and Planting to Nutrient Condition in
Production Natural Forest of PT ITCI District, East Kalimantan)*

Oleh / By :

Nina Mindawati dan/and Tati Rostiwati

ABSTRACT

Indonesian Selective Cutting and Replanting (TPTI) is one of silviculture system in management of forestry to arrange cutting system. The effect of TPTI to nutrient condition study was conducted in PT ITCI, East Kalimantan with its purpose to know soil fertility and nutrient availability by measuring biomass of each section of tree and soil nutrient condition. The research was conducted on log over areas in natural forest harvested by using the Indonesian Selective Cutting and Planting Area (TPTI) at 7 years after harvesting. The variable responses were stand biomass, nutrient contents of tree (leaves, branches and stems) in 20-30 cm and up 30 cm diameter class, also nutrient contents of soil. The result showed that biomass of stand and nutrient contents of stand in natural forest more than that of the TPTI, even though the accumulation of nutrient concentration for each tree was not significant for N, P, K, and Mg nutrients. The nutrient concentration of stands and soil nutrient contents in TPTI higher than that of in natural forest. This meant that TPTI system gave positive impact on micro climate of stand. This made nutrient cycle (stand and soil) will run.

Key words: Indonesia Selective Cutting and Planting, natural forest, stand nutrient, soil nutrient

ABSTRAK

Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI) merupakan salah satu sistem silvikultur untuk mengatur pemanfaatan hutan alam produksi di Indonesia. Sistem ini belum banyak dikaji pengaruhnya terhadap kesuburan tanah dan ketersediaan hara sebagai salah satu indikator kualitas suatu tempat tumbuh. Penelitian mengenai kondisi hara, baik tanah maupun tegakan di hutan alam akibat kegiatan TPTI, telah dilakukan di PT. ITCI, Kalimantan Timur. Penelitian dengan menggunakan metode observasi lapangan, dilakukan terhadap tegakan sisa pada plot hutan alam bekas TPTI yang berumur tujuh tahun setelah penebangan. Variabel yang diamati adalah biomassa tegakan, kandungan hara pohon yang dibedakan berdasarkan bagian-bagian pohon (daun, cabang, dan batang) dalam kelas diameter 20-30 cm dan kelas diameter > 30 cm serta kandungan hara contoh tanah yang diambil secara komposit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biomassa tegakan di hutan primer lebih tinggi dibandingkan dengan kawasan hutan yang telah dilakukan TPTI, namun kandungan hara yang terakumulasi pada tiap bagian pohon berbeda nyata untuk hara N, P, K, dan Mg. Konsentrasi hara pada tiap bagian pohon dan kandungan hara tanah di TPTI yang cenderung lebih tinggi dibandingkan konsentrasi hara pada hutan primer menunjukkan bahwa sistem penebangan TPTI memberikan pengaruh positif terhadap iklim mikro tegakan sehingga siklus nutrisi (pohon dan tanah) masih berlangsung dengan baik.

Kata kunci : Tebang Pilih Tanam Indonesia, hutan primer, biomassa, hara pohon, hara tanah

I. PENDAHULUAN

Kualitas tempat tumbuh hutan alam dalam keadaan seimbang, apabila siklus hara pada hutan tersebut berjalan normal. Namun demikian siklus hara dapat terganggu apabila eksploitasi hutan kurang memperhatikan azas kelestarian yang dapat menyebabkan meningkatnya kerusakan hutan alam.

Menurut Handayani (2004) kerusakan dan penurunan hutan-hutan tropika merupakan salah satu ancaman dan peristiwa lingkungan yang menyedihkan. Selanjutnya disebutkan pula bahwa dalam hal tersebut, kesatuan di antara sumberdaya-sumberdaya alam primer yaitu vegetasi, tanah, dan air merupakan faktor penting untuk memelihara fungsi dan produktivitas suatu ekosistem terestrial.

Sebagai salah satu usaha di bidang pengembalian kualitas tempat tumbuh akibat pengusahaan hutan, maka pemerintah telah menetapkan sistem silvikultur seperti Sistem Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI) yang telah banyak diterapkan dan Sistem Tebang Jalur Tanam Indonesia (TJTI) yang masih dalam taraf uji coba. Tujuan dari sistem TPTI adalah untuk mengatur pemanfaatan hutan alam produksi serta meningkatkan nilai hutan, baik kualitas maupun kuantitas pada rotasi tebang berikutnya, sehingga diharapkan terbentuknya tegakan hutan campuran yang berfungsi sebagai penghasil kayu penghasil industri yang lestari (Anonim, 1991). Namun demikian sistem ini sangat tergantung pada kondisi hutan alamnya.

