

EKOLOGI HUTAN PAMAH BARITO ULU, KALIMANTAN TENGAH: RESPON TERHADAP PEMUPUKAN NITROGEN DAN FOSFOR

[Ecology of Lowland Forest in Barito Ulu, Central Kalimantan: Response to Nitrogen
and Phosphor Fertilization]

Edi Mirmanto

Balitbang Botani, Puslitbang Biologi-LEPI

ABSTRACT

A fertilization was set up in September 1993 in species-rich dipterocarp forest in the Barito Ulu study site in Central Kalimantan. The experiment was unusual in that previously reported fertilizer experiments have been made in montane forest. The following treatments were applied: control, +N, +P and +NP. There were five blocks of four 50m x 50m plots with a separate treatment for each plot. Fine litterfall was collected on all of the plots from May 1994 for one year. There was evidence of higher litterfall quantities and increased of P and N in the litterfall. All trees (> 10 cm dbh) were measured in August 1993 and in July 1994 and there was a clear girth increment response of some dipterocarp species to +NP and small size of trees to +N.

Kata kunci/key words: Barito Ulu, Kalimantan Tengah/Central Kalimantan, pemupukan/fertilization, serasah/litterfall, unsur hara/nutrient elements, posfor/phosphor, nitrogen.

PENDAHULUAN

Hutan hujan tropik lahan pamah diasumsikan sangat miskin hara dan ini menyebabkan pertumbuhan pohon yang lambat dan produksi primer hutan yang rendah. Namun demikian asumsi tersebut tidak sepenuhnya benar (Proctor, 1992) dan belum ada percobaan langsung di lapangan dengan melakukan percobaan pemupukan dalam hutan tropik lahan pamah.

Beberapa percobaan dengan pemupukan telah dilakukan terhadap semai. Turner (1991) meneliti pengaruh pemupukan NPK pada *Melastoma malabathricum* dan *Trema tomentosa* dengan perlakuan naungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemupukan meningkatkan pertumbuhan kedua jenis tersebut, tetapi tidak terlihat adanya pengaruh yang nyata dari perlakuan naungan. Burslem *et al.* (1994) menumbuhkan *Melastoma malabathricum* pada tanah dari hutan tropik lahan pamah dan *Dillenia suffruticosa* pada tanah dari hutan sekunder yang miskin hara. Dari hasil penelitian tersebut diketahui bahwa posfor (P) merupakan hara penghambat utama untuk pertumbuhan jenis-jenis tumbuhan di kedua tipe tanah tersebut.

Percobaan pemupukan juga telah dilakukan di beberapa hutan tropik pegunungan di Hawaii, Jamaica dan Venezuela. Di Hawaii, setelah 2 tahun pemupukan dengan kombinasi hara (N, P, K, Mg, S, B, Cu dan Zn) menunjukkan adanya penambahan diameter batang yang lebih cepat dibandingkan dengan kontrol/tanpa pemupukan (Gerrish dan Bridges, 1984). Vitousek *et al.* (1987), juga di Hawaii, melaporkan bahwa pemupukan nitrogen telah meningkatkan pertumbuhan batang pohon pada tanah yang relatif muda. Tanner *et al.* (1990) melaporkan bahwa setelah 2-3 tahun pemupukan dengan N dan P di hutan pegunungan Jamaica, menghasilkan peningkatan laju pertumbuhan batang pohon dan produksi daun. Informasi terbaru tentang percobaan pemupukan hutan dengan N dan P di hutan pegunungan Venezuela (Tanner *et al.*, 1992), menunjukkan bahwa laju pertumbuhan batang pohon dalam petak-petak yang dipupuk dengan +N dan +P relatif lebih cepat dibandingkan dengan petak kontrol (**tidak** dipupuk). Akan tetapi tidak terlihat adanya peningkatan serasah (daun gugur) yang **nyata** pada setiap perlakuan, kecuali pada tahun keempat setelah pemupukan. Lebih dari itu juga tidak

terlihat adanya peningkatan yang nyata dari konsentrasi N-serasah, tetapi konsentrasi P-serasah pada petak +P meningkat setelah 2,5 tahun dari pemupukan pertama.

Percobaan pemupukan juga telah dilakukan di banyak hutan tanaman di daerah "temperate" dan telah diketahui adanya respon positif terhadap N yang tercermin dalam peningkatan pertumbuhan tanaman dan konsentrasi hara dalam daun (Timmer dan Stone, 1978; Kellner, 1993; Chappell dan Bennet, 1993). Percobaan-percobaan pemupukan yang serupa juga telah dilakukan di hutan tanaman di daerah-daerah sub-tropik dan tropik. Schutz (1976) menguraikan pengaruh pemupukan dengan kombinasi N, P dan K pada petak *Eucalyptus grandis* di Low's Creek, Afrika Selatan. Dilaporkan bahwa setelah 4 tahun pemupukan volume dan tinggi tanaman meningkat secara tajam dibandingkan dengan petak kontrol. Kadeba (1978) melaporkan bahwa pemupukan dengan P dan mungkin juga N telah meningkatkan pertumbuhan dan daya tahan pohon-pohon *Pinus* spp. di tanah sabana Nigeria. Malvos *et al.* (1973) di lain pihak, mengamati adanya respon yang rendah dari *Pinus patula* di Madagaskar terhadap pemupukan dengan P dan/atau K, tetapi tampak adanya respon yang lebih baik jika pemupukan dilakukan dalam bentuk kombinasi PK.

