

ESTIMASI BIOMASSA DAN AKUMULASI HARA TEGAKAN JATI (*Tectona grandis* L.f) DI TELUK PANDAN, KUTAI TIMUR, KALIMANTAN TIMUR

Veronika Murtinah

Program Studi Kehutanan, Sekolah Tinggi Pertanian Kutai Timur Jl. Soekarno Hatta, No. 01, Sangatta, Kutai Timur,
Kalimantan Timur, Kode Pos 75387
E-mail: veronikamurtinah@gmail.com

ABSTRACT

Biomass studies are important because they are closely related to other study interests. Estimation of the amount of forest stand biomass is highly relevant to the study of biogeochemical cycles. This study aims to determine the amount of biomass and macro nutrient content in teak stands. By calculating the biomass estimation and analyzing the nutrient content it will be known the amount of nutrient accumulation in biomass. The results of this study are: Total of teak stand biomass of 39,26 ton/ha, including stem component as much as 21,64 ton / ha (55%), branch + twig 11,79 ton/ha (30%), bark component 3,71 ton/ha (9%) and leaf component 2,13 ton/ha (5%). The highest N concentration of nutrients in leaf components, for the highest P in branches + twigs, whereas K, Ca and Mg were highest in the bark component. The highest accumulation of nutrient biomass is Ca (194,4 kg / ha), followed by K (189,7 kg/ha), P (92,4 kg/ha), N (53,5 kg/ha) and Mg (48,4 kg/ha).

Keywords: Biomass; teak; nutrient accumulation; East Kalimantan

ABSTRAK

Studi biomassa sangat penting karena berkaitan erat dengan berbagai kepentingan studi lainnya. Estimasi jumlah biomassa tegakan hutan sangat relevan dengan studi mengenai siklus biogeokimia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah biomassa dan kandungan hara makro pada tegakan jati. Dengan menghitung estimasi biomassa dan menganalisis kandungan unsur haranya maka akan diketahui jumlah akumulasi hara pada biomassa. Hasil-hasil penelitian ini yaitu: Jumlah biomassa tegakan jati sebanyak 39,26 ton/ha, meliputi komponen batang sebanyak 21,64 ton/ha (55%), cabang+ranting 11,79 ton/ha (30%), komponen kulit 3,71 ton/ha (9%) dan komponen daun 2,13 ton/ha (5%). Konsentrasi unsur hara N tertinggi pada komponen daun, untuk P tertinggi pada cabang+ranting, sedangkan K, Ca dan Mg tertinggi pada komponen kulit kayu. Jumlah akumulasi unsur hara biomassa jati terbanyak adalah Ca (194,4 kg/ha), diikuti K (189,7 kg/ha), P (92,4 kg/ha), N (53,5 kg/ha) dan Mg (48,4 kg/ha).

Kata kunci: Biomassa; jati; akumulasi hara; Kalimantan Timur

PENDAHULUAN

Hutan merupakan sumberdaya alam yang memiliki multifungsi, baik secara ekonomi, sosial dan fungsi konservasi maupun jasa lingkungan. Terkait dengan jasa lingkungan, hutan menyerap karbon dioksida yang ada di atmosfer dalam proses fotosintesis, dimana CO₂ di atmosfer diikat dan diubah menjadi bentuk energi (gugus gula) yang bermanfaat bagi kehidupan. Sebagian besar energi ini disimpan oleh tumbuhan dalam bentuk biomassa.

Biomassa adalah total berat atau volume organisme dalam suatu area atau volume tertentu (IPCC 1995). Biomassa didefinisikan juga sebagai total jumlah materi hidup di atas permukaan pada suatu pohon dan dinyatakan dengan satuan ton berat kering per satuan luas (Brown 1997). Sedangkan menurut Anwar *et al.* (1984), biomassa tumbuhan adalah jumlah berat kering dari seluruh bagian tumbuhan yang hidup dan untuk memudahkannya kadang-kadang dibagi menjadi biomassa di atas permukaan tanah (daun, bunga, buah, ranting, cabang dan batang) dan

biomassa di bawah permukaan tanah (akar). Chapman (1976) mengemukakan biomassa adalah berat bahan organik suatu organisme per satuan unit area pada suatu saat, berat bahan organik umumnya dinyatakan dalam satuan berat kering (*dry weight*) atau kadang-kadang dalam berat kering bebas abu (*ash free dry weight*).

