

**PROSIDING
SEMINAR HASIL-HASIL PENELITIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2012**

Buku 2

Bidang Energi

Bidang Sumberdaya Alam dan Lingkungan

Bidang Teknologi dan Rekayasa

**LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
2012**

KUANTIFIKASI KOMPONEN NERACA AIR PADA TANAMAN KELAPA SAWIT

(Quantifying Water Balance Component of Oil Palm)

Suria Darma Tarigan¹⁾, Sunarti²⁾

¹⁾Dep. Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB

²⁾Fakultas Pertanian, Universitas Jambi, Jambi

ABSTRAK

Ekspansi yang sangat cepat dari perkebunan kelapa sawit di Indonesia dapat menyebabkan kehilangan fungsi-fungsi lingkungan seperti cadangan karbon, biodiversitas dan sumber daya air. Tujuan jangka pendek penelitian ini adalah untuk melakukan kuantifikasi komponen neraca air pada lahan kelapa sawit dalam skala plot. Tujuan jangka panjang penelitian ini untuk mengembangkan model hidrologi yang akan diintegrasikan dengan *integrated ecosystem modelling* untuk mencari mosaik lanskap terbaik pada perkebunan kelapa sawit yang berkontribusi optimal terhadap fungsi-fungsi lingkungan. Komponen neraca air skala pohon seperti intersepsi kanopi dan batang (*IBK*) diukur dengan memasang peralatan kolektor *throughfall* dan *stemflow* yang terbuat dari bahan PVC di bawah pohon kelapa sawit. Sedangkan evapotranspirasi diukur dengan melakukan sampling kadar air selama beberapa hari berturut-turut pada saat hujan tidak turun sama sekali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman kelapa sawit mempunyai kapasitas yang tinggi dalam menyimpan air pada kanopi dan pelepah batang, yaitu sebesar 23% dari jumlah hujan. Evapotranspirasi pada pohon sawit juga relatif besar yaitu 4,5 mm/hari dibandingkan dengan rata-rata penggunaan lahan yang hanya berjumlah 1,1 mm/hari. Besarnya intersepsi pada pada kanopi dan batang kelapa sawit dan juga nilai evapotranspirasi yang tinggi berdampak terhadap menurunnya debit sungai, khususnya pada musim kemarau.

Kata kunci: *Baseflow index*, evapotranspirasi, kelapa sawit, debit sungai, *trunk storage*.

ABSTRACT

Rapid expansion of monoculture oil palm plantation in Indonesia brings about huge loss of environmental services such as: 1) Carbon stock, 2) Biodiversity, and 3) Water balance. Short term objective of the research is to quantify water balance components of oil palm in plot scale. The result will be used to parameterize hydrologic model which will be integrated into ecosystem modeling to search for best landscape mosaic in oil palm plantation contributing to optimal biodiversity, carbon stock, water balance and economic benefit. Canopy and trunk interception were measured using throughflow and stemflow collectors consist of PVC rain collector having length of 4 m and diameter 30 cm. Evapotranspiration was measured by measuring change in soil moisture by sampling daily during consecutively no-rain days. It was found that the canopy and trunk interception of oil palm have great capacity to store water which can reach 23% of rainfall. Besides, evapotranspiration of oil palm during dry season (4,5 mm/day) is greater compared to average land use in the sub-catchments (1,1 mm/day). All these factors working together to reduce river discharge especially during dry season.

Keywords: *Baseflow index*, evapotranspiration, oil palm, river discharge, *trunk storage*.

PENDAHULUAN

Hutan tropis dataran rendah di Sumatera ditebang secara besar-besaran diantara Tahun 1970 an dan 1980an oleh pemegang konsesi Hak Penguasaan Hutan (Gaveau *et al.* 2007, Laumonier *et al.* 2010). Sebagian hutan yang ditebang tersebut kemudian ditanami kelapa sawit. Transformasi hutan menjadi perkebunan kelapa sawit merupakan ancaman utama terhadap bio-diversitas dan dapat menjadi penyebab perubahan iklim.