Tulisan berikut ini melaporkan **hasO** percobaan pemupukan hutan hujan tropik **lahan** pamah di daerah penelitian Barito Ulu, Kalimantan Tengah. Percobaan ini akan menguji tiga hipotesis yaitu (1) pemupukan dengan +N, +P dan +NP **akan** meningkatkan produksi serasah, (2) pemupukan akan mempengaruhi konsentrasi N dan P dalam serasah, dan (3) pemupukan akan meningkatkan pertumbuhan batang pohon.

BAHAN DAN CARA KERJA

Daerah penelitian

Penelitian dilakukan dalam hutan lahan pamah yang didominasi oleh jenis-jenis Dipterocarpaceae, di Barito Ulu, Kalimantan Tengah.

Pertelaan mengenai daerah penelitian secara lengkap telah diuraikan dalam Mirmanto (1996 dan 1999a).

Pemupukan

Pemupukan dilakukan pada 5 blok yang masing-masing terdiri atas 4 petak 50 m x 50 m dengan jarak antara petak yang satu dengan yang lain sekitar 50 m. Letak dan kondisi petak telah diuraikan dalam Mirmanto (1996). Dalam setiap blok telah dilakukan 4 perlakuan yaitu (1) petak kontrol yang tidak dipupuk, (2) petak yang dipupuk dengan 56,25 kg/petak/tahun N (dalam bentuk 120,7 kg/petak/tahun pupuk Urea), (3) petak yang dipupuk dengan 18,75 kg/petak/tahun P (dalam bentuk 93,75 kg/petak/tahun pupuk TSP) dan (4) petak yang dipupuk dengan 56,25 kg N dan 18,75 kg P /petak/tahun.

Sedapat mungkin 4 perlakuan dirancang secara acak dalam setiap petak. Akan tetapi pada **daerab-daerah** miring, maka petak kontrol **dhentukkan pada** daerah yang tertinggi dari petak **perlakuan** yang lain. Pemupukan dilakukan satu **kali dalam** setahun, yaitu dengan menaburkan **pupuk** pada setiap sub-petak 10 m x 10 m secara **merata**. Kuantitas pupuk yang diperlukan untuk **setiap** sub-petak diukur dengan volume ember yang **telah** dikalibrasi terlebih dulu. Untuk perlakuan NP, **pupuk** Urea dan TSP dicampur dan ditaburkan secara bersamaan. Pemupukan pertama dilakukan **pada** bulan September 1993 dan kedua pada bulan Agustus 1994.

Pertumbuhan batang

Untuk mengetahui laju pertumbuhan dilakukan dengan pengukuran pertambahan lingkaran batang pohon. Pengukuran pertama dilakukan pada bulan Agustus 1993 dan kedua Mi 1995. Rata-rata penambahan ukuran lingkaran batang per tahun dihitung dari setiap perlakuan yang dikelompokkan menjadi beberapa kelas keliling batang. Selain itu juga dilakukan penghitungan tersendiri terhadap

dua suku utama dan 6 jenis pohon yang paling umum, yaitu dengan jumlah individu ≥ 5 pada setiap perlakuan. Analisis statistik dengan ANOVA digunakan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan, dan untuk mengetahui taraf perbedaan antara dua perlakuan yang berbeda digunakan uji Tukey (Zar, 1984).

Serasah dan kandungan haranya

Serasah dan kandungan haranya diukur dari 20 petak, metode pengumpulan serasah serta analisis kandungan hara telah diuraikan dalam Mirmanto (1996; 1999a). Kuantitas serasah bulanan diukur untuk setiap petak, dan rata-rata dari 5 petak dihitung untuk setiap perlakuan. Analisis ANOVA digunakan untuk menguji perbedaan-perbedaan kuantitas dan konsentrasi hara antar perlakuan, dan uji Tukey digunakan untuk mengetahui taraf perbedaan antara dua perlakuan yang berbeda.

HASIL

Pertumbuhan

Berdasarkan data seluruh jenis, tercatat bahwa rata-rata pertumbuhan untuk semua kelas keliling batang pada petak +N menunjukkan nilai yang tertinggi (Tabel 1), tetapi hanya untuk pohon-pohon berukuran kecil (keliling 31,4 - 62,8 cm) yang secara nyata lebih cepat (uji Tukey, ANOVA, $p < 0,05$) dibandingkan dengan petak kontrol. Rata-rata pertumbuhan batang pada petak-petak +P dan +NP secara statistik tidak menunjukkan adanya perbedaan yang nyata terhadap petak kontrol.