Besarnya biomassa tegakan hutan dipengaruhi oleh umur tegakan hutan, sejarah perkembangan vegetasi, komposisi dan struktur tegakan (Lugo dan Snedaker 1974 dalam Kusmana 1993). Faktor iklim, seperti curah hujan dan suhu merupakan faktor yang mempengaruhi laju peningkatan biomassa pohon (Kusmana 1993). Suhu tersebut berdampak pada proses biologi dalam pengambilan karbon oleh tanaman dan penggunaan karbon dalam aktivitas dekomposisi (Murdiyarso *et al.* 1999).

Studi mengenai biomassa sangat penting karena berkaitan erat dengan berbagai kepentingan studi lainnya, antara lain dapat menunjukkan jumlah potensial karbon yang dapat dilepas ke atmosfer sebagai karbondioksida ketika

hutan ditebang dan atau dibakar ataupun studi silvikultur dalam pengelolaan hutan.

Data biomassa dari suatu hutan dapat digunakan untuk menaksir kemampuan berproduksi hutan tersebut. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa dengan diketahuinya besar biomassa suatu tegakan hutan yang diukur pada suatu saat tertentu dan dalam satuan luas tertentu pula maka produktivitas hutan yang bersangkutan dapat diketahui (Dykstra dan Patriawan 1976).

Menurut Young dan Carpenter (1976), inventarisasi biomassa yang akurat dapat digunakan untuk memperkirakan produksi tahunan dan produksi secara periodik per hektar. Hal ini sangat penting bagi perencanaan hutan dalam kaitannya dengan pengelolaan yang lebih luas. Disamping itu penaksiran biomassa sering dihubungkan dengan studi lainnya dalam bidang manajemen hutan.

Penghitungan unsur-unsur hara yang diakumulasi oleh suatu tegakan dapat dijadikan informasi lebih lanjut untuk mengetahui penyerapan atau keperluan tanaman yang bersangkutan akan unsur hara. Hal tersebut sangat penting, khususnya untuk tanah-tanah di wilayah Kalimantan Timur yang sebagian besar tergolong ordo Ultisols yaitu tanah-tanah yang telah mengalami perkembangan lanjut dan miskin hara (Ruhayat 1993). Dengan perhitungan yang baik, maka dapat mendukung pengelolaan hutan tanaman, khususnya dari sisi manajemen unsur hara hutan untuk mendukung kelestarian produksi biomassa dan kelestarian tempat tumbuhnya.

Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan penelitian mengenai estimasi biomassa dan akumulasi hara tegakan jati yang tumbuh di wilayah Kutai Timur, Kalimantan Timur. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah biomassa dan kandungan hara makro pada tegakan jati yang tumbuh di Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Kutai Timur. Manfaat penelitian ini adalah memberikan informasi strategis bagi pengelolaan tegakan jati yang tumbuh di Kutai Timur pada khususnya dan Kalimantan Timur pada umumnya.

METODE

A. Lokasi Penelitian

Penelitian lapangan dilaksanakan di areal tanaman jati masyarakat berumur 6 tahun di Kecamatan Teluk Pandan, Kabupaten Kutai Timur. Analisis kandungan hara biomassa dilaksanakan di Laboratorium Tanah Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman. Waktu

penelitian selama 4 bulan, meliputi orientasi lapangan, pembuatan plot penelitian, pengambilan sampel biomassa dan analisis kandungan hara di laboratorium.

B. Bahan dan Peralatan Penelitian

Bahan dan peralatan yang dipergunakan dalam penelitian meliputi: GPS untuk menentukan lokasi plot penelitian; kompas, meteran dan pita plastik untuk membuat plot penelitian; pita meteran untuk mengukur keliling batang pohon setinggi dada; bahan plastik tebal yang digunakan untuk penomoran pohon, clinometer dan tongkat sepanjang 4 meter untuk mengukur tinggi total; plastik terpal yang digunakan sebagai alas saat menebang pohon; timbangan berkapasitas 25 kg dan 2 kg untuk menimbang komponen pohon dan sampel komponen pohon di lapangan; timbangan digital untuk menimbang komponen biomassa; kantong plastik untuk menyimpan sampel komponen pohon; spidol permanen untuk memberi kode komponen pohon, oven untuk pengeringan sampel komponen pohon serta bahan dan peralatan laboratorium.

C. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian terdiri dari :

1. Membuat plot penelitian berukuran 50 m × 50 m dan melakukan inventarisasi tegakan dengan memberi nomor seluruh pohon di dalam plot penelitian dan mengukur diameter setinggi dada dan tinggi total.
2. Menghitung biomassa tegakan dengan mengalikan diameter kuadrat dan tinggi (d^2h). Penaksiran biomassa dilakukan dengan menggunakan regresi dari penelitian Murtinah (2006) untuk komponen-komponen pohon yang berada di atas permukaan tanah (*above ground biomass*), meliputi: komponen batang, cabang+ranting, daun dan kulit.
3. Menentukan pohon contoh untuk uji kandungan unsur hara makro (N, P, K, Ca dan Mg) dengan metode nilai tengah setelah stratifikasi (*mean tree after stratification*) (Madgwick 1976). Pohon-pohon contoh dipilih setelah seluruh pohon yang ada dalam plot dikelompokkan ke dalam tiga strata berdasarkan ukuran D^2H (diameter kuadrat kali tinggi total) (Cochran 1977). Biomassa sejumlah pohon yang dipilih sebagai contoh dari satu plot tegakan digunakan untuk menaksir biomassa seluruh pohon yang menyusun tegakan dalam plot tersebut.
4. Mengambil contoh dengan menebang pohon contoh pada batas 20 cm dari permukaan

tanah dilanjutkan mengambil contoh komponen biomassa yang representatif. Komponen cabang dan daun diambil dengan memperhatikan posisi komponen secara vertikal pada tajuk (posisi bawah, tengah dan atas) serta posisi horizontal dari batang (terdekat, tengah dan terjauh). Komponen batang dan kulit diambil dengan cara memotong batang setebal 5 cm (cakram) pada pangkal dan ujung batang. Sampel batang dapat berupa cakram utuh atau sebagian, tergantung besar kecilnya diameter batang.

5. Sampel komponen biomassa berupa komponen segar berupa: daun, batang, kulit, cabang+ranting yang representatif dikeringkan dalam oven pada temperatur maksimal 80°C sampai mencapai berat konstan.
6. Parameter konsentrasi unsur hara dianalisis di laboratorium, ekstraksi dengan metode Nitrogen dengan metode High Pressure Digestion pada suhu 180° C selama 10 jam dengan pereduksi HNO₃ konsentrat, kecuali untuk N. Unsur hara Nitrogen dengan metode Kjeldahl dengan destruksi basah menggunakan H₂SO₄ pekat. Ekstrak didestilasi dan ditambah dengan 20 ml NaOH

0,05 N. Fosfor menggunakan teknik kalorimetrik menggunakan Nitric Acid-Molybdate - Vanadate sebagai agen pewarna dan diukur dengan spectrometer. Kalium, Kalsium dan Magnesium dengan metode Atomic Absorption Spectrophotometer pada panjang gelombang masing-masing 766,5 nm, 489,5 nm dan 245,2 nm.