Sampai saat ini, sistem TPTI belum banyak dikaji pengaruhnya terhadap kesuburan tanah dan ketersediaan haranya sebagai indikator kualitas suatu tempat tumbuh. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suatu sistem penebangan terhadap keseimbangan siklus hara dengan mengevaluasi perubahan kondisi hara pada hutan alam (vegetasi dan tanah) akibat penerapan sistem silvikultur TPTI. Penelitian ini didasarkan atas pemahaman bahwa pembukaan suatu kawasan hutan sangat berpengaruh langsung terhadap perubahan iklim mikro tegakan (intensitas cahaya, konsentrasi CO₂ udara, suhu udara, kelembaban relatif udara, dan suhu tanah), baik vertikal maupun horizontal dan secara tidak langsung akan berpengaruh terhadap kecepatan tumbuh tanaman (pohon) dan produktivitas tanah (mikroba dan siklus nutrisi).

Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai informasi dalam pembuatan kebijakan dalam pengelolaan hutan alam, khususnya dalam penerapan sistem silvikultur di hutan alam produksi.

II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di kawasan hutan konsesi hak pengusahaan hutan (HPH) PT. ITCI, Kalimantan Timur pada tahun 1999 dengan kondisi keadaan lokasi, hutan, topografi, geografi dan tanah lokasi penelitian

adalah sebagai berikut :

1. Keadaan Lokasi

Sesuai Keputusan Menteri Kehutanan No. 149/KPTS-II/1993, tanggal 27 Pebruari 1993, PT. ITCI mencakup wilayah seluas 283.000 hektar, terdiri atas kawasan berhutan 251.260 hektar dan kawasan tidak berhutan 31.740 hektar. Berdasarkan tata guna hutan kesepakatan, luas kawasan hutan lindung 340 hektar, hutan produksi tetap 101.880 hektar, hutan produksi terbatas 110.360 hektar, dan hutan konversi 70.000 hektar. Menurut wilayah pengelolaan, PT. ITCI termasuk dalam Kesatuan Pemangkuan Hutan (KPH) Mahakam Tengah dan Balikpapan, Dinas Kehutanan Provinsi Kalimantan Timur.

Secara geografis kawasan ini terletak antara 116°28'-117°06' Bujur Timur dan 0°20'-1°18' Lintang Selatan. Menurut Schmidt dan Ferguson (1951), kawasan PT. ITCI termasuk ke dalam tipe hujan A, nilai Q antara 0 %-14 %, sedangkan temperatur rata-rata pada siang hari antara 30°C-32,5° dan pada malam hari antara 23°C-24°C. Pada musim penghujan (Nopember-Mei), curah hujan relatif cukup tinggi (121,3-311,9 mm).

2. Keadaan Hutan

Berdasarkan hasil penelitian oleh Direktorat Inventarisasi dan Perencanaan Kehutanan tahun 1968, kawasan PT. ITCI termasuk ke dalam tipe hutan hujan bawah yang mempunyai berbagai ragam jenis pohon, dengan ketinggian 0-600 m di atas permukaan laut. Berdasarkan keadaan lapangan, kawasan hutannya dapat dibedakan sebagai berikut :

a. Hutan dataran rendah

Pada umumnya berawa, sering tergenang air pada musim penghujan, tanahnya asam yang sebagian besar ditumbuhi oleh jenis-jenis seperti perupuk (*Lophopetalum javanicum*) dan medang (*Litsea sp*). Tumbuhan bawahnya merupakan tumbuhan kerdil dan rerumputan.

b. Hutan campuran tanah kering

Hutan ini meliputi dataran rendah yang kering berbukit dan pegunungan disebut juga tipe hutan tropika basah, yang sebagian besar

didominasi oleh jenis dari famili Dipterocarpaceae antara lain meranti (*Shorea* sp.), kapur (*Dryobalanops* sp.), keruing (*Dipterocarpus* sp.), dan bangkirai (*Shorea laevifolia*).

3. Keadaan Topografi Lokasi Penelitian

- a. Sebagian kawasan dataran rendah berawa kering, berbukit dan bergunung. Dataran rendah terdapat pada daerah sekitar sungai besar, sebagian pantai terdapat hutan payau yang merupakan hutan pasang surut yang ditumbuhi jenis bakau, semakin ke dalam keadaan lapangan berubah menjadi berbukit dan bergunung, dengan kelerengan mencapai 15-45 % dengan ketinggian berkisar antara 10-650 m di atas permukaan laut. Pada lokasi kawasan uji coba bekas TPTI umur 7 tahun setelah tebang khususnya, kelerengan berkisar antara 10-60 % dengan ketinggian 120-400 m di atas permukaan laut.
- b. Daerah lainnya berbukit ringan dengan kelerengan rata-rata 10-25 %, sebelah utara bergelombang ringan antara 5-10 % dengan rata-rata ketinggian 300-550 m di atas permukaan laut. Adapun keadaan topografi lokasi uji coba bekas TPTI kelerengan rata-rata 20 % dan ketinggian lokasi rata-rata 300 m di atas permukaan laut.