Secara keseluruhan pertumbuhan batang suku Dipterocarpaceae pada petak +N dan +NP secara nyata lebih cepat dibandingkan dengan petak kontrol (Tabel 2). Hal yang serupa juga terlihat pada petak +NP untuk semua kelas keliling, sedangkan pada petak +N hanya pada pohon-pohon berukuran kecil. Dilain pihak untuk suku Euphorbiaceae tidak terlihat adanya perbedaan yang nyata antar petak perlakuan. Berdasarkan analisis untuk jenis yang memiliki individu cukup banyak (≥ 5 individu pada setiap perlakuan)

menunjukkan bahwa hanya *Shorea seminis* pada petak +N dan +NP serta *Shorea parvifolia* pada petak +NP yang secara nyata lebih cepat pertumbuhannya dibandingkan dengan petak kontrol (Tabel 3).

Produksi serasah

Produksi serasah bulanan pada petak kontrol dan petak-petak yang dipupuk (Gambar 1) memperlihatkan pola yang serupa yaitu dengan puncak produksi pada bulan Oktober 1994. Akan tetapi kuantitas total serasah bulanan di antara ke 4 perlakuan tersebut tampak bervariasi. Berdasarkan pola produksi bulanan serasah total, maka dapat dikelompokkan menjadi 4 periode pengumpulan contoh, yaitu periode I (Mei-Juli), periode II (Agustus-Oktober), periode III (November-Januari) dan periode IV yaitu Februari-April (Tabel 4).

Tabel 4 menunjukkan bahwa hanya pada periode IV kuantitas total serasah pada petak-petak yang dipupuk lebih besar dari kontrol, tetapi hanya pada petak +NP yang berbeda nyata dengan kontrol (uji Tukey, ANOVA, $p < 0,05$). Dalam periode ini total serasah dalam petak +NP tercatat sekitar 41% lebih besar dari petak kontrol, sedangkan petak-petak +N dan +P masing-masing hanya 8% dan 6%.

Di lain pihak serasah bunga+buah dalam petak kontrol selalu lebih rendah dibandingkan dengan petak-petak yang dipupuk (Tabel 5). Kuantitas serasah bunga+buah pada periode I pada semua petak yang dipupuk sekitar 3 kali lebih besar dari petak kontrol. Pada periode ini juga terlihat bahwa serasah bunga+buah pada petak +P secara nyata lebih besar dari pada petak kontrol (uji Tukey, ANOVA, $p < 0,05$). Akan tetapi pada periode III (November-Januari), saat terjadi puncak produksi serasah bunga+buah, tidak terlihat adanya perbedaan yang nyata diantara perlakuan.

Konsentrasi hara dalam serasah

Rata-rata konsentrasi P-serasah daun pada petak +P dan +NP secara nyata lebih besar dibandingkan dengan petak kontrol, akan tetapi

konsentrasi N-serasah daun hanya berbeda nyata pada petak +N (Tabel 6). Di lain pihak konsentrasi N-serasah daun pada petak +P secara nyata lebih rendah dibandingkan petak kontrol.

Tabel 7 memperlihatkan bahwa konsentrasi hara serasah total pada petak kontrol lebih rendah dibandingkan petak-petak yang dipupuk. Konsentrasi P-serasah total pada petak kontrol secara nyata lebih rendah dari pada petak +P dan +NP, serupa dengan konsentrasi P-serasah daun. Akan tetapi untuk unsur N tidak terlihat adanya perbedaan yang nyata diantara perlakuan.

Perbedaan produksi serasah seperti yang telah dikemukakan di atas, nampaknya menghasilkan perbedaan dalam pasokan unsur hara (Tabel 8). Rata-rata pasokan nitrogen dalam petak +NP secara nyata lebih besar dari pada petak kontrol.

Dibandingkan dengan beberapa penelitian terdahulu (Proctor *et al.*, 1993a; 1993b; Lim, 1978; Burghouts, 1993) nilai pasokan nitrogen dan posfor pada petak kontrol di daerah penelitian tercatat relatif rendah. Rendahnya nilai pasokan nitrogen dan posfor memberikan gambaran bahwa bahwa penyerapan nitrogen dan posfor dari pupuk yang ditebarkan relatif rendah. Persentase penyerapan pupuk dapat diperkirakan sebagai proporsi pasokan unsur hara pada petak yang dipupuk dikurangi pasokan unsur hara petak kontrol terhadap jumlah pupuk yang ditaburkan. Dengan menggunakan formula ini dapat diperkirakan bahwa penyerapan nitrogen pada petak +NP dan +N masing-masing sebesar 7,58 % dan 2,35 %. Penyerapan posfor sebesar 2,10 % pada petak +NP dan 0,76 % pada petak +P.

Tabel 1. Rata-rata penambahan lingkaran batang (cm) per tahun pada petak kontrol dan petak yang dipupuk, menurut ukuran lingkaran batang

Kelas keliling (cm)	Perlakuan				ANOVA
	Kontrol	+N	+P	+NP	
31,4-62,6	0,94 ± 0,04a	1,11 ± 0,05b	0,99 ± 0,03a	0,98 ± 0,03a	p < 0,05
62,9 -125,6	1,45 ± 0,08	1,59 ± 0,08	1,37 ± 0,07	1,58 ± 0,16	-
> 125,6	1,88 ± 0,15	2,26 ± 0,13	2,09 ± 0,27	2,22 ± 0,19	-
Total	1,25 ± 0,05	1,35 ± 0,04	1,26 ± 0,04	1,33 ± 0,06	-

Nilai-nilai dalam baris yang sama yang diikuti dengan huruf yang berbeda berarti berbeda nyata (ANOVA, p < 0,05, uji Tukey).