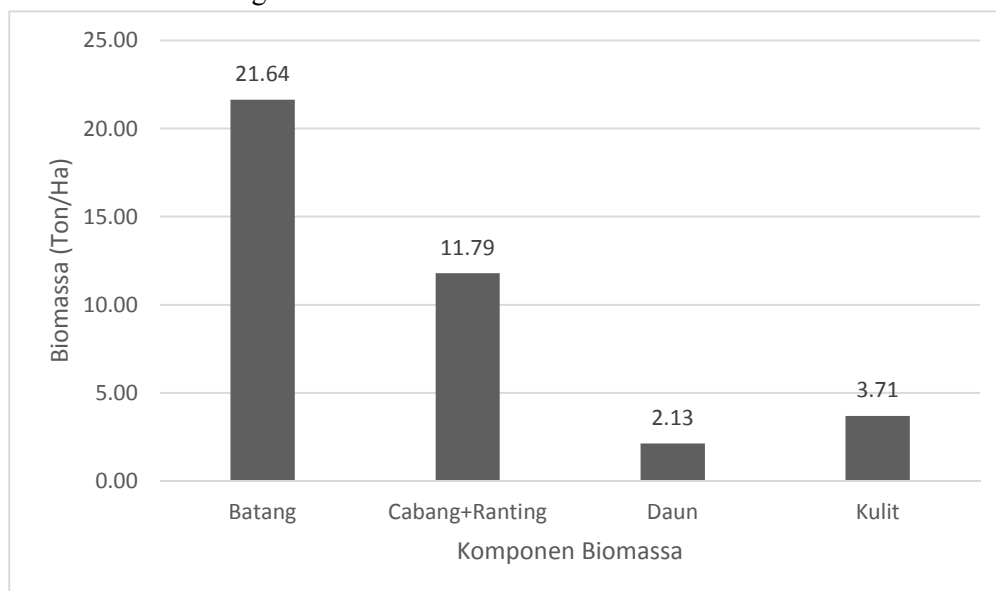
Total biomassa merupakan penjumlahan biomassa tiap komponen pohon, selanjutnya dilakukan konversi ke dalam satuan berat per hektar (ton/ha). Akumulasi hara komponen biomassa tegakan jati dihitung dengan mengalikan jumlah komponen biomassa dan konsentrasi hara komponen tegakan jati. Data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Estimasi Jumlah Biomassa Tegakan Jati

Jumlah keseluruhan biomassa tegakan jati berumur 6 tahun di Teluk Pandan sebanyak 39,26 ton/ha, sehingga dapat diketahui pula tegakan tersebut memiliki produksi biomassa rata-rata tahunan (produktivitas) sebanyak 6,54 ton/ha/th.

Jumlah biomassa masing-masing komponen biomassa tegakan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Jumlah biomassa pada masing-masing tegakan.

Hasil menunjukkan bahwa biomassa komponen batang merupakan komponen terbanyak dibandingkan dengan biomassa komponen lainnya yaitu sebanyak 21,64 ton/ha dengan persentase relatif sebesar 55% dari total biomassa tegakan, diikuti oleh biomassa komponen cabang+ranting sebanyak 11,79 ton/ha

(30%), komponen kulit sebanyak 3,71 ton/ha (9%) dan komponen daun sebanyak 2,13 ton/ha (5%).

Hasil penelitian ini menunjukkan kecenderungan yang sama dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Lukito dan Rohmatiah (2013) pada biomassa tegakan jati berumur 5 tahun di Kabupaten Magetan, Jawa Timur. Demikian pula

dari hasil penelitian Buvaneswaran dkk. (2006) pada biomassa tanaman jati di Tamil Nadu, India dan hasil penelitian Sulistyio dkk. (2010) di hutan jati rakyat di Gunung Kidul, Yogyakarta juga menunjukkan kecenderungan serupa.

B. Konsentrasi Hara Komponen Biomassa

Berbagai faktor diduga berpengaruh terhadap konsentrasi hara komponen pohon, diantaranya

Tabel 2. Konsentrasi hara komponen biomassa jati berumur 6 tahun di Teluk Pandan

Komponen Biomassa	Konsentrasi Hara Makro (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Batang (tanpa kulit)	0,06	0,24	0,29	0,09	0,06
Cabang+Ranting	0,13	0,26	0,64	0,82	0,18
Daun	0,92	0,17	0,80	0,62	0,23
Kulit	0,15	0,16	0,92	1,75	0,25

Konsentrasi Nitrogen (N) tertinggi terdapat di dalam komponen daun, diikuti oleh komponen kulit, cabang+ranting kulit dan terendah terdapat di dalam komponen batang (tanpa kulit). Komponen daun, kulit dan cabang+ranting merupakan komponen yang masih mengandung klorofil. bahwa bagian tanaman yang berwarna hijau mengandung N protein terbanyak, meliputi 70-80% dari total N tanaman (Rosmarkam dan Yuwono 2002), N merupakan penyusun zat hijau daun yang berperan dalam penangkapan sinar matahari untuk fotosintesis karbohidrat (Poerwowidodo 1997).