4. Keadaan Geologi dan Tanah

Menurut Peta Tanah Indonesia skala 1 : 1.000.000 (LPT, 1973), keadaan tanah-tanah di dalam hutan ini adalah:

- a. Tanah organosol yang meliputi dataran rendah dengan fisiografi dataran yang terdiri dari bahan alluvial.
- b. Tanah podzolik dari bahan induk batuan endapan meliputi wilayah tanah-tanah bergelombang ringan dan fisiografi datar sampai bergelombang.
- c. Tekstur, struktur, dan konsistensi tanah. Hasil deskripsi profil tanah di lapangan, boring dan analisis tanah di laboratorium, kawasan konsesi HPH PT. ITCI mempunyai tekstur lempung berdebu (Sil), lempung liat berpasir (SCL) di bagian atas hingga lempung berliat (CL) di bagian bawah. Pada lokasi uji coba

TPTI, jenis tanahnya adalah podzolik merah kuning dengan struktur tanah remah dengan konsistensi sedikit gembur sampai cukup gembur di bagian atas dan struktur gumpal setengah bersudut dengan konsistensi cukup teguh di bagian bawah.

B. Metode Penelitian

1. Penentuan Plot

Pada sistem TPTI dan hutan primer (sebagai kontrol), pengambilan contoh dilakukan dalam enam plot untuk TPTI dan enam plot untuk hutan primer, dengan tiga kali ulangan berdasarkan keadaan topografi lapangannya (datar, landai, dan miring). Luas plot yang digunakan untuk masing-masing adalah 20 m x 20 m. Umur tegakan tinggal bekas TPTI yang digunakan dalam plot penelitian ini adalah umur tujuh tahun setelah penebangan, dengan dasar pertimbangan bahwa pembukaan hutan memberikan pengaruh yang besar terhadap radiasi netto harian yang dapat mencapai permukaan tanah. Dengan demikian, dalam kurun waktu tujuh tahun setelah penebangan, pengaruh lokal terhadap iklim mikro, vegetasi, dan kondisi tanah akibat pembukaan cukup besar (Lal. R, 1995). Selain itu juga kawasan ini lebih mudah dan relatif dekat didatangi dari *basecamp* dibanding kawasan lainnya.

2. Biomassa dan Kandungan Hara Pohon

Dalam perhitungan biomassa setiap plotnya dengan luas 20 m x 20 m, jumlah pohon ditentukan berdasarkan dua kelas diameter yaitu 20-30 cm dan > 30 cm. Pengambilan contoh pohon untuk dianalisis hara (N, P, K, Ca, dan Mg) berupa daun, ranting, cabang, dan batang sebanyak enam pohon (tiga pohon dalam kelas diameter 20-30 cm dan tiga pohon dalam kelas diameter > 30 cm) untuk setiap plotnya.

3. Kandungan Hara Tanah

Bagian tanah yang diambil untuk keperluan analisis kimia tanah (pH dan konsentrasi hara) menggunakan metode komposit yang berasal dari lima lubang tiap jalur dengan luasan yang diambil 20 cm x 20 cm dan kedalaman 0-20 cm. Sedangkan

analisis laboratorium dilakukan di Seameo - Biotrop, Bogor.

C. Analisis Data

Biomassa pohon yang dinyatakan dalam kilogram dihitung dengan menggunakan persamaan regresi dari Yamakura (1986) dalam Van Noordwijk (1998) yang mempelajari tentang perhitungan biomassa pohon berdasarkan kelas diameter di hutan tropika basah Sebulu, Kalimantan Timur seperti disajikan pada Tabel 1. Persamaan regresi ini menggunakan parameter diameter dan tinggi pohon sebagai dasar perhitungan.

Analisis konsentrasi hara (N, P, K, Ca, dan Mg) untuk semua bagian yang diteliti dilakukan di Laboratorium Tanah Seameo - Biotrop, Bogor. Analisis nitrogen total dilakukan dengan menggunakan metode "Kjedahl Digestion and Distillation Method", fosfor dengan *Spectrophotometer*, potasium dan kalsium dengan *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)* dan magnesium dianalisis dengan *Flame Photometer*. Dari hasil analisis ini akan diperoleh konsentrasi hara dalam satuan persen, sedang kandungan hara (kg/ha) dari tiap bagian contoh, baik yang ada di bagian pohon maupun tanah diperoleh dengan

mengkonversikan nilai konsentrasi hara (%) ke nilai biomasanya (kg/ha).

Data untuk setiap bagian yang dikoleksi dianalisis secara statistik dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan faktor perbedaan sistem penebangan sebagai sumber variasi. Apabila terdapat perbedaan nyata di antara masing-masing sistem penebangan, data dianalisis lebih lanjut dengan membandingkan harga rata-ratanya dengan menggunakan metode LSD (*Least Significant Difference*).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Biomassa Pohon

Hasil perhitungan biomassa bagian-bagian pohon disajikan pada Tabel 2.