Tabel 2. Rata-rata penambahan lingkaran batang (cm) per tahun pada petak kontrol dan petak yang dipupuk untuk suku Dipterocarpaceae, menurut ukuran lingkaran batang

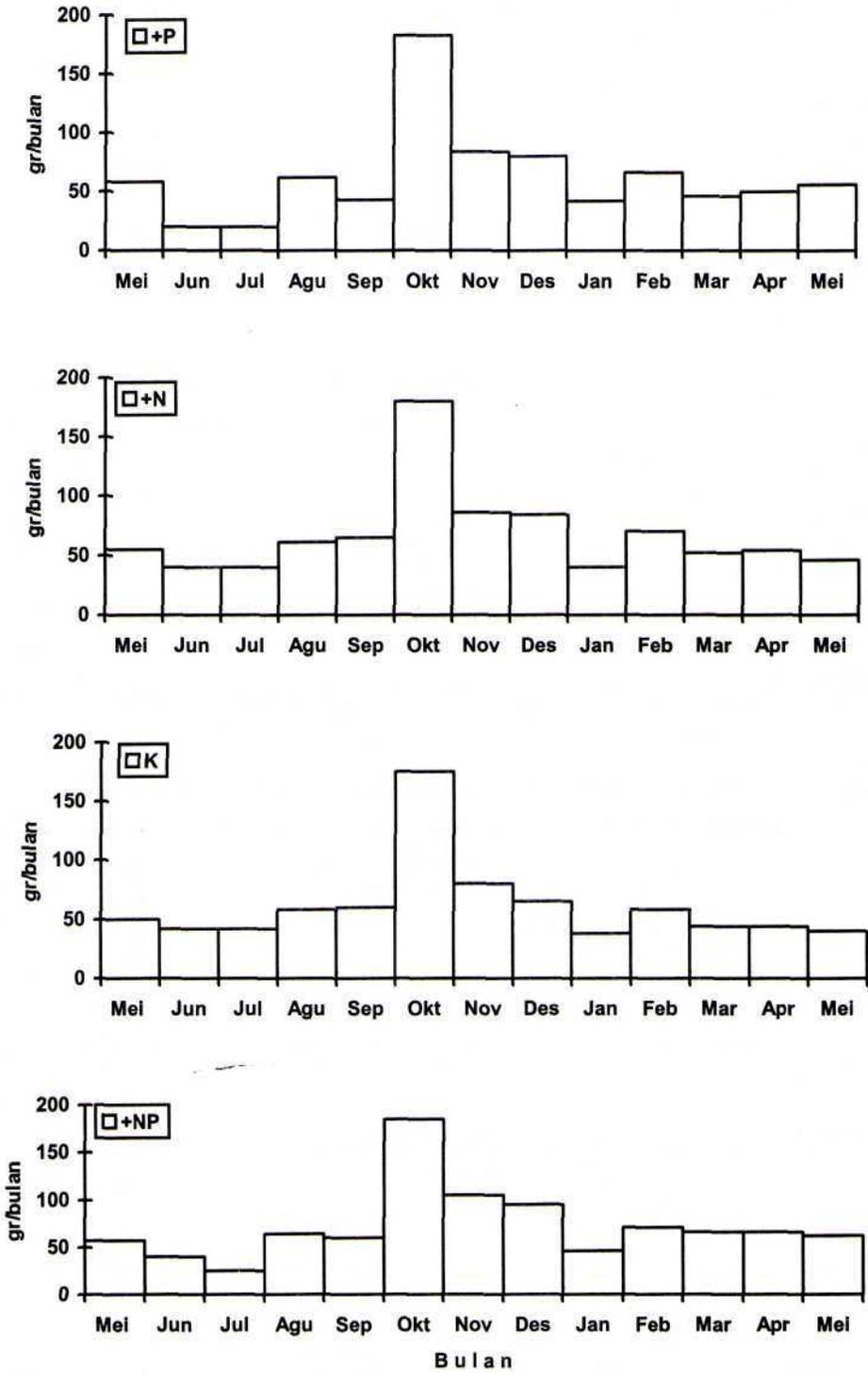
Kelas keliling (cm)	Perlakuan				ANOVA
	Kontrol	+N	+P	+NP	
31,4-62,6	0,98 ± 0,06a	1,36 ± 0,04b	0,96 ± 0,03a	1,27 ± 0,04b	p < 0,05
62,9-125,6	1,52 ± 0,04a	1,95 ± 0,02a	1,34 ± 0,06a	2,04 ± 0,05b	p < 0,05
> 125,6	1,97 ± 0,04a	2,28 ± 0,05a	2,04 ± 0,04a	2,87 ± 0,03b	p < 0,05
Total	1,31 ± 0,08a	1,69 ± 0,08b	1,23 ± 0,06a	1,72 ± 0,05b	p < 0,05

Nilai-nilai dalam baris yang sama yang diikuti dengan huruf yang berbeda berarti berbeda nyata (ANOVA, p < 0,05, uji Tukey).