Luasan perkebunan kelapa sawit saat ini di Indonesia mencapai 8,5 juta ha dan mempunyai tendensi untuk tetap bertambah luas pada tahun-tahun mendatang. Kementerian Pertanian menyebutkan bahwa tersedia 27 juta ha lahan di Indonesia yang dapat dikonversi menjadi perkebunan (Colchester *et al.* 2006). Tanaman kelapa sawit dikategorikan sebagai tanaman yang membutuhkan jumlah air yang sangat banyak. Kebutuhan air tanaman kelapa sawit mencapai 80 liter/hari. Kebutuhan ini termasuk dalam kategori paling tinggi dibandingkan dengan tanaman perkebunan yang lain.

Ekspansi perkebunan kelapa sawit di Jambi mulai tahun 1990. Pada Tahun 1990, Propinsi Jambi mempunyai 2.434.556 ha area hutan atau 50% dari luas provinsi Jambi. Luasan tersebut mengalami penyusutan mejadi 1.379.600 pada Tahun 2002 atau 17.1% dari luas propinsi Jambi. Areal hutan sebagian dikonversi menjadi perkebunan kelapa sawit. Di Kabupaten Bungo sendir perkebunan kelapa sawit mencapai 32.843 ha pada Tahun 2000 (Bappeda Bungo, 2002). Luasan tersebut berlipat ganda pada Tahun 2010, dimana perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Bungo mencapai 50.360 ha. Perkebunan karet dan kelapa sawit mendominasi penggunaan lahan di Bungo yang mencapai 41.4% dari total luas Kabupaten Bungo. Sejak tahun 1999, areal perkebunan melampaui luas hutan di propinsi tersebut (Setiadi *et al.* 2011).

Berdasarkan penelitian di Kabupaten Bungo, Jambi, Sunarti *et al.* (2008) melaporkan bahwa konversi hutan ke perkebunan kelapa sawit meningkatkan aliran permukaan sebesar 500%. Peningkatan ini dapat memberikan efek negatif terhadap keseimbangan neraca air pada skala daerah aliran sungai berupa penurunan *baseflow* pada musim kemarau. Menurut Yang *et al.* (2011) *baseflow*

sangat penting dalam menentukan ketersediaan aliran sungai secara terus menerus bahkan pada musim kemarau.

Terlepas dari dampak negatif terhadap keseimbangan neraca air pada suatu daerah aliran sungai, perkebunan kelapa sawit memberikan kontribusi sangat signifikan bagi perbaikan ekonomi baik skala rumah tangga maupun dalam skala regional. Keseimbangan antara fungsi lingkungan dan keuntungan sosial ekonomi pada konversi penggunaan lahan hutan perlu dikaji. Dalam kaitan ini penggunaan *integrated ecological modeling* sangat diperlukan.

Tujuan jangka pendek penelitian ini adalah untuk melakukan kuantifikasi komponen neraca air pada lahan kelapa sawit dalam skala plot. Tujuan jangka panjang penelitian ini untuk mengembangkan model hidrologi yang akan diintegrasikan dengan *integrated ecosystem modelling* untuk mencari mosaik lanskap terbaik pada perkebunan kelapa sawit yang berkontribusi optimal terhadap fungsi-fungsi lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Desa Bungku, Kabupaten Batanghari. Lokasi penelitian ini mengalami perubahan penggunaan lahan yang cepat sejak Tahun 1999 akibat ekspansi tanaman kelapa sawit dan karet.

Jenis tanah pada lokasi penelitian didominasi oleh *ultisols* yang bertekstur liat. Pada lokasi penelitian usaha kebun sawit didominasi oleh perkebunan rakyat.

Intersepsi Kanopi dan Batang (IKB) Pohon Sawit

Disamping intersepsi kanopi, daun pelepah kelapa sawit mempunyai kemampuan yang tinggi untuk menyimpan air hujan yang tinggi. Intersepsi kanopi dan batang sawit diukur dengan memasang kolektor *throughfall* dan *stemflow* di bawah pohon kelapa sawit (Gambar 1). Kolektor terbuat dari kumpulan pipa talang dengan panjang 4 m dan diameter 30 cm. Sebagai kontrol, kumpulan pipa talang tersebut juga dipasang pada areal yang tidak ditanami kelapa sawit. Perbedaan besar pengukuran tampungan air di bawah pohon sawit

dan pada areal tanpa pohon sawit merupakan besaran intersepsi kanopi dan batang kelapa sawit.