Hasil menunjukkan konsentrasi P komponen biomassa tertinggi terdapat di dalam komponen cabang+ranting, diikuti oleh komponen batang, daun dan kulit. Fosfor (P) merupakan unsur hara yang bersifat mobil atau mudah bergerak antar jaringan tanaman (Rosmarkam dan Yuwono 2002; Winarso 2005; Hanafiah 2005). P banyak terdapat pada jaringan organ floem, sehingga banyak yang beranggapan bahwa P mempunyai fungsi translokasi unsur hara tanaman Morard (1970) dalam Rosmarkam dan Yuwono (2002) serta berperan dalam reaksi transfer energi dan translokasi karbohidrat (Hanafiah 2005).

Konsentrasi Kalium (K) tertinggi terdapat di dalam komponen kulit, diikuti oleh komponen daun, cabang+ranting dan konsentrasi terendah berada pada komponen batang. Seperti halnya unsur hara N, konsentrasi K yang tinggi berada di dalam komponen yang mengandung klorofil (kulit, daun, cabang+ranting). Hal tersebut menunjukkan peranan K yang sangat penting,

adalah: jumlah cadangan hara di dalam tanah, perkembangan perakaran tanaman, vitalitas (kesehatan) tanaman, keperluan tanaman akan unsur hara dan translokasi hara diantara berbagai komponen pohon.

Hasil uji laboratorium terhadap komponen biomassa Jati berumur 6 tahun di Teluk Pandan disajikan pada Tabel 2.

diantaranya mempunyai peran yang sangat vital dalam proses fotosintesis (Winarso 2005). Selain itu berperan sebagai aktivator enzim (Hanafiah 2005), terlibat aktif dalam lebih dari 60 sistem enzim yang mengatur reaksi-reaksi kecepatan pertumbuhan tanaman.

Konsentrasi Kalsium (Ca) tertinggi berada di dalam komponen kulit, diikuti oleh komponen cabang+ranting, daun dan konsentrasi terendah di batang (Tabel 2). Ca berperan penting dalam pertumbuhan apikal dan pembentukan bunga, pembelahan sel, pengaturan permeabilitas sel, pengaturan tata air di dalam sel (bersama dengan K), perkembangan biji, perkembangan benang sari dan perkembangan bintil akar rhizobium (Rosmarkam dan Yuwono 2002). Ca bersifat immobil (Foth 1998; Hanafiah 2005; Rosmarkam dan Yuwono 2002), berbeda dengan N, P dan K yang bersifat mobil.

Konsentrasi Magnesium (Mg) tertinggi terdapat pada komponen kulit, diikuti oleh komponen daun, cabang+ranting dan konsentrasi terendah berada pada komponen batang. Seperti halnya N dan K serta Ca, konsentrasi Ca lebih tinggi pada komponen yang berklorofil. Hal itu terkait dengan fungsi N dan Mg sebagai penyusun klorofil dan K terlibat juga dalam proses fotosintesis (Hanafiah 2005)

C. Akumulasi Hara Biomassa

Akumulasi hara komponen biomassa tegakan jati merupakan hasil perkalian antara jumlah komponen biomassa dengan konsentrasi hara komponen tegakan jati. Informasi hasil penghitungan tersebut disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Akumulasi hara biomassa jati berumur 6 tahun di Teluk Pandan

Komponen Biomassa	Akumulasi Hara Makro (Kg/Ha)				
	N	P	K	Ca	Mg
Batang	13,0	52,2	63,0	19,6	13,0
Cabang+Ranting	15,3	30,7	75,5	96,7	21,2
Daun	19,6	3,6	17,0	13,2	4,9
Kulit	5,6	5,9	34,1	64,9	9,3
Total	53,5	92,4	189,7	194,4	48,4

Tabel 3 menunjukkan bahwa Ca merupakan unsur hara yang paling banyak terakumulasi pada biomassa tegakan jati, diikuti berturut-turut oleh unsur hara K, P, N dan paling sedikit adalah unsur hara Mg.

Akumulasi N terbanyak berada pada komponen daun (37%), kemudian banyak terdapat pada komponen cabang+ranting (29%) dan batang (24%), sedangkan paling sedikit pada komponen kulit (10%). Banyaknya akumulasi hara pada daun lebih disebabkan oleh tingginya konsentrasi N pada komponen tersebut jika dibandingkan dengan komponen lainnya. Sedangkan pada komponen cabang+ranting dan batang lebih dipengaruhi oleh banyaknya jumlah biomassa.

Unsur hara P paling banyak terakumulasi pada komponen batang (56%), diikuti cabang+ranting (33%), kulit (6%) dan paling sedikit pada daun (4%). Terdapat perbedaan yang sangat besar terutama antara akumulasi hara P pada komponen batang dan juga pada cabang+ranting dengan akumulasi hara P pada komponen kulit dan daun. Hal itu sangat dipengaruhi oleh banyaknya jumlah biomassa dan tingginya konsentrasi P pada kedua komponen tersebut.

Akumulasi hara K terbanyak terdapat pada komponen cabang+ranting (40%), diikuti berturut-turut oleh komponen batang (33%), kulit (18%) dan daun (9%). Tingginya akumulasi hara K pada komponen cabang+ranting disebabkan oleh jumlah biomassa yang cukup banyak dan konsentrasinya haranya yang cukup tinggi. Sedangkan akumulasi hara K pada batang lebih disebabkan faktor jumlah biomassa daripada konsentrasinya haranya. Rendahnya akumulasi hara K pada komponen kulit dan daun lebih disebabkan oleh sedikitnya jumlah biomassa. Hal tersebut dapat dilihat dari lebih tingginya konsentrasi hara K pada komponen kulit dan daun dibandingkan dengan konsentrasi hara K pada komponen cabang+ranting dan batang (Tabel 2).

Unsur hara Ca terbanyak terakumulasi pada komponen cabang+ranting (50%), kemudian

berturut-turut komponen kulit (33%), batang (10%) dan daun (7%). Banyaknya akumulasi hara Ca pada komponen cabang+ranting disebabkan oleh banyaknya jumlah biomassa dan tingginya konsentrasi haranya. Sedangkan akumulasi hara Ca pada komponen kulit lebih disebabkan oleh sangat tingginya konsentrasi unsur hara (Tabel 2) daripada oleh banyaknya jumlah biomassa. Lain halnya dengan sedikitnya akumulasi hara Ca pada batang sangat dipengaruhi oleh rendahnya konsentrasi hara tersebut pada komponen batang (jumlah biomassa komponen batang paling banyak). Sedangkan akumulasi hara Ca pada daun lebih dipengaruhi oleh sedikitnya jumlah biomassa komponen tersebut.

Untuk unsur hara Mg, komponen cabang+ranting mengakumulasi hara paling banyak (44%), diikuti komponen batang (27%), kulit (19%) dan paling sedikit terakumulasi pada komponen daun (10%). Cukup banyaknya unsur hara Mg dalam komponen cabang+ranting disebabkan oleh jumlah biomassa dan konsentrasi hara Ca dalam komponen tersebut. Sedangkan pada batang lebih dipengaruhi oleh banyaknya jumlah biomassa daripada konsentrasi hara dalam komponen tersebut. Seperti diketahui bahwa konsentrasi hara Mg pada batang paling rendah pada komponen batang (Tabel 2). Sedangkan pada komponen kulit dan daun masing-masing dipengaruhi oleh jumlah biomassa dan konsentrasi haranya.

Berdasarkan uraian di atas dapat dikemukakan bahwa unsur hara N lebih banyak diakumulasikan pada komponen daun, cabang+ranting dan batang. Unsur hara P, K, Ca dan Mg lebih banyak terakumulasi pada komponen batang, cabang+ranting dan kulit yang merupakan komponen berkayu.

KESIMPULAN

1. Jumlah biomassa komponen batang sebanyak 21,64 ton/ha (55%) dari total biomassa tegakan, diikuti oleh biomassa komponen cabang+ranting sebanyak 11,79 ton/ha (30%),

- komponen kulit sebanyak 3,71 ton/ha (9%) dan komponen daun sebanyak 2,13 ton/ha (5%).
2. Konsentrasi unsur hara N tertinggi pada komponen daun, untuk P tertinggi pada cabang+ranting, sedangkan K, Ca dan Mg tertinggi pada komponen kulit.
 3. Jumlah akumulasi unsur hara pada biomassa jati terbanyak adalah Ca (194,4 kg/ha) diikuti berturut-turut oleh unsur hara K (189,7 kg/ha), P (92,4 kg/ha), N (53,5 kg/ha) dan Mg (48,4 kg/ha).