Tabel 3. Rata-rata penambahan lingkaran batang (cm) per tahun pada petak kontrol dan petak yang dipupuk untuk 6 jenis yang paling umum di daerah penelitian

Jenis	Perlakuan				ANOVA
	Kontrol	+N	+P	+NP	
Aporusa maingayi	0,85 ± 0,25	1,07 ± 0,34	0,62 ± 0,14	0,73 ± 0,14	-
Dacryodes rugosa	0,94 ± 0,28	1,30 ± 0,11	1,10 ± 0,41	1,44 ± 0,12	-
Shorea parvifolia	1,64 ± 0,16a	2,15 ± 0,18a	1,75 ± 0,21a	3,34 ± 0,11b	p < 0,05
Shorea seminis	0,85 ± 0,27a	1,90 ± 0,25b	0,94 ± 0,21a	1,49 ± 0,16b	p < 0,05
Swintonia glauca	0,86 ± 0,16	0,98 ± 0,23	0,51 ± 0,18	0,98 ± 0,27	-
Vatica sumatrana	1,17 ± 0,33	0,73 ± 0,38	0,95 ± 0,27	1,40 ± 0,40	-

Nilai-nilai dalam baris yang sama yang diikuti dengan huruf yang berbeda berarti berbeda nyata (ANOVA, p < 0,05, uji Tukey).



Gambar 1. Rata-rata produksi serasah total bulanan pada petak kontrol (K) dan petak-petak yang dipupuk (+N, +P, +NP).

Tabel 4. Rata-rata produksi serasah total (g/m²/hari) pada petak kontrol dan petak yang dipupuk, menurut periode pengumpulan contoh

Periode	Perlakuan				ANOVA
	Kontrol	+N	+P	+NP	
Mei-Jul 1994	1,49 ± 0,10	1,53±0,09	1,49 ± 0,11	1,68 ± 0,17	-
% terhadap kontrol	100	103	100	113	
Agu-Okt 1994	3,73 ± 0,55	3,52 ± 0,56	3,62 ± 0,81	3,72 ± 0,79	-
% terhadap kontrol	100	94	97	99	
Nov 1994-Jan 1995	2,57 ± 0,25	2,43 ± 0,21	2,50 ± 0,26	2,97 ± 0,44	-
% terhadap kontrol	100	96	97	115	
Feb-Mei 1995	1,61±0,13a	1,74 ±0,12a	1,70 ±0,12a	2,27 ±0,21b	p < 0,05
% terhadap kontrol	100	108	106	141	

Nilai-nilai dalam baris yang sama yang diikuti dengan huruf yang berbeda berarti berbeda nyata (ANOVA, p < 0,05, uji Tukey).

Tabel 5. Rata-rata produksi serasah bunga+buah (g/m²/hari) pada petak kontrol dan petak yang dipupuk, menurut periode pengumpulan contoh

Periode	Perlakuan				ANOVA
	Kontrol	+N	+P	+NP	
Mei-Jul 1994	0,021 ± 0,009a	0,071±0,025b	0,081±0,017b	0,071 ±0,018b	p < 0,05
% terhadap kontrol	100	338	385	338	
Agu-Okt 1994	0,076 ±0,017	0,106 ± 0,019	0,105±0,009	0,132±0,042	-
% terhadap kontrol	100	139	138	174	
Nov 1994-Jan 1995	0,272 ± 0,063	0,285 ± 0,037	0,288 ± 0,048	0,402 ± 0,078	-
% terhadap kontrol	100	105	106	148	
Feb-Mei 1995	0,132 ± 0,036	0,152 ± 0,021	0,202 ± 0,036	0,181±0,033	-
% terhadap kontrol	100	116	153	137	

Nilai-nilai dalam baris yang sama yang diikuti dengan huruf yang berbeda berarti berbeda nyata (ANOVA, p < 0,05, uji Tukey).

Tabel 6. Rata-rata konsentrasi hara serasah daun (mg/g) pada petak kontrol dan petak yang dipupuk

Unsur hara	Perlakuan				ANOVA
	Kontrol	+N	+P	+NP	
N	8,08±0,15a	9,32±0,14b	7,65±0,10c	8,21±0,12a	p < 0,05
P	0,22±0,88a	0,29±0,02a	0,38±0,04b	0,34±0,02b	p < 0,05
K	2,72±0,22	3,07±0,18	2,64±0,24	2,59±0,16	-
Na	0,02±0,004	0,02±0,006	0,02±0,004	0,02±0,002	-
Ca	7,47±0,28	7,45±0,32	7,64±0,20	7,78±0,28	-
Mg	1,53±0,22	1,63±0,22	1,63±0,18	1,60±0,14	-

Nilai-nilai dalam baris yang sama yang diikuti dengan huruf yang berbeda berarti berbeda nyata (ANOVA, p < 0,05, uji Tukey).