Pengukuran dilakukan mewakili kejadian hujan dengan intensitas tinggi dan rendah. Secara keseluruhan terdapat 16 kejadian hujan selama pengukuran dilakukan. Nilai IKB ditetapkan dengan menggunakan rumus berikut:

$$IKB (\%) = (VWO - (VRO - VSF)) / VWO * 100\% \dots\dots\dots (4.1)$$

dimana VWO merupakan volume air hujan tertampung pada areal tanpa tanaman sawit dan VRO merupakan volume tampungan hujan pada lokasi dengan tanaman kelapa sawit, dan VSF merupakan besaran stemflow.



Gambar 1. Peralatan kolektor *throughfall* dan *stemflow* pada lokasi penelitian.

Evapotranspirasi (Ea)

Evapotranspirasi merupakan jumlah air yang diperlukan tanaman sawit baik untuk transpirasi maupun evaporasi. Metoda lain yang dapat digunakan untuk menetapkan besaran transpirasi tanaman adalah dengan penetapan sap flow. Namun peralatan untuk mengukur sap flow sangat mahal sehingga pada penelitian ini pengukuran transpirasi dilakukan dengan pendekatan sederhana. Evapotranspirasi ditetapkan dengan mengukur penurunan kadar air tanah setiap hari secara berurutan selama beberapa hari selama curah hujan tidak turun. Penurunan kadar air tanah (*soil moisture depletion*) mencerminkan besaran

evapotranspirasi harian. Sampling kadar air tanah dilakukan dengan mengambil contoh tanah menggunakan bor tanah pada kedalaman 0-30 cm dan 30-60 cm di sekeliling pohon sawit yang masing-masing berjarak 2 m dari pohon. Contoh tanah kemudian di bawa ke lab untuk ditetapkan kadar airnya secara gravimetrik.



Gambar 2. Sampling tanah untuk penetapan kadar air tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen Neraca Air pada Tanaman Kelapa Sawit

Komponen penting penyusun neraca air pada pohon kelapa sawit adalah hujan, *throughfall* (TF), *stemflow* (SF), dan intersepsi kanopi dan batang (IKB). Keterkaitan komponen tersebut dapat ditulis dalam bentuk persamaan berikut:

$$TF + SF = R + IKB \dots\dots\dots(3.1)$$

dimana TF adalah *throughfall*, SF adalah *stemflow*, R adalah hujan dan IKB merupakan intersepsi kanopi dan batang.

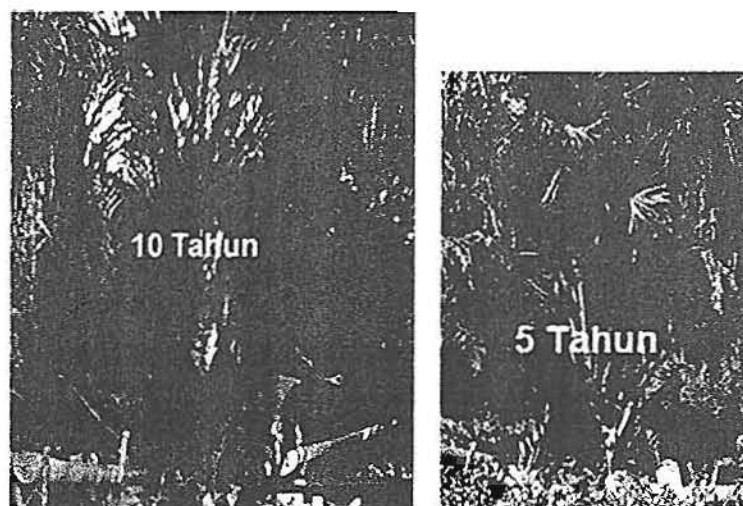
Intersepsi Kanopi dan Batang (IKB)

IKB dan komponen terkait seperti *stemflow* (SF) dan *troughflow* (TF) mempunyai respon berbeda terhadap intensitas hujan yang berbeda. Pada penelitian ini intensitas hujan terukur dibedakan atas 2 (kategori) berbeda, yaitu tipe hujan kecil (< 10 mm) dan hujan besar (>10 mm).