Dari Tabel 2 terlihat bahwa biomassa seluruh bagian pohon pada hutan primer lebih besar daripada biomassa pasca TPTI tujuh tahun, namun demikian hanya biomassa daun yang secara statistik berbeda nyata pada taraf uji 5 % (Lampiran 1). Hal tersebut berarti produktivitas daun di hutan primer mempunyai peran utama sebagai *source* bagi distribusi dan translokasi bahan-bahan organik ke bagian-bagian tanaman yang lain. Tingginya nilai biomassa pada hutan primer

Tabel (Table) 1. Persamaan regresi untuk menghitung biomassa bagian-bagian pohon (*Regression of tree biomass of each section*)

Bagian pohon (<i>Section of tree</i>)	Persamaan (<i>Equation</i>)
1. Berat batang (Bb, <i>stem weight</i>)	$2,903 \times 10^{-2} (D^2T)^{0,9813}$
2. Berat cabang (Bc, <i>branch weight</i>)	$0,1192 Bb^{1,059}$
3. Berat daun (Bd, <i>leaves weight</i>)	$9,146 \times 10^{-2} Bt^{0,266}$

Keterangan (*Note*) :

D = Diameter (*diameter*) (cm)

T = Tinggi (*height*) (cm)

Bt = Berat total (*total weight*) (kg) = Bb + Bc

Tabel (Table) 2. Biomassa (ton/ha) bagian pohon pada hutan primer dan TPTI setelah 7 tahun penebangan (*Tree biomass of each section in the natural forest and TPTI after 7 years harvesting*)

Lokasi (<i>Location</i>)	Bagian pohon (<i>Section of tree</i>)			
	Daun (<i>Leaves</i>)	Batang (<i>Stems</i>)	Cabang (<i>Branches</i>)	Jumlah (<i>Total</i>)
Hutan primer (<i>Natural forest</i>)	6,84	348,93	58,66	414,44
TPTI (<i>Selective Cutting</i>)	2,73	130,11	21,53	154,37

disebabkan oleh efektif dan efisiennya sistem aliran nutrisi pada ekosistem hutan alam, baik pada bagian atas pohon maupun bagian bawah (perakaran), sehingga rendahnya biomassa pohon yang ada pada sistem silvikultur TPTI secara tidak langsung merupakan gambaran terjadinya perubahan salah satu mekanisme pada ekosistem hutan.

B. Konsentrasi Hara Pohon

Hasil analisis konsentrasi hara dalam satuan persen (%) dari seluruh bagian pohon disajikan pada Tabel 3.

Konsentrasi karbon dan nisbah C/N pada seluruh bagian pohon pada pasca TPTI saat tujuh tahun, lebih rendah daripada hutan primer, ini disebabkan oleh kegiatan penebangan pada sistem TPTI yang mengakibatkan lebih banyak lahan terbuka sehingga memungkinkan lebih banyak masuknya sinar matahari dan curah hujan yang lebih sehingga dapat mempengaruhi iklim mikro (meningkatkan temperatur dan menurunkan kelembaban) yang selanjutnya meningkatkan proses dekomposisi serasah (Golley, 1975). Hal ini didukung oleh pendapat Manan (1978) yang menyatakan bahwa keadaan iklim yang selalu basah dan lembab

serta temperatur yang selalu tinggi sepanjang tahun dapat menyebabkan proses dekomposisi (pelapukan dan pembusukan) serasah hutan berlangsung secara cepat sehingga proses humifikasi (pembentukan humus) segera dilanjutkan dengan proses mineralisasi. Akibat meningkatnya proses dekomposisi pada kawasan hutan pasca TPTI, maka jumlah karbonnya (senyawa organik) menurun dan terbentuk senyawa anorganik seperti CO_2 , H_2O , NH_4 , dan Ca_2 yang dapat diserap langsung oleh tanaman. Para ahli ekologi sangat menaruh perhatian besar terhadap proses dekomposisi serasah karena hal tersebut erat kaitannya dengan daur hara dan kesuburan tanah yang secara tidak langsung menentukan kualitas pertumbuhan pohon dan produksi kayu (Thaiutsa dan Granger, 1979).

Konsentrasi N, P, dan Ca pada seluruh bagian pohon pada kawasan pasca TPTI lebih besar daripada hutan primer dan sebaliknya untuk K dan Mg. Kondisi tersebut sangat dipengaruhi oleh sifat masing-masing unsur dalam proses metabolisme (Barbour *et al*, 1987). Unsur nitrogen, meskipun sangat banyak terdapat di atmosfer (78 %) tetapi bukan dalam bentuk tersedia bagi tumbuhan.