Tabel 7. Rata-rata konsentrasi hara serasah total (mg/g) pada petak kontrol dan petak yang dipupuk

Unsur hara	Perlakuan				ANOVA
	Kontrol	+N	+P	+NP	
N	8,81±0,39	9,59±0,47	8,75±0,32	9,58±0,41	-
P	0,41±0,02a	0,44±0,02a	0,49±0,03b	0,53±0,04b	p < 0,05
K	2,63±0,21	2,90±0,19	2,56±0,24	2,72±0,31	-
Na	0,04±0,02	0,03±0,02	0,04±0,03	0,04±0,02	-
Ca	6,69±0,34	7,51±0,38	8,42±0,42	8,46±0,36	-
Me	1,24±0,22	1,38±0,20	1,39±0,26	1,51±0,34	-

Nilai-nilai dalam baris yang sama yang diikuti dengan huruf yang berbeda berarti berbeda nyata (ANOVA, p < 0,05, uji Tukey).

Tabel 8. Rata-rata pasokan unsur hara serasah total (kg/ha) pada petak kontrol dan petak yang dipupuk

Unsur hara	Perlakuan				ANOVA
	Kontrol	+N	+P	+NP	
N	74,39±4,88a	79,69±3,42a	72,93±6,22a	91,34±4,72b	p < 0,05
P	3,49±0,28a	3,65±0,22a	4,07±0,20b	5,07±0,26b	p < 0,05
K	22,21±2,26	22,35±2,22	21,32±2,28	25,95±2,22	-
Na	56,39±4,72	0,23±0,04	0,25±0,06	0,31±0,02	-
Ca	56,39±4,72	62,44±4,62	70,18±6,22	80,67±5,04	-
Mg	10,45±2,71	11,46±1,84	11,58±2,22	14,43±2,06	-

Nilai-nilai dalam baris yang sama yang diikuti dengan huruf yang berbeda berarti berbeda nyata (ANOVA, $p < 0,05$, uji Tukey).

PEMBAHASAN

Pengaruh pemupukan

Meskipun berdasarkan data semua pohon tidak terlihat adanya perbedaan yang nyata antar perlakuan, tetapi pertumbuhan batang pada petak +N cenderung lebih cepat dibandingkan dengan pada petak-petak perlakuan lainnya. Selain itu pertumbuhan pada petak +N untuk semua pohon berukuran kecil secara nyata lebih cepat dibandingkan dengan petak kontrol. Dengan penggabungan data seluruh pohon, maka laju pertumbuhan batang pada petak +N adalah 1,08 kali lebih cepat dibandingkan dengan pada petak kontrol. Hasil ini nampak lebih rendah dibandingkan dengan nilai (sekitar 2 kali lebih cepat dari kontrol) yang dilaporkan dari hasil penelitian di hutan pegunungan Jamaica setelah 3,5 tahun dipupuk dengan +N dan +P maupun di hutan pegunungan Venezuela setelah 2,5 tahun dipupuk dengan +NP (Tanner *et al.*, 1990; 1992). Banyaknya jenis dalam petak penelitian mungkin menyebabkan tidak jelasnya respon (dalam pertumbuhan batang) terhadap pemupukan. Analisis statistik beberapa jenis secara terpisah, menunjukkan bahwa laju pertumbuhan *Shorea seminis* pada petak +NP dan *Shorea parvifolia* pada petak +N kurang lebih 2 kali lebih cepat dibandingkan dengan petak kontrol. Ini serupa dengan jenis *Podocarpus urbanii* di Jamaica setelah 3,5 tahun dipupuk dengan +N atau +P (Tanner *et al.*, 1990).

Produksi serasah total selama bulan Mei-Juli 1994 (11 bulan setelah pemupukan pertama) memperlihatkan tidak adanya perbedaan yang

nyata di antara perlakuan. Ini serupa dengan hasil dari Venezuela dalam tahun pertama pemupukan (Tanner *et al.*, 1992), meskipun kuantitas serasah total di daerah penelitian relatif lebih tinggi. Pada periode Februari-Mei 1995 (20 bulan setelah pemupukan I) produksi serasah total pada semua petak yang dipupuk relatif lebih tinggi dibandingkan petak kontrol, meskipun hanya pada petak +NP yang berbeda secara nyata (Tabel 2). Pada periode ini produksi serasah total pada petak +NP sebanyak 41% lebih besar dibandingkan petak kontrol, sedangkan di Venezuela (Tanner *et al.*, 1992) dalam periode tahun kedua dan ketiga masing-masing hanya 32 dan 34 % lebih tinggi terhadap kontrol. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa hasil penelitian ini memberikan petunjuk bahwa perbedaan yang terjadi dapat terdeteksi 1 tahun lebih cepat dibandingkan dengan hutan pegunungan Venezuela dan Jamaica. Hal ini mungkin berkaitan dengan suhu di kedua hutan tersebut yang relatif rendah sehingga proses ekologi berjalan lebih lambat.

Perbedaan-perbedaan dalam konsentrasi unsur hara serasah total juga terdeteksi lebih cepat dibandingkan hasil penelitian di Venezuela. Konsentrasi nitrogen serasah, khususnya serasah daun, tampak meningkat dengan pemupukan +N, tetapi menurun dengan pemupukan +P. Di lain pihak konsentrasi posfor serasah meningkat dengan pemupukan baik +P maupun +NP. Ini berarti bahwa penambahan +P mengencerkan konsentrasi N dalam daun. Kejadian serupa ini juga telah dilaporkan dari hasil penelitian terdahulu (Tanner *et al.*, 1990).

Peningkatan produksi serasah pada petak +N dan +NP yang diikuti dengan peningkatan konsentrasi nitrogen serasah, menunjukkan bahwa paling tidak sebagian kecil dari pemupukan +N telah dimanfaatkan dalam daun. Respon tersebut tercermin pada kecepatan pertumbuhan batang, khususnya pohon berukuran kecil, yang relatif lebih cepat dengan adanya pemupukan +N. Selain itu juga terlihat bahwa pemupukan dengan +N dan +NP telah meningkatkan laju pertumbuhan batang jenis-jenis *Shorea seminis* dan *S. parvifolia*. Tidak adanya respon positif terhadap pemupukan +P dalam pertumbuhan batang mungkin karena posfor bukan merupakan unsur pembatas dalam pertumbuhan di hutan ini. Namun demikian peningkatan konsentrasi posfor serasah daun pada petak +P dan +NP menunjukkan bahwa pupuk +P telah diserap oleh tumbuhan dan ditranslokasikan ke daun.

Penyerapan pupuk oleh tumbuhan

Kuantitas unsur hara dalam serasah dapat diekspresikan dalam pasokan unsur hara. Dalam penelitian ini pasokan nitrogen serasah sebagai hasil pemupukan +N (rata-rata dari petak +N dan +NP) adalah sebanyak 85,5 kg/ha/tahun. Ini sekitar 15 % lebih tinggi dari pasokan nitrogen pada petak kontrol, jadi diperkirakan bahwa sekitar 11 kg/ha/tahun nitrogen berasal dari pemupukan +N. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa sekitar 5 % dari nitrogen yang berasal dari pemupukan telah tersimpan dalam serasah. Pasokan posfor serasah sebagai hasil pemupukan +P (rata-rata +P dan +NP) tercatat sekitar 31 % lebih tinggi dari petak kontrol, dan ini adalah sekitar 1,4 % posfor dari pupuk yang ditaburkan. Hasil penelitian di hutan Tanjung Puting, Kalimantan Tengah memperkirakan bahwa retranslokasi nitrogen dan posfor sebelum daun gugur adalah masing-masing 65 dan 69 %. Berdasarkan informasi tersebut maka dapat diperkirakan bahwa sekitar 7,3 % nitrogen dan 2,2 % posfor yang berasal dari pemupukan telah dimanfaatkan dalam daun. Ini memberikan

gambaran bahwa sekitar 90 % nitrogen dan posfor dalam pupuk yang ditaburkan mungkin berada dalam bagian-bagian tumbuhan (batang, akar dan lain-lain), masih berada dalam tanah atau hilang dari ekosistem karena proses pencucian atau denitrifikasi. Hasil percobaan pemupukan di hutan tanaman (Boekeim *et al*, 1986; Miller dan Miller, 1976; Miller *et al*, 1979) menunjukkan bahwa nitrogen sebagai hasil pemupukan dengan +N yang terdapat dalam daun sebanding dengan yang terdapat di bagian-bagian lain dari tumbuhan. Oleh karena itu meskipun tidak tersedia data mengenai hilangnya hara karena proses pencucian atau denitrifikasi, tetapi dapat diperkirakan bahwa sebagian besar pupuk yang ditaburkan masih berada dalam tanah.

KESEVIPULAN

Berdasarkan hipotesis dari Vitousek dapat dikatakan bahwa pertumbuhan dan produksi hutan di daerah penelitian lebih dibatasi oleh posfor dari pada nitrogen (Mirmanto, 1999). Akan tetapi hasil percobaan pemupukan ini memperlihatkan adanya respon positif terhadap pemupukan +N dan +NP. Pertumbuhan lingkaran batang beberapa jenis dalam petak +N dan +NP atau keduanya nampak meningkat, meskipun hanya *S. seminis*, *S. parvifolia* dan pohon-pohon yang berukuran kecil yang secara nyata lebih cepat dibandingkan dengan petak kontrol. Produksi serasah total pada petak +NP juga secara nyata lebih tinggi dibandingkan dengan petak kontrol. Begitu pula konsentrasi nitrogen, posfor, kalium dan magnesium dalam serasah pada petak +N dan +NP juga meningkat dibandingkan dengan petak kontrol. Berdasarkan itu semua maka dapat dikatakan bahwa laju pertumbuhan dan produksi primer hutan di daerah penelitian lebih dibatasi oleh nitrogen dari pada posfor.

Dengan demikian hasil penelitian ini telah mendukung hipotesis pertama dan kedua, sedangkan hipotesis ketiga tidak seluruhnya terbukti. Namun demikian hasil yang disajikan ini

berdasarkan pengukuran-pengukuran yang relatif singkat (2 tahun) setelah pemupukan; oleh karena itu perlu adanya pengukuran kembali di masa yang akan datang untuk melihat apakah pengaruh pemupukan masih berlanjut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada semua pihak yang telah disebutkan dalam tulisan terdahulu (Mirmanto, 1999a).

DAFTAR PUSTAKA

- Boekeim JG, Leide JD dan Tavell DS. 1986.** Distribution and Cycling of Macro-nutrients in a *Pinus Resinosa* Plantation Fertilized with Nitrogen and Potassium. *Canadian Journal of Forest Research* 16, 778-785.
- Burghouts TBA. 1993.** Spatial Heterogeneity of Nutrient Cycling in Bornean Rain Forest. *Ph.D. thesis.* Vrije Universiteit te Amsterdam, Netherland.
- Burslem DFRP, Turner IM and Grubb PJ. 1994.** Mineral Nutrient Status of Coastal Hill Dipterocarp Forest Adinandra Belukar in Singapore: Bioassays of Nutrient Limitation. *Journal of Tropical Ecology* 10, 579-599.
- Chappell HN and Bennet WS. 1993.** Young True Fir Trees Response to Nitrogen Fertilization in Western Washington and Oregon. *Soil Science Society of American Journal* 57, 834-838.
- Gerrish, G and Bridges, KW. 1984.** A Thinning and Fertilizer Experiment in a *Metrosideros* Dieback Stand in Hawaii. *Hawaii Botanical Science Paper* 43,1-107.
- Kadeba O. 1978.** Nutrient Aspects of Afforestation with Exotic Tree Species in the Savanna Region of Nigeria. *Commonwealth Forestry Review* 57, 191-199.
- Kellner O. 1993.** Effects on Associated Flora of Silvicultural Nitrogen Fertilization Repeated at Long Intervals. *Journal of Applied Ecology* 30, 536-574.
- Lim MT. 1978.** Litterfall and Mineral Nutrient Content of Litter in Pasoh Forest Reserve. *Malayan Nature Journal* 30, 375-380.
- Malvos C, Bailly C and Coignac CB. 1973.** Fertilization des Peuplements de Pins Apres Plantations a Madagascar. *Proceeding of the FAO/IUFRO Symposium on Forest Fertilization*, Paris.
- Miller HG and Miller JD. 1976.** Effects of Nitrogen Supply on Net Primary Production in Corcian Pine. *Journal of Applied Ecology* 13, 249-256.
- Miller HG, Cooper JM, Miller JD and Pauline OJL. 1979.** Nutrient Cycles in Pine and Their Adaptation to Poor Soils. *Canadian Journal of Forest Research* 9, 19-26.
- Mirmanto E. 1996.** A Lowland Rain Forest Fertilization Experiment in Central Kalimantan, Indonesia. *M.Sc. thesis.* Department of Biological and Molecular Sciences, University of Stirling, Scotland.
- Mirmanto E. 1999a.** Penelitian Ekologi di Hutan Pamah Barito Ulu, Kalimantan Tengah: II. Serasah dan Kandungan Haranya. *Journal Berita Biologi* 4 (5), 293-304.
- Mirmanto E. 1999b.** Status Hara Daun dan Serasah Hutan Gambut di Taman Nasional Tanjung Puting, Kalimantan Tengah. *Jurnal Biologi Indonesia*, 267-275.
- Proctor J. 1992.** Rain Forests and Their Soils. Dalam: *Ecology, Conservation and Management of Southeast Asia Rainforest.* RB Primack and TE Lovejoy (Eds.). Yale University Press, New Haven. Him 87-104.
- Proctor J, Anderson JM Fogden, SCL and Vallack HW. 1983a.** 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 Ecology* 71, 261-283.
- Proctor J, Anderson JM and Vallack HW. 1983b.** Comparative Studies on Soil and Litterfall in Forest at Range of Altitude on Gunung Mulu, Sarawak. *Malaysian Forester* 46, 60-76.
- Schutz R. 1976.** A Review of Fertilization Research on Some of the More Important Conifers and Eucalypts Planted in Subtropical and Tropical Countries, with Special Reference to South Africa. *Department of Forestry Bulletin* 53. Republic of South Africa.
- Tanner EVJ, Kapos V, Freskos S, Healy JR and Theobald AM. 1990.** Nitrogen and Phosphorus Fertilization of Jamaican

Montane Forest Trees. *Journal of Tropical Ecology* 6,231-238.

- Tanner EVJ, Kapos V and Franco W. 1992.** Nitrogen and Phosphorus Fertilization Effects on Venezuelan Montane Forest Trunk Growth and Litterfall. *Ecology* **73**, 78-86.
- Timmer VR and Stone EL. 1978.** Comparative Foliar Analyses of Young Fir Fertilized with Nitrogen, Phosphorus, Potassium and Lime. *Soil Science Society of American Journal* **42**, 125-130.

Turner IM. 1991. Effects of Shade and Fertilizer Addition on the Seedling of Two Tropical Woody Pioneer Species. *Tropical Ecology* **32**, 24-29.

Vitousek PM, Walker LR, Whittaker LD, Mueller-Dombois D and Matson PA. 1987. Biological Invasion by *Myrica faya* Alters Ecosystem Development in Hawaii. *Science* **238**, 802-804.

Zar JH. 1984. *Biostatistical Analysis*. 2nded. Prentice Hall International, New Jersey, USA.