Tabel 1. *Stemflow* (SF), *Throughflow* (TF) dan intersepsi kanopi dan batang pohon sawit dengan umur berbeda

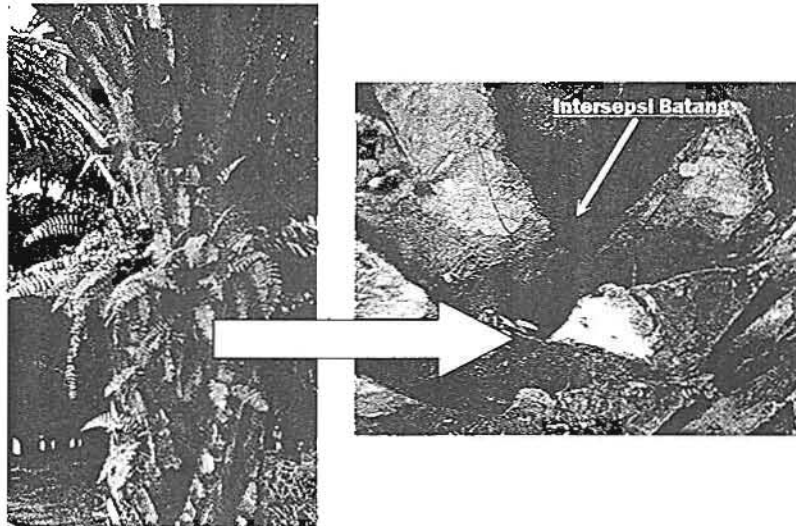
Tanggal Pengukuran	Hujan	Sawit umur 10 Tahun				Sawit umur 5 Tahun			
		SF	TF	IKB		SF	TF	IKB	
	(ltr)	(ltr)	(ltr)	(ltr)	%	(ltr)	(ltr)	(ltr)	%
17-Apr-2012	187,5	1,2	140,1	46,2	24,6	0,4	156,1	31,0	16,6
14-Apr-2012	213,7	2,0	165,8	45,9	21,5	3,4	169,7	40,7	19,0
19-Apr-2012	241,2	2,4	182,2	56,6	23,5	1,5	196,9	42,8	17,7
11-Apr-2012	352,8	2,5	288,5	61,7	17,5	6,2	282,2	64,4	18,3
13-Apr-2012	362,0	3,5	271,0	87,6	24,2	8,8	286,2	67,1	18,5
Rataan	290,1	2,3	209,5	59,6	22,2	4,1	218,2	49,2	18,0
30-Apr-2012	479,1	4,1	309,9	165,0	34,4	9,2	411,8	58,1	12,1
08-Apr-2012	844,1	10,5	670,2	163,4	19,4	22,3	706,9	114,9	13,6
03-Mei-2012	838,9	10,2	701,1	127,6	15,2	20,0	711,9	107,0	12,8
30-Mar-	902,6	11,4	704,2	187,0	20,7	33,9	758,3	110,4	12,2
02-Apr-2012	1003,6	33,2	820,8	149,6	14,9	45,3	828,0	130,4	13,0
02-Mei-2012	962,9	42,7	802,9	117,3	12,2	41,4	777,6	143,9	14,9
04-Mei-2012	1000,6	26,5	843,4	130,6	13,1	45,6	838,9	116,0	11,6
Rataan	861,7	22,4	693,2	148,6	18,6	31,1	719,1	111,5	12,9

Pada kedua tipe hujan, rata-rata SF pada tanaman sawit umur 5 tahun lebih besar dibandingkan dengan SF pada sawit dengan umur 10 tahun. Hal ini disebabkan karena IKB pada tanaman sawit umur 10 tahun lebih besar daripada IKB pada umur 5 tahun.