Tabel (Table) 3. Konsentrasi hara (%) bagian pohon pada hutan primer dan pasca TPTI tujuh tahun
(Nutrient concentration of tree section in the natural forest and after 7 years TPTI)

Bagian pohon (Section of tree)	Lokasi (Location)	Konsentrasi hara (Nutrient concentration), (%)						
		C (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	C/N
Batang kayu (Stem without bark)	Hutan primer (Natural forest)	34,02	0,21	0,006	0,031	0,082	0,106	162,00
	TPTI (Selective Cutting)	33,88	0,26	0,008	0,050	0,102	0,047	130,31
Batang kulit (Stem with bark)	Hutan primer (Natural forest)	33,41	0,32	0,007	0,261	0,272	0,325	104,41
	TPTI (Selective Cutting)	32,82	0,40	0,010	0,151	0,524	0,166	82,05
Cabang (Branches)	Hutan primer (Natural forest)	33,41	0,21	0,013	0,082	0,232	0,092	159,09
	TPTI (Selective Cutting)	32,82	0,23	0,019	0,071	0,586	0,055	142,09
Daun (Leaves)	Hutan primer (Natural forest)	34,77	1,21	0,044	0,364	0,346	0,439	30,16
	TPTI (Selective Cutting)	33,81	1,19	0,064	0,314	0,817	0,428	29,57

Dengan perubahan kondisi iklim mikro akibat TPTI, unsur nitrogen yang semula dalam keadaan tidak tersedia (dapat diserap langsung oleh tanaman) dapat menjadi tersedia dalam bentuk amonium atau ion-ion yang terlarut dalam air, sehingga konsentrasinya meningkat. Demikian pula dengan unsur fosfor yang ditemukan dalam batuan fosfat organik, karena kondisi lingkungan yang mendukung dapat menjadi tersedia dalam bentuk gula dan lemak. Unsur kalsium yang bersifat tidak bergerak (*immobile*) melalui proses dekomposisi yang tinggi pada pasca TPTI tujuh tahun akan terlepas sehingga konsentrasinya meningkat.

Konsentrasi hara pada daun selalu lebih tinggi daripada bagian pohon yang lain pada hutan primer dan pasca TPTI tujuh tahun. Hal ini disebabkan peran daun yang secara fisiologis berfungsi sebagai tempat berlangsungnya proses fotosintesis dan sebagai tempat penampungan sementara hasil fotosintesis sebelum disebarkan ke seluruh bagian tanaman (Krammer dan Kozlowski, 1979). Demikian pula konsentrasi hara pada batang, baik pada hutan primer maupun pasca TPTI lebih besar pada batang kulit dibandingkan batang kayu. Fenomena

tersebut merupakan salah satu kelebihan hutan tropis yang mengakumulasi unsur hara di dalam pohon (Miller 1979), terutama pada bagian daun dan kulit (Whitmore, 1984).

Konsentrasi N pada batang kulit dan kayu, konsentrasi P pada daun dan batang kulit, konsentrasi K pada batang kayu, konsentrasi Ca pada daun, cabang dan batang kulit, konsentrasi Mg pada batang kulit dan kayu (Lampiran 2) berbeda nyata pada taraf uji 5 % antara hutan primer dan pasca TPTI. Hal ini menunjukkan bahwa pada kedua perlakuan tidak terdapat suatu pola konsentrasi hara untuk setiap bagian pohon secara tetap atau variasi konsentrasi hara di antara bagian pohon sangat tinggi. Fenomena ini disebabkan oleh fungsi masing-masing bagian pohon yang berbeda dalam proses pertumbuhan (Binkley, 1986).

C. Kandungan Hara Pohon

Hasil perhitungan kandungan hara pada bagian pohon pada hutan primer dan TPTI disajikan pada Tabel 4.

Pada ekosistem hutan alam, keberadaan spesies-spesies tumbuhan jelas dihubungkan dengan ketersediaan hara tanah dan lingkungan. Beberapa spesies ada yang

Tabel (Table) 4. Kandungan hara (Kg/ha) bagian pohon di hutan primer dan TPTI (*The nutrient contents of tree section in natural forest and selective cutting*)

Bagian pohon (Section of tree)	Lokasi (Location)	Konsentrasi hara (Nutrient concentration), (%)					
		C (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Batang kayu (Stem without bark)	Hutan primer (Natural forest)	110416,82	681,59	32,46	259,65	357,02	97,37
	TPTI (Selective Cutting)	40694,15	312,29	12,01	120,11	60,06	60,06
Batang kulit (Stem with bark)	Hutan primer (Natural forest)	814,80	77,98	2,44	65,80	80,42	63,36
	TPTI (Selective Cutting)	3280,84	39,99	1,00	51,98	16,99	14,99
Cabang (Branches)	Hutan primer (Natural forest)	19599,20	123,19	5,87	134,92	52,80	46,93
	TPTI (Selective Cutting)	37036,58	49,52	4,31	127,04	12,92	15,07
Daun (Leaves)	Hutan primer (Natural forest)	2379,89	82,82	2,74	23,96	30,12	24,64
	TPTI (Selective Cutting)	921,14	32,42	1,63	22,34	8,99	8,45

mampu tumbuh baik dengan rendahnya ketersediaan hara melalui mekanisme penambatan N udara serta perakarannya yang dalam atau mampu memanfaatkan hara yang tersedia dengan lebih efisien untuk pembentukan organ-organ tumbuhan (Gholz & Lima, 1997). Walaupun konsentrasi hara pada setiap bagian pohon tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, seperti tertera pada Tabel 3, namun keragaman kemampuan sifat tumbuhan di dalam mengakumulasi dan mentrans-lokasikan hara-hara tertentu di dalam bentuk biomassa menunjukkan perbedaan yang nyata seperti ditunjukkan pada Tabel 4.

Kandungan hara seluruh bagian pohon ditentukan oleh besarnya konsentrasi hara dan biomasnya. Secara umum kandungan hara pada hutan primer lebih tinggi daripada kandungan hara pasca TPTI. Namun, hasil analisis statistik menunjukkan bahwa di antara kandungan hara yang dianalisis, maka kandungan hara di hutan primer dan pasca TPTI yang berbeda nyata pada seluruh bagian-bagian pohon hanya ditunjukkan oleh hara N dan Mg, sementara untuk unsur yang lain, seperti unsur P berbeda nyata pada organ daun, kulit batang, dan batang kayu; unsur K berbeda nyata pada organ daun, cabang, dan kulit batang, sementara unsur Ca tidak berbeda nyata di seluruh bagian pohon (Lampiran 3).

Seperti yang telah diulas di atas, maka mekanisme serapan hara, baik kualitas maupun kuantitas di antara spesies tumbuhan akan berbeda sesuai dengan karakter fisiologis dan tingkat pertumbuhan tanaman (Miller, 1984). Perbedaan tersebut disebabkan oleh perbedaan di dalam menerima dan mendistribusikan cahaya yang masuk dan akhirnya berpengaruh kepada perbedaan

pada kuantitas hasil fotosintesis (fotosintat) dengan kuantitas fotosintat yang dilepaskan untuk kebutuhan respirasi pemeliharaan (*Maintenance Respiration* – R_m) (seperti pembesaran volume pohon) dan respirasi pertumbuhan (*Growth Respiration* – R_g) (seperti pembentukan cabang dan ranting baru) (Jones, 1992). Demikian juga pendapat yang dikemukakan oleh Kimmins (1987) bahwa perbedaan distribusi biomassa dan kandungan unsur hara dalam beberapa jaringan tumbuhan disebabkan oleh variasi distribusi hara di antara bagian-bagian tumbuhan hutan.

Selain itu serapan hara (N, P, Ca, dan Mg) yang besar pada batang pohon menunjukkan bahwa translokasi hara dari daun (sebagai *source*) ke organ batang (sebagai *sink*) terjadi secara efektif dan efisien. Hal tersebut dapat dijelaskan bahwa kondisi hara yang cukup rendah tetap menghasilkan aliran nutrisi yang cukup baik dari daun ke akar dan dari akar ke organ-organ tumbuhan (cabang dan batang). Dengan demikian ada mekanisme serapan hara yang berasal dari dekomposisi serasah, dan hal ini terkait dengan sistem perakaran dan kemampuan fisiologis jenis dalam memanfaatkan nutrisi (hara).

Jadi pada intinya sistem TPTI merupakan sistem silvikultur yang masih mengatur ruang-ruang agar sinar matahari dapat menerobos ke dalam tegakan hutan dan aliran energi matahari masih dapat dimanfaatkan oleh seluruh tumbuhan pada tegakan sisa. Dengan demikian kegiatan penebangan dengan sistem silvikultur tersebut tidak memberikan perubahan iklim mikro secara drastis, sehingga pada rotasi berikutnya masih dapat diperoleh produktivitas hutan dan hara tanah yang cukup baik.

Tabel (Table) 5. Kandungan hara tanah pada hutan primer dan TPTI 7 tahun setelah tebang (*The soil nutrient of the natural forest and after 7 years TPTI*)

Lokasi (<i>Location</i>)	pH	C (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Hutan primer (<i>Natural forest</i>)	4,3	1,76	0,175	9,405	0,255	0,660	0,430
PascaTPTI (<i>After Selective Cutting</i>)	4,3	1,63	0,175	9,935	0,370	0,755	0,875

D. Kandungan Hara Tanah

Kandungan hara tanah pada hutan primer dan pasca TPTI tujuh tahun setelah tebang disajikan pada Tabel 5.

Kondisi pH tanah, baik pada pasca TPTI tujuh tahun maupun hutan primer tergolong sangat asam (pH 4). Hanya konsentrasi C yang lebih besar pada hutan primer, sedangkan konsentrasi N, P, K, Ca, dan Mg yang dapat dipertukarkan pada pasca TPTI lebih besar daripada hutan primer. Hal ini sesuai dengan peningkatan proses dekomposisi serasah pada pasca TPTI akibat perubahan iklim mikro sehingga berpengaruh terhadap ketersediaan hara dan kesuburan tanah.

Kandungan nitrogen meningkat yang disebabkan aktivitas jasad renik penambat N (Maclean dan Wein, 1978) dan aktivitas fungi (Melillo *et al*, 1982). Namun demikian hanya konsentrasi Mg yang berbeda nyata pada taraf uji 5 % antara hutan primer dan pasca TPTI tujuh tahun (Lampiran 4).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Biomassa tegakan pada sistem silvikultur TPTI setelah tujuh tahun penebangan lebih kecil sekitar 73 % jika dibanding dengan biomassa di hutan alam primer.
2. Konsentrasi hara pada setiap bagian pohon (batang, cabang, dan daun) pada hutan alam dan pasca TPTI relatif sama, kecuali konsentrasi kalsium (Ca).
3. Perubahan kandungan beberapa hara pada tiap bagian pohon dari hutan alam ke hutan bekas tebangan (TPTI) setelah tujuh tahun penebangan menunjukkan bahwa cahaya yang masuk, baik vertikal maupun horizontal memberikan respons tumbuhan yang berbeda terhadap perubahan iklim mikro melalui kemampuan fotosintetik (asimilasi, akumulasi, dan translokasi hara hasil fotosintesis) spesies-spesies pada tegakan sisa.
4. Kandungan hara tanah terutama makro (N, P, K, Ca, Mg) relatif lebih baik pada sistem silvikultur TPTI, kecuali kandungan C yang lebih banyak pada

hutan primer. Sedangkan pH tanah pada hutan primer dan pasca TPTI 7 tahun tidak berbeda yaitu tergolong sangat asam (pH 4,3).

5. Penebangan dengan sistem silvikultur TPTI cenderung tidak merusak kondisi hara tanah, sehingga sistem ini sangat baik untuk kelangsungan konservasi tanah.

B. Saran

1. Sistem silvikultur TPTI di Indonesia dapat dipertahankan untuk hutan alam produksi.
2. Penelitian lanjutan mengenai siklus hara secara keseluruhan termasuk serasah pada sistem TPTI perlu segera dilakukan.
3. Perlu penelitian lanjutan mengenai pengaruh TPTI pada umur yang lebih lama (10, 15, dan 20 tahun) setelah penebangan, untuk mengetahui pada umur berapa kondisi kandungan haranya kembali seperti hutan alam.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1991. Pedoman Tebang Pilih Tanam Indonesia. Direktorat Jenderal Pengusahaan Hutan. Departemen Kehutanan.
- Barbour, M.G, J.H. Burk and W. D. Pitts. 1987. Terrestrial Plant Ecology. Second Edition. Menlo Park. California.
- Binkley, D. 1986. Forest Nutrition Management. John Wiley and Sons. New York, NY.
- Gholz, H. L. and W. P. Lima. 1997. The Ecophysiological Basis for Productivity in the Tropics. *Dalam*. Management of Soil, Nutrients and Water in Tropical Plantation Forests (Nambiar, E. K. S. & A. G. Brown, eds). ACIAR, CSIRO Australia & CIFOR Indonesia.
- Golley, F. B. 1975. Productivity and Mineral Cycling in Tropical Forest. Hlm 157-166. *Dalam* Productivity of World Forest Ecosystems. National Academy of Science. Washington DC.
- Handayani, I. P., 2004. Soil Quality Changes Following Forest Clearance in

- Bengkulu, Sumatra. BIOTROPICA, No. 22: 15-28.
- Lal, R. 1995. Sustainable Management of Soil Resources in the Humids Tropics Permanent Typesetting and Printing, Co, Ltd. Hongkong.
- Jones, H.G. 1992. Plant and Micro-climate. Second edition. Cambridge University Press, Australia.
- Krammer, P. J. and T.T Kozlowski., 1979. Physiology of Woody Plants. Academic Press. Orlando, Florida. 811 pp.
- Kimmins, J.P. 1987. Forest Ecology. Macmillian Publishing Company, New York, NY.
- Lembaga Penelitian Tanah. 1973. Peta Tinjau Kalimantan Timur. Lembaga Penelitian Tanah, Bogor.
- Maclean, D.A and R.W. Wein. 1978. Weight Loss and Nutrient Changes in Decomposing Litter and Forest Floor Material in New Brunswick Forest Stands. Can. J. Bot. 56:2730-2749
- Manan, S. 1978. Masalah Pembinaan Kelestarian Ekosistem Hutan. Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB, Bogor.
- Melillo, J.M., J.D Aber and J.F Muratore. 1982. Nitrogen and Lignin Control of Hardwood Leaf Litter Decomposition Dynamic. Ecol. 63: 621-626.
- Miller, H.G. 1979. The Nutrient Budget of Even-Aged Forest. Hlm. 241-245. Dalam The Ecology of Even-Aged Forest Plantation. Proc. IUPRO Conference, 1978. Institute of Terrestrial Ecology. Peny. E.D. Ford, D.C. Malcolm dan J. Afterson. Lanchashire, England.
- Miller, H.G. 1984. Dynamic of Nutrient Cycling in Plantation Ecosystems. Hlm. 53-78. Dalam. Nutrition of Plantation Forest. Peny. G.D Bowen dan E.K.S Nambiar. Academic Press Inc., London.
- Schmidt, F.H. and J.H.A. Ferguson. 1951. Rainfall Type Based On Wet And Dry Period Rations For Indonesia with Western New Guinea. Jawatan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- Thaiutsa, B. and O. Granger. 1979. Climate and Decomposition Rate of Tropical Forest Litter. UNASYLVA 31 (126) : 28-35.
- Van Noordwijk, M. 1998. Functional Branch Analysis to Derive Allometric Relationship in Above and Below-ground Trees. ICRAF. Southeast Asia. Bogor.
- Whitmore, T.C., 1984. Tropical Rain Forest of the Far East. Clarendon Press. Oxford.