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar J, Damanik SJ, Hisyam N, Whitten AJ. 1984. Ekologi Ekosistem Sumatera. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Brown S. 1997. Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. A Primer. FAO. Forestry Paper. USA. 134. Hlm. 10-13.
- Buvaneswaran,C, M.George; D.Perez, M. Kanninen. 2006. Biomass of teak plantations In Tamil Nadu, India and Costa Rica Compared. Journal of Tropical Science 18 (3): 195-197.
- Chapman SB. 1976. Methods in Plant Ecology. 2nd ed. Blackwell Scientific Publisher. Oxford. Hlm. 145-120.
- Dykstra dan Patriawan. 1976. Biomass and Productivities of The Tropical Moist Secondary Forest in East Kalimantan Implication for Planting Tropical Forest dan Research. PT ITCI Kenangan Balikpapan Indonesia.
- Foth, H.D. 1998. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Alih Bahasa E.D. Purbayanti, D.R. Lukiwati, R. Trimulatsih. Edisi Ketujuh. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 763 h.
- Hanafiah, K.A. 2005. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Edisi Pertama Cetakan Pertama. PT RajaGrafindo Persada, Jakarta.360 h.
- IPCC. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change National Greenhouse Gas Inventories Programme. www.ipcc-nggip.iges.or.jp/lulucf_unedit.html.
- Kusmana C. 1993. A Study on Mangrove Forest Management Base on Ecological Data in East Sumatera, Indonesia [desertation]. Japan: Kyoto University, Faculty of agricultural.
- Lukito,M & A. Rohmatiah. 2013. Estimasi biomassa dan karbon tanaman jati umur 5 tahun (Kasus Kawasan Hutan Tanaman Jati Unggul Nusantara (JUN) Desa Krowe, Kecamatan Lembeyan Kabupaten Magetan). Jurnal Agri-tek 14 (1): 1-23.
- Madgwick, H.A.I. 1976. Mensuration of Forest Biomassa, Oslo Biomass Study, University of Main at Orono, USA.
- Murdiyarto D, Noordwijk M, Juyanto A. 1999. Modeling Global Change Impacts on the Soil Environment. IC-SEA Repert No. 6 BIOTROP – GTCE/ Impacts Centre for Southeast Asia (IC-SEA). Bogor.
- Murtinah, V. 2006. Studi keperluan hara tegakan jati di areal HPHTI-Trans PT Sumalindo Lestari Jaya II Kabupaten Kutai Timur. Tesis Program Pascasarjana Magister Program Studi Ilmu Kehutanan Universitas Mulawarman, Samarinda. 182 h.
- Poerwowidodo. 1991. Gatra Tanah dalam Pembangunan Hutan Tanaman di Indonesia. Edisi Pertama Cetakan Pertama. CV Rajawali. Jakarta.
- Rosmarkam A & NW Yuwono. 2002. Ilmu Kesuburan Tanah. Kanisius. Yogyakarta. 224 h.
- Ruhyat D. 1993. Evaluasi Kebutuhan Hara Tegakan Leda dan Sengon. Makalah Seminar di PT ITCI Hutani Manunggal Kenangan Kabupaten Pasir, Kalimantan Timur.
- Sulistyo JG, Lukmandaru VE, Prasetyo, SN Marsoem. 2010. Karakteristik Biomassa Komponen Pohon Jati dari Hutan Rakyat di Gunung Kidul.
- Winarso S. 2005. Kesuburan Tanah: Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah. Gava Media. Yogyakarta. Cetakan Pertama. Edisi Pertama. 269 h.
- Young HE & DN Carpenter 1976. Sampling Variation of Nutrient Elemen Content with in and between Trees of The Same Species in Oslo Biomass Studies. College of Life Sciences and Agriculture University of Maine at Orono Oslo, Norway. XVIth International Congress of IUFRO Orono, Maine, USA.