Gambar 3. Pohon kelapa sawit umur 10 tahun (kiri) dan umur 5 tahun (kanan).

IKB yang besar tersebut menyebabkan air yang tertahan pada kanopi dan batang lebih banyak sehingga yang mengalir ke batang sebagai SF semakin kecil. Ukuran batang yang lebih besar dan panjang meningkatkan kapasitas tampungan air pada batang (Gambar 4).



Gambar 4. Intersepsi batang pada pelepah daun pohon kelapa sawit.

Persentase hujan yang diintersepsi kanopi dan batang menurun dengan meningkatnya jumlah hujan. Pada hujan yang lebih besar, rataan IKB adalah 12,9% (112 liter) dan 18,6% (148 liter) masing-masing pada tanaman kelapa sawit umur 5 dan 10 tahun.

Evapotranspirasi pada Tanaman Kelapa Sawit (E_a)

Evapotranspirasi aktual pada tanaman kelapa sawit ditetapkan dengan mengukur penurunan kadar air tanah harian (*soil moisture depletion*). Pengukuran dilakukan pada hari tanpa hujan berturut-turut pada rentang waktu 25 Juli 2012 sampai 10 Agustus 2012 (Tabel 2). Selama 16 hari pengukuran kadar air tanah berkurang 6% (vol.) setara dengan 72 mm atau 4,5 mm/hari (Tabel 3).

Nilai evapotranspirasi ini tergolong tinggi dibandingkan dengan tanaman perkebunan lainnya. Tanaman kelapa sawit terkenal dengan konsumsi air yang tinggi. Konsumsi air yang tinggi tersebut merupakan salah satu alasan kenapa tanaman sawit membutuhkan curah hujan tahunan lebih besar dari 2,500 mm/tahun untuk dapat berproduksi optimal (Murti Laksono *et al.* 2007,

Kallarackal *et al.* 2004). Dilaporkan bahwa nilai evapotranspirasi tanaman kelapa sawit di *Southeast Asia* berkisar diantara 1000-1300 mm tahun⁻¹ (Comte, 2012). Besaran ini menyerupai evapotranspirasi dari hutan alam tropis. Carr (2011) melakukan investigasi bahwa evapotranspirasi pada tanaman sawit mencapai 4-5 mm hari⁻¹ setara dengan 280-350 liter pohon⁻¹ hari⁻¹. Sementara itu nilai transpirasi tanaman sawit sendiri bervariasi dari 2.0-5.5 mm per hari pada (Kallarackal, 1996).

Tabel 2. Pola penurunan kadar air pada rentang waktu 25 Juli 2012 sampai 10 Agustus 2012

Waktu Pengukuran	Kadar air tanah (% vol)	
	0-30(cm)	30-60(cm)
25-Jul-2012	28,52	29,78
26-Jul-2012	27,35	29,21
27-Jul-2012	26,88	27,95
29-Jul-2012	26,55	28,84
31-Jul-2012	26,90	27,38
2-Aug-2012	25,95	26,05
4-Aug-2012	25,10	25,30
6-Aug-2012	24,61	25,40
8-Aug-2012	23,88	25,03
10-Aug-2012	22,22	23,88
Rataan	6,30	5,90

Tabel 3. Perhitungan Evapotranspirasi (Ea) pada tanaman kelapa sawit berdasarkan pola *soil moisture depletion*

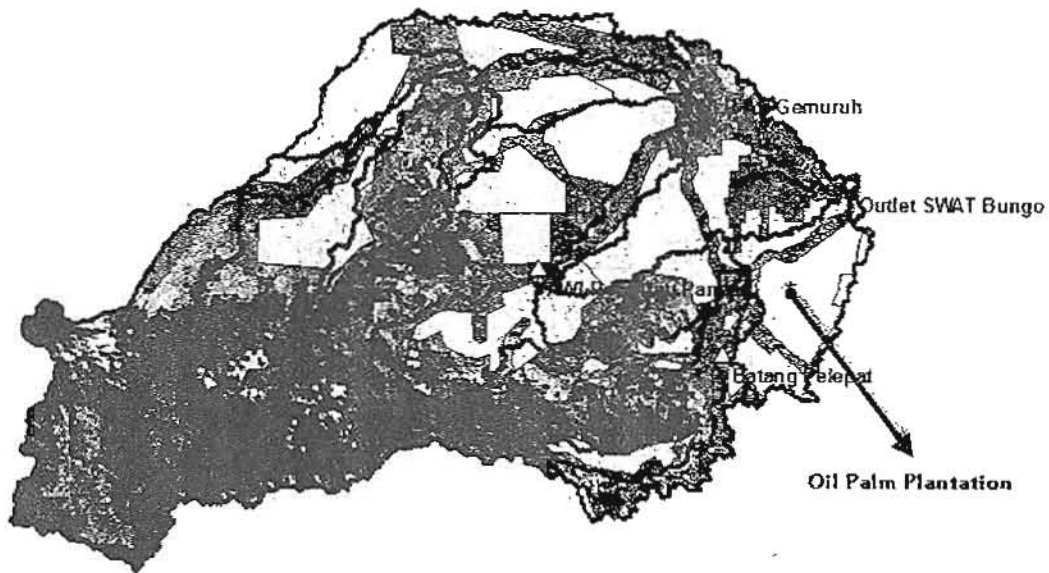
Kedalaman Akar	<i>Soil Moisture Depletion</i>	Rentang waktu	Evapotranspirasi
mm	% Vol	hari	(mm/hari)
1200	6	72	4,5

Perhitungan Neraca Air pada Tanaman Kelapa Sawit

Dalam rangka mendapatkan gambaran sejauh mana IKB dan Ea mempengaruhi neraca air pada skala yang lebih besar yaitu pada skala daerah aliran sungai maka dilakukan perhitungan menggunakan data debit dari *Automatic Water Level Recorder* (AWLR) Air Gemuruh Tahun 2011 yang mewakili DAS Bt Tebo (Gambar 5). Persamaan berikut digunakan untuk menghitung neraca air pada skala DAS.

$$Q = R - E_a - CTS \pm \Delta S_m \dots \dots \dots (3.2)$$

dimana Q adalah volume aliran sungai, R adalah volume hujan, IKB adalah intersepsi kanopi dan batang, serta ΔS_m adalah perubahan kadar air tanah. Perubahan kadar air tanah (ΔS_m) dapat diabaikan jika perhitungan dilakukan penuh pada satu tahun kalender hidrologi mencakup musim kemarau dan musim penghujan.



Gambar 5. Lokasi *Automatic Water Level Recorder* (AWLR) di Air Gemuruh (DAS Bt Tebo).

Tabel 4. Perhitungan Neraca Air Tahun 2011 pada DAS Bt Bungo

Tebal aliran (data)	Luas Sawit (data)	Q Hitung	Hujan (data)	IKB (data)	IKB (data)	Ea (data)	Ea per DAS Hitung
mm	ha	Juta liter	Juta liter	Juta liter	(% dr Q)	mm	liter
1.583	35.941	568.946	754.761	145.291	25,5	4,5	459.146

Data tebal aliran (mm) diambil dari *automatic water level recorder* (AWLR) di Air Gemuruh untuk Tahun 2011 (Gambar 5). Proporsi aliran sungai untuk areal pertanaman kelapa sawit (Q) diperoleh dengan mengalikan tebal aliran (1,583 mm) dengan luas pertanaman kelapa sawit (35.951 ha). Nilai IKB yang digunakan adalah rata-rata nilai IKB untuk curah hujan kecil dan besar yaitu 19,3% (Table 1). Nilai ini dikalikan dengan curah hujan 2011 yang memberikan nilai IKB sebesar 145.291 juta liter. Besaran ini merupakan 25,5% dari besaran aliran

sungai atau besarnya IKB $\frac{1}{4}$ dari volume aliran sungai. Pada musim penghujan, kehilangan air akibat intersepsi (IKB) tidