

INTERSEPSI HUJAN DAN PENGARUHNYA TERHADAP PEMINDAHAN ENERGI DAN MASSA PADA HUTAN TROPIKA BASAH ” STUDI KASUS TAMAN NASIONAL LORE LINDU”

Rainfall Interception Effects on Energy and Mass Transfer in Tropical Raiforest“Case Study in Lore Lindu National Park”

Abdul Rauf¹, H. Pawitan², T.June² C. Kusmana³, dan G.Gravenhorst⁴

¹⁾ Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian, Universitas Tadulako, Jl. Soekarno-Hatta Km 5 Palu 94118, Sulawesi Tengah Telp./Fax : 0451-429738. ²⁾ Departemen Geofisika dan Meteorologi Fakultas MIPA IPB, Bogor
³⁾ Departemen Ekologi Hutan Fakultas Kehutanan IPB, Bogor ⁴⁾ Institute of Bioclimatology, Georg-August-University

ABSTRACT

The field observation of this research was conducted from June 2005 – May 2007 in tropical rainforest at Lore Lindu National Park Central Sulawesi. The main objectives of this research were to study (i) the relationships between interception loss and rainfall properties and vegetation characters and to determine the dominant factors affected (ii) the effect of rainfall interception on energy flux and mass transfer and (iii) the dynamics of vertical energy flux under the forest and grass land. Rainfall interception was 36.34 % of gross rainfall in 200 events, Depth rainfall and LAI factors had strong effects on rainfall interception. The relationships could be expressed as $I_c = 0.980 + 0.239P + 0.035LAI$ ($R^2 = 0.78$). The output of this equation was compared with Gash model and the observation value showed that deviation of the equation was 1 % and less than Gash model, so that equation gave as good result as Gash model gave. By considering the data requirements and calculation procedures it was concluded that this equation is applicable for interception prediction. Land use type had effects on radiative and energy balance. Net radiation (R_n) in the forest was $10.66 \text{ MJ/m}^2/\text{day}$ and higher than in the grass land where incident global radiation was similar. Vertical latent heat flux in the forest was $9.53 \text{ MJ/m}^2/\text{day}$ or 89.40% R_n in rainy day and $8.41 \text{ MJ/m}^2/\text{day}$ or 74.56 % R_n in dry day, on the other hand, in the grass land, sensible heat flux was higher than latent heat flux of all weather condition. Direct effect of rainfall interception on energy flux and mass transfer might be described that is needed latent heat $9.0 \text{ MJ/m}^2/\text{rainy day}$ to evaporate the rain intercepted of 3.69 mm/rainy day. Effect of rainfall interception had positive correlation with latent heat flux and the negative correlation with sensible heat flux.

Keywords : Interception, energy, mass and tropical rainforest

PENDAHULUAN

Intersepsi hujan merupakan bagian proses hidrologi yang mengalami gangguan akibat alih fungsi lahan. Gangguan tersebut berpengaruh penting terhadap karakter agihan hujan yang mencapai permukaan tanah sehingga berdampak pada neraca air.

Kajian intersepsi hujan telah banyak dilaksanakan seperti pengukuran yang dilakukan Matthieu (1867- 1877) yang dicatat oleh Andreassian (2004), Horton (1919), Delf (1955) dan Molchanov (1966) pada hutan di kawasan Eropa, Ruslan (1983) pada tegakan tusam, sungki dan hutan alam DAS Riam kanan Kalsel, Kaimudin (1994)

pada tegakan pinus, agathis dan Schima wallichii di Gunung Walact Sukabumi, Zinke (1967) mendapatkan intersepsi hujan pada hutan coniferous dan hutan deceduous di United States adalah 10 – 40 % dari total hujan tahunan. Bruijnzeel dan Critchley (1994) mendapatkan intersepsi pada hutan tropis yaitu 10 – 25 %. Intersepsi hujan pada hutan alam di Kalimantan adalah 11% dari total hujan dan berkurang menjadi 6 % pada hutan yang telah diolah (Asdak *et al.*1998). Chappell *et al.*(2001) mendapatkan intersepsi hujan pada hutan alam di Sabah mencapai 19 %. Hasil penelitian Price dan Moses (2003) di Canada mendapatkan intersepsi hujan 18,6 % dari total hujan, Intersepsi hujan pada hutan sekunder di Nopu Taman Nasional Lore Lindu adalah 23,5 % (Anwar 2004). Informasi penting dari hasil-hasil penelitian di atas adalah adanya variasi intersepsi hujan berdasarkan objek vegetasi, tempat dan waktu pengukuran. Variasi nilai intersepsi di atas mengindikasikan adanya faktor pengendali intersepsi yang bersifat dinamis terhadap ruang dan waktu

Banyak ahli mengembangkan model pendugaan intersepsi untuk mendukung ketersediaan data tersebut pada perencanaan dan pengelolaan sumber daya air, seperti Gash (1979) yang kemudian dikenal sebagai model Gash, dan Calder (1996) dengan model stokastik lapis dua. Kedua pendekatan tersebut selain memberikan jawaban atas kelemahan metode konvensional juga mendeskripsikan faktor pengendali intersepsi hujan.

Akibat intersepsi, curah hujan yang mencapai permukaan tanah berkurang karena sebagian hujan yang diintersepsi dikembalikan ke atmosfer melalui proses evaporasi. Hal ini berarti intersepsi hujan memiliki keterkaitan dengan pemindahan massa dan pertukaran energi. Sesuai sifat termal air, untuk mengevaporasikan 1 mm/hari dibutuhkan energi sebanyak 2,45 MJ/m²/hari. Calder (1992) mempertegas

bahwa intersepsi hujan berpengaruh penting pada neraca air dan neraca energi. Pandangan ini diperkuat oleh Seller *et al.* (1997); Ramires dan Senarath (1999) bahwa intersepsi hujan akan mempengaruhi dinamika *sensible heat* dan *latent heat*.

Menurut Oke (1987), Monteith dan Unsworth (1990) bahwa neraca energi merupakan pernyataan hukum kekekalan energi yang menguraikan tentang energi yang diterima dan yang dilepaskan. Selain itu neraca energi juga merupakan mata rantai utama yang mengaitkan karakteristik permukaan bumi dengan model sirkulasi umum atau *General Circulation Model*, GCM (Sellers *et al.* 1997). Neraca energi Bowen ratio (NEBR) merupakan pengembangan dari neraca energi yang mengintegrasikan dengan nilai Bowen ratio. Metode ini selain dapat meng-indentifikasi dinamika energi juga dapat menentukan besaran kuantitatif energi yang dilepaskan. Todd *et al.* (2000) melaporkan bahwa pendekatan ini awalnya dipergunakan untuk mengkaji hubungan antara tanaman dan air, setelah dilakukan pengujian dengan metode lain maka metode ini dapat digunakan untuk mengkaji aliran energi.

Untuk mengungkap fakta empiris pengaruh hutan terhadap lingkungan biofisik maka dilakukan kajian intersepsi hujan yang mengintegrasikan komponen fisik dan biologi sebagai satu kesatuan dalam mata rantai daur hidrologi dengan mengadopsi model Gash dan Neraca Energi Bowen Ratio. Kajian ini sekaligus melengkapi kegiatan penelitian tentang *stability of rainforest margin* (STORMA) kerjasama UNTAD-IPB-Kassel University University dan Gottingen University di Taman Nasional Lore Lindu (TNLL) Provinsi Sulawesi tengah.

Tujuan utama penelitian ini adalah (i) mengkaji keterkaitan sifat hujan dan karakter vegetasi terhadap intersepsi hujan (ii) mengkaji pengaruh intersepsi hujan terhadap

dinamika energi dan (iii) mengkaji dinamika aliran vertikal energi pada hutan dan padang rumput. Luaran dari penelitian ini adalah (i) nilai intersepsi dan parameternya (ii) model pendugaan intersepsi hujan, (iii) besaran kuantitatif dan pola aliran vertikal energi pada hutan dan padang rumput. Diharapkan hasil yang diperoleh dapat menjadi masukan bagi pengelola TNLL sekaligus memperkaya ilmu pengetahuan.

BAHAN DAN METODE

Pengamatan lapangan penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2005 – Mei 2007 di kawasan hutan Babahaleka Taman Nasional Lore Lindu, Provinsi Sulawesi Tengah.

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian didasarkan pada pengukuran langsung di lapangan. Pengamatan vegetasi dilakukan secara sampling dengan mempergunakan metode garis berpetak yang panjangnya disesuaikan dengan kondisi bentang alam Jarak antar garis adalah 100 m dan pada masing masing garis dibuat plot sampling yang berukuran 20*20 m yang jaraknya 100 m. Secara keseluruhan jumlahnya 12 plot sampling dan Sebagai titik kontrol adalah menara utama (tower klimatologi STORMA) yang tingginya 70 m.. Setiap plot dipasang satu set alat ukur intersepsi hujan.

Karakter vegetasi yang diidentifikasi pada plot sampling, meliputi lilit batang dengan mempergunakan pita meter, luas tajuk dan tinggi pohon dengan mempergunakan VERTEX III. Khusus pohon sampel intersepsi, pengamatan dilengkapi dengan ILD dan penutupan tajuk dengan kamera Hemiview. Agihan hujan berupa curah hujan yang diterima oleh tajuk diukur pada puncak kanopi dengan *tipping bucket* yang dipasang pada tower klimatologi ketinggian 48 m. Curahan tajuk dan aliran

batang diukur setiap hari hujan pada kolektor yang telah dipasang pada sampel intersepsi Data meteorologi berupa suhu udara, kelembaban relatif (ketinggian 24,36 dan 69 m dari permukaan tanah), radiasi neto, radiasi global, refleksi radiasi global (ketinggian 48 m dari permukaan tanah) *soil heat flux* diperoleh dari *recording* pada tower klimatologi milik STORMA.

Analisis dan Sintesis Data

Karakter Vegetasi

Sruktur horisontal yaitu hubungan antara kerapatan dengan diameter batang, yang terdiri dari pohon (DBH>20cm) dan permudaan hutan (10-20 cm). Data diameter batang diperoleh melalui konversi data ukur lilit batang. Struktur vertikal yaitu hubungan antara kerapan dengan tinggi pohon yang dibagi menjadi empat klaster. Kerapatan tegakan (pohon dan non pohon). ILD dan peneutupan tajuk dihitung dengan bantuan soft ware Hemiveiw. Luas tajuk diperoleh dari konversi data ukur jari-jari tajuk.

Sifat hujan

Batasan yang digunakan sebagai hari hujan yaitu hari di mana curah hujannya $\geq 0,5$ mm/hari. Jeluk hujan yaitu jumlah curah hujan pada setiap hari hujan (mm). Durasi hujan yaitu lama hujan pada setiap hari hujan (menit). Intesitas hujan yaitu jumlah curah hujan persatuan waktu (mm/jam

Agihan hujan

- Curahan tajuk, diukur setiap hari hujan, masing masing data kolektor dikonversi menjadi tinggi kolom air melalui persamaan :

$$Tf_i = \left(\frac{V_i}{L_i} \right) \times 10 \quad \dots\dots\dots (1)$$

Tfi : curahan tajuk pada sampel ke I (mm), Vi : volume air yang tertampung pada kolektor untuk sampel i (cm³) dan Li: luas permukaan kolektor pada sampel ke i (cm²)

- Aliran batang, diukur setiap hari hujan, masing-masing data kolektor dikonversi menjadi tinggi kolom air melalui persamaan :

$$Sf_i = \left(\frac{V_i}{LT_i} \right) \times 10 \quad \dots\dots\dots (2)$$

Sfi : aliran batang sampel ke i. (mm) Vi : volume air yang tertampung pada kolektor sampel ke i (cm³) dan Lti : luas tajuk sampel ke i (cm²)

- Curah hujan neto (Pn) dihitung melalui :

$$Pn = Tf + Sf \quad \dots\dots\dots (3)$$

- Intersepsi hujan (Ic) dihitung melalui persamaan

$$Ic = P - Pn \quad \dots\dots\dots (4)$$

Parameter intersepsi

Nilai parameter intersepsi hujan meliputi kapasitas tajuk (S), porositas tajuk (p), kapasitas batang (St) dan koefisien input batang (pt) ditentukan dengan mengadopsi metode yang dikembangkan oleh Jacson, 1975 dan Jeten et al. 1996 (dalam Fleischenben et al. 2005) sebagai berikut :

$$\hat{Tf} = \alpha P \pm C \quad \dots\dots\dots (5.a)$$

$$S = \alpha P - Tf \quad \dots\dots\dots (5.b)$$

$$p = \frac{Tf}{P} \quad \dots\dots\dots (5.c)$$

$$\hat{Sf} = \alpha P \pm C \quad \dots\dots\dots (5.d)$$

$$St = \alpha P - Sf \quad \dots\dots\dots (5.e)$$

$$pt = \frac{Sf}{P} \quad \dots\dots\dots (5.f)$$

Hubungan matematika antara sifat hujan dan karakter vegetasi terhadap agihan hujan dibuat dalam bentuk persamaan regresi, sebagai pembanding dilakukan pendugaan berdasarkan model Gash. Out put dari kedua pendugaan selanjutnya dibandingkan dengan hasil pengukuran langsung. Untuk mengetahui konsistensi hasil maka persamaan regresi yang diperoleh kemudian diaplikasikan pada tahap II (Juni 2006 – Mei 2007) bersama model Gash dengan asumsi paramter intersepsi tidak berubah.

Neraca Energi Bowen Ratio

Nilai *latent heat* (λE) dan *sensible heat* (H) ditentukan melalui integrasi persamaan neraca energi dengan Bowen ratio (β), sebagai berikut

$$\lambda E = \frac{1}{\beta + 1} (Rn - G) \quad \dots\dots\dots (6a)$$

$$H = \frac{\beta}{\beta + 1} (Rn - G) \quad \dots\dots\dots (6b)$$

$$\beta = \gamma \frac{T_{i+1} - T_i}{ea_{i+1} - ea_i} \quad \dots\dots\dots (6c)$$

Nilai tekanan uap (ea) dihitung dari hasil pengukuran kelembaban relatif melalui persamaan sebagai berikut :

$$ea_i = (RH_i * es_i) / 100 \quad \dots\dots\dots (7a)$$

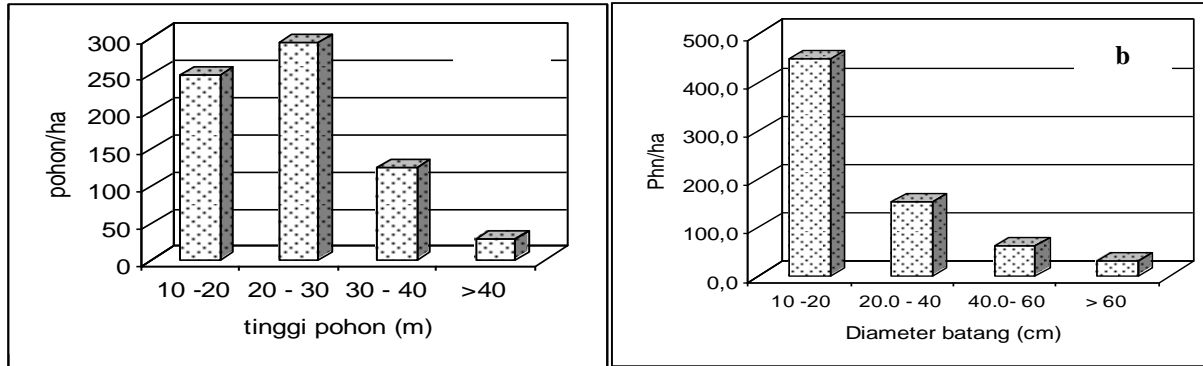
$$es_i = 6,11 \exp \left(\frac{17.2 * T_i}{T_i + 237,3} \right) \dots\dots\dots (7b)$$