Lampiran (Appendix) 1. Analisis sidik ragam biomassa (*Analysis of variances of tree biomass*)

Bagian pohon (Section of tree)	Sumber variasi (Source of varians)	db	JK	KT	F
Daun (<i>leaves</i>)	Perlakuan	1	16,9744	16,9744	51,06*
	Galat	22	0,6649	0,3325	
	Total	23	17,6393		
Cabang (<i>branches</i>)	Perlakuan	1	1378,64	1378,64	8,57 ns
	Galat	22	321,86	160,93	
	Total	23	1700,50		
Batang kulit (<i>stem with bark</i>)	Perlakuan	1	47882,2	47882,2	10,73ns
	Galat	22	8925,01	4462,51	
	Total	23	56807,2		
Batang kayu (<i>stem without bark</i>)	Perlakuan	1	67636,4	67636,4	10,55ns
	Galat	22	12820,2	6410,1	
	Total	23	80456,6		

Keterangan (Remark) : * = nyata (*significant*)
Ns = tidak nyata (*not significant*)

Lampiran (Appendix) 2. Analisis varians konsentrasi hara pada tiap bagian pohon (*Analysis of variances of nutrient concentration in each section of tree*)

Sumber variasi (Source of variaces)	F- Hitung (<i>F calculated</i>)				
	N	P	K	Ca	Mg
Daun (<i>leaves</i>)	0,02 ns	13,15*	1,05 ns	23,40*	0,22 ns
Cabang (<i>branches</i>)	4,02 ns	0,00 ns	0,19 ns	9,78*	1,51 ns
Batang kulit (<i>Stem with bark</i>)	4,32*	9,70*	2,57 ns	4,41*	5,68*
Batang kayu (<i>Stem without bark</i>)	4,77*	4,64 ns	10,08*	1,89 ns	5,12*

Keterangan (Remark) : * = nyata (*significant*)
Ns = tidak nyata (*not significant*)

Lampiran (Appendix) 3. Analisis varians kandungan hara pada tiap bagian pohon (*Analysis of variances nutrients content of each section of tree*)

Bagian pohon (Section of tree)	F-Hitung (<i>F calculate</i>)				
	N	P	K	Ca	Mg
Daun (<i>leaves</i>)	76,45*	19,01*	26,94*	0,12 ns	14,69*
Cabang (<i>branches</i>)	71,40*	2,86 ns	10,39*	0,12 ns	5,54*
Batang kulit (<i>Stem with bark</i>)	26,09*	11,48*	10,01*	0,69 ns	16,74*
Batang kayu (<i>Stem without bark</i>)	4,77*	10,99*	0,02 ns	3,25 ns	11,19*

Keterangan (Remark) : * = nyata (*significant*)
Ns = tidak nyata (*not significant*)

Lampiran (*Appendix*) 4. Analisis varians konsentrasi hara pada tanah (*Analysis of variances of soil nutrient concentration*)

Sumber variasi(<i>Source of variance</i>)	db	JK	KT	F
Carbon				
Perlakuan	1	0,0169	0,0169	0,03 ns
Galat	2	1,0708	0,5354	
Total	3	1,0877		
Fosfor				
Perlakuan	1	0,2809	0,2809	0,06 ns
Galat	2	9,8073	4,9037	
Total	3	10,0882		
Kalium				
Perlakuan	1	0,0132	0,0132	0,30 ns
Galat	2	0,0873	0,0436	
Total	3	0,1005		
Kalsium				
Perlakuan	1	0,0090	0,009	2,42 ns
Galat	2	0,0075	0,0037	
Total	3	0,0165		
Magnesium				
Perlakuan	1	0,1980	0,1980	316,84*
Galat	2	0,0013	0,0006	
Total	3	0,1993		

Keterangan (*Remark*) : * = nyata (*significant*)
Ns = tidak nyata (*not significant*)