Nilai *latent heat* dan atau *sensible heat* yang positif mengindikasikan pelepasan energi dari sistem vegetasi ke atmosfer sedang nilai negatif mengindikasikan penerimaan energi dari sistem atmosfer.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakter vegetasi

Struktur vegetasi di kawasan hutan Babahaleka, menunjukkan populasi pohon (DBH > 20 cm) adalah 246 individu per ha, kelompok permudaan hutan berupa semai dan pancang (DBH < 10 cm) dan tiang (10 – 20 cm) masing-masing 25. 825 dan 450 individu per ha. Struktur vertikal menunjukkan penutupan permukaan tanah oleh pohon terdiri berbagai lapisan tajuk dan dominan pada lapisan tajuk ketinggian 20 – 30 m dan 10 -20 m di atas permukaan tanah masing masing mencapai 293 dan 249 tegakan per ha (Gambar 3a). Adapun Struktur horisontal vegetasi menunjukkan korelasi negatif antara populasi tegakan dengan diameter batang (Gambar 3b).



Gambar 3. Struktur Vegetasi di Lokasi Penelitian (a) Vertikal; (b) Horizontal

Tabel 1. Sifat Hujan yang Dominan di Lokasi Penelitian

Sifat Hujan		HH	% total	CH	% total
Tahap I (Juni 2005 – Mei 2006)					
Jeluk (mm)	0,5 - 5	91	45,5	213,4	11,3
Durasi (menitt)	5-30	144	72,0	866,2	45,9
Intensitas (mm/jam)	1-20	122	61,0	633,3	33,5
Tahap II (Juni 2006 – Mei 2007)					
Jeluk (mm)	0,5 - 5	79	43,6	176	10,6
Durasi (menitt)	5-30	129	71,3	884,2	53,3
Intensitas (mm/jam)	1-20	106	58,6	453,2	27,3

Luas tajuk, khususnya pada kelompok pohon adalah relatif heterogen yaitu 12,05 – 99,82 m². dengan ILD dan penutupan permukaan masing-masing 4,8 – 6,43 m/m² 68,50 -92,52 %.

Sifat Hujan

Jumlah hari hujan selama penelitian tahap I (Juni 2005- Mei 2006) adalah 200 dengan curah hujan 1888,9 mm. Jeluk hujan yang dominan adalah 0,5 – 5 mm, durasi hujan 5 -30 menit dan intensitas 1 -20 mm/jam. Kondisi ini juga terjadi pada tahap II sehingga dinilai konsisten, disajikan pada Tabel 1. Jumlah hari hujan pada tahap II (Juni 2006 – Mei 2007) adalah 181 hari dengan jeluk hujan 1659 mm.

Curah hujan maksimum adalah 62,8 dengan durasi 290 menit. Berdasarkan nilai

rata-rata hujan harian yakni 9,3 mm/HH maka curah hujan tersebut dapat digolongkan ekstrim untuk lokasi penelitian. Intensitas hujan maksimum adalah 45,12 mm/jam dengan jeluk hujan 18,8 mm.

Agihan Hujan

Curah hujan neto selama tahap I adalah 1202,54 mm yang bersumber dari curahan tajuk sebanyak 99,83 %. Dibandingkan antara curah hujan neto dengan curah hujan total maka interspsi hujan adalah 36,34 % dari total curah hujan. Hubungan matematika antara sifat hujan dan karakter vegetasi dengan agihan hujan menunjukkan faktor yang dominan pengaruhnya adalah jeluk hujan dan ILD, disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Persamaan Matematika Intersepsi Hujan

Pase	Curah hujan	Hari hujan	Curahan tajuk	Aliran batang	Curah hujan neto	Intersepsi
1	1888,9	200	1200,5	2,04`	1202,54	686,36~36,34%P
2	1659	181	1056,6	1,09	1057,69	601,31~36,25%P
Hubungan Sifat hujan dan vegetasi dengan Tf dan Sf					R ²	Persamaan
Tf = -1,277+0,776P-0,047I+0,082ILD-0,003LT					0,97	(8)
Tf = -1,043 + 0,7597P-0,023 ILD					0,97	(9)
Sf = 0,033+0,001P-0,00019I-0,0045ILD-0,0002LT					0,59	(10)
Sf = 0,07+0,0017P-0,013 ILD					0,53	(11)

Berdasarkan persamaan 9 dan 11 maka dapat dinilai ILD dan jeluk hujan juga dominan pengaruhnya terhadap intersepsi hujan sebagai berikut

$$Ic=0.980+0.239P+0.035LAI \quad R^2 = 0,78.....(12)$$

Nilai intersepsi yang tinggi dikarenakan penutupan permukaan dan ILD yang tinggi disertai dengan lapisan tajuk yang terdiri dari berbagai strata. Kapasitas tajuk (S) sebanyak 1,172 mm dan untuk menjenuhkan tajuk (Pg') sesuai model Gash dibutuhkan curah hujan sebanyak 1,37- 2,26 mm. Kondisi lain yang mendukung intersepsi hujan yang tinggi adalah jeluk hujan yang dominan terjadi adalah berada pada kisaran kapasitas tajuk yakni 0,5 – 5 mm/hh dengan intensitas hujan rendah. Secara umum nilai parameter intersepsi disajikan pada Tabel 3.

Hasil pengujian persamaan (12) bersama dengan model Gash pada tahap II dan perbandingannya dengan hasil pengukuran langsung menunjukkan deviasi antara nilai prediksi dari persamaan 12 dengan pengukuran langsung lebih kecil dari deviasi model Gash dan hasilnya konsisten pada tahap II, disajikan pada Tabel 4.

Neraca Energi Bowen Ratio

Secara operasional metode NEBR adalah sangat mudah digunakan namun ternyata metode ini memiliki kelemahan sehingga pada kondisi tertentu nilai β menjadi ekstrim sebagai penciri terjadinya adveksi dan atau udara tidak stabil. Akibat kondisi tersebut dari 360 hari observasi hanya 213 yang layak dianalisis sesuai kriteria yang diajukan oleh Perez *et al.* (1999).

Tabel 3. Parameter Intersepsi

Simbol	Uraian	Gash 1979	Gash 1995
E/R	Ratio evaporasi dengan curah hujan	0,24	0,24
k	Koefisien pemadaman	-	0,7
ILD	Indeks luas daun	-	5,57
P	Porositas tajuk	0,35	0,354
c	Fraksi penutupan kanopi	0,65	0,65
St	Kapasitas batang	0,003	0,003
Pt	Koefisien batang	0,000	0,000
S	Kapasitas tajuk	1,172	1,172
Pg'	Curah hujan untuk penjenuhan tajuk	2,257	1,370
n	Ratio St dengan pt	1,29	1,29

Tabel 4. Perbandingan Hasil Prediksi Model Gash dan Persamaan Intersepsi yang Didapat Dengan Hasil Pengukuran Langsung

Uraian	Model Gash 1979	Revisi Model Gash 1995	$I_c=0,98+0,239P+0,035ILD$
Pase 1	570,98	640,89	686,46
Pengukuran langsung	686,35		
Selisih (%)	-16,75	-6,57	0,02
Pase 2	503,36	569,09	609,19
Pengukuran langsung	601,33		
Selisih (%)	-16,28	-5,36	1,31

Radiasi neto (R_n) pada hutan mencapai 10,66 MJ/m²/hari dan meningkat menjadi 11,28 MJ/m²/hari pada hari tidak hujan. Nilai ini lebih tinggi dari R_n padang rumput. Di sisi lain penerimaan radiasi global (R_s) pada padang rumput lebih tinggi dari R_s hutan. Perbedaan ini menggambarkan respon fisik dari permukaan atas perbedaan karakter penutupan lahan yang dicirikan oleh nilai albedo (α). Nilai α hutan yang didapat adalah 10,75 %. Giambelluca *et al.* (1997) melaporkan bahwa α hutan di Amazone yang telah dilaksanakan oleh peneliti sebelumnya adalah 12,25 – 13,4 %. Berbet dan Costa (2003) α pada padang rumput di Amazone yang dilakukan oleh Costa dan Foley (2000) adalah 17,6 %. Mengacu pada hasil-hasil penelitian tersebut maka dapat

disimpulkan bahwa R_n yang tinggi pada hutan dikarenakan nilai α yang lebih kecil dari padang rumput. Di hutan aliran vertikal *latent heat* dominan dibandingkan aliran *sensible heat* baik pada hari hujan maupun tidak hujan. Kondisi sebaliknya terjadi pada padang rumput yakni aliran *sensible heat* mendominasi aliran *latent heat*, selengkapnya disajikan pada Tabel 5.

Akibat intersepsi hujan pada hutan maka dibutuhkan *latent heat* rata-rata sebanyak 9,04 MJ/m²/hari hujan untuk mengevaporasikan air hujan yang diintersepsi sebanyak 3,69 mm/HH. Fenomena ini menggambarkan pertukaran energi dan pemindahan massa pada hutan lebih besar dibandingkan dengan padang rumput.

Tabel 5. Penerimaan Radiasi Global (R_s) dan Neraca Energi

Uraian	Satuan	Hujan		Tidak hujan	
		Hutan	Rumput	Hutan	Rumput
n	Hari		102		111
R_s	MJ/m ² /hari	17,15	18,00	18,55	19,19
R_n	MJ/m ² /hari	10,66	9,50	11,28	10,21
R_n/R_s	%	62,16	52,78	60,81	53,20
LE	MJ/m ² /hari	9,53	3,98	8,41	4,21
LE/ R_n	%	89,40	41,89	74,56	41,23
H	MJ/m ² /hari	1,06	5,58	2,85	6,00
H/ R_n	%	9,94	58,74	25,27	58,77
G	MJ/m ² /hari	0,06	-0,05	0,02	-0,01
G/ R_n	%	0,56	-0,53	0,18	-0,10
β		0,11	1,40	0,34	1,43

Hubungan empiris menunjukkan korelasi negatif antara intersepsi hujan dengan aliran *sensible heat* namun berkorelasi positif dengan aliran *latent heat*.

$$H = 0,8514 - 2,6379I_c + 0,2244R_n \dots (13)$$
$$R^2 = 0,16$$

$$LE = 5,2707 + 2,441I_c + 0,7262R_n \dots (14)$$
$$R^2 = 0,49$$

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Intersepsi hujan di kawasan Taman Nasional Lore Lindu tepatnya di Babahaleka adalah 36,34 % dari curah hujan tahunan dengan kapasitas tajuk sebesar 1,172 mm
2. Jeluk hujan dan ILD merupakan dua faktor yang dominan mempengaruhi agihan hujan di Taman Nasional Lore Lindu.
3. Tipe penggunaan lahan memiliki respon yang berbeda terhadap dinamika radiasi dan energi yang ditunjukkan oleh nilai albedo dan Bowen ratio
4. Penggunaan neraca energi bowen ratio (NEBR) untuk kuantifikasi dinamika energi, disarankan agar alat ukur temperatur dan tekanan uap yang dipergunakan adalah yang berkepekaan tinggi dan memperhitungkan efek garakan udara secara horisontal pada penentuan posisi alat.
5. Untuk mempertahankan fungsi ekologi dan ekonomi Taman Nasional Lore Lindu maka aspek strategis yang dapat diadopsi dari hasil penelitian ini adalah:
 - a. Mengendalikan usaha atau kegiatan yang menyebabkan perubahan penutupan lahan dan atau alih fungsi hutan karena akan berdampak pada peningkatan porsi curah hujan yang mencapai permukaan tanah. Kondisi ini selain berpotensi menyebabkan banjir juga berpotensi menimbulkan pemanasan udara.
 - b. Mengaktifkan usaha konservasi yang potensial memulihkan penutupan permukaan oleh vegetasi permenen yang bersifat multi strata, antara lain daerah Wanga, Talabosa, Torire dan Lembah Besoa.

DAFTAR PUSTAKA

- Andreassen V. 2004. *Water and Forest: From Historical Controversy*. J. Hydrol. 291: 1-27.
- Anwar 2004. *Pendugaan Intersepsi pada Beberapa Penggunaan Lahan Hutan di Taman Nasional Lore Lindu-Sulteng*. Tesis MSi PS Agroklimatologi, Sekolah Pasca Sarjana IPB, Bogor.
- Asdak C, Jarvis PG, Van-Gardingen P, Fraser A. 1998. *Rainfall Interception Loss in Unlogged and Logged Forest Areas Of Central Kalimantan, Indonesia*. J. Hydrol. 206:237-244.
- Berbet MCL and Costa MH. 2003. *Climate Change After Tropical Deforestation: Seasonal Variability Of Surface Albedo And Its Effect on Precipitation Change*. American Meteorological Society (2003) 2099 - 2104.
- Calder IR. 1992. *Hydrological Effects Of Land-Use Change*. Handbook of Hydrology, D. R. Maidment, Ed., McGraw-Hill, 131-1350.
- _____. 1996. *Rainfall Interception and Drop Size Development and Calibration Of The Two-Layer Stochastic Interception Model*. Tree Physiology 16:727-732
- Chappell NA, Bidin K, Tych W. 2001. *Modelling Rainfall and Canopy Controls On Net-Precipitation Beneath Selectively-Logged Tropical Forest*. Plant Ecol. 153: 215-229.

- Delfs J. 1955. *Die Niederschlagszurückhaltung im Walde*. Mitt.des Arbeitskr. 'Wald und Wasser.' Koblenz.
- Giambelluca TW, Holscher, Bsatos TX and. Frazao RR. 1997. *Observations Of Albedo and Radiation Balance Over Postforest Land Surfaces an The Eastern Amazon Basin*. American Meteorological Society (1997): 919-928
- Horton RE. 1919: *Rainfall Interception*. Mon. Wea. Rev., 47: 603–623.
- Kaimuddin 1994. *Kajian model pendugaan intersepsi hujan pada tegakan Pinus merkusii, Agathis loranthifolia dan Schima wallichii di hutan Pendidikan Gunung Walat Sukabumi*. Fakultas Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Tidak diterbitkan. Tesis.
- Molchanov AA, 1960. *The Hydrological Role of Forest* (Translated A. Gourevitch 1963). Israel Program Sci.
- Monteith JL and Usworth MH. 1990. *Principles of Environmental Physics*. 2nd edt. Edward Arnold London, New York p:291
- Price AG and Carlyle-Moses 2003. *Measurement and Modeling Of Growing Season Canopy Water Fluxes In A Mature Mixed Deciduouos Forest Stand, Southern Ontario, Canada*. Agric. Forest Meteorol. 119: 69–85
- Ramirez JA, and Senarath SUS. 1999. *A Statistical Dynamical Parameterization Of Interception qnd Land Surface-Atmosphere Interaction*. American Meteorology. Society. 13: 4050 – 4063
- Ruslan M 1983. *Intersepsi Curah Hujan pada Tegakan Tusam (Pinus merkusii), Sungkai (Pinus canescens) dan Hutan Alam di DAS Riam Kanan, Kalsel*. Tesis. Fakultas Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Sellers PJ, Dickinson RE, Randall DA, Betts AK, Hall FG, Berry JA, Collatz GJ, Denning AS, Mooney HA, Nobre CA, Sato N , Field CB, and Henderson-Sellers A. 1997. *Modeling The Exchanges Of Energy, Water, qnd Carbon Between Continents qnd The Atmosphere (article)*. Science 275:502-509.
- Todd RW, Evett SR, and Howell TA. 2000. *The Bowen Ratio-Energy Balance Method For Estimating Latent Heat Flux Of Irrigated Alfalfa Evaluated In A Semi-Arid, Advective Environment*. Agric. Forest Meteorol. 103: 335–348
- Zinke PJ. 1967. *Forest Interception Studies In The United States*. International Symposium on Forest Hydrology, W. E. Sopper and H. W. Hull, Eds., Pergamon Press, 823 pp.

intersepsi hujan, 166, 167, 168, 169, 171,
172, 173, 174

neraca air, 166, 167
neraca energi, 167, 169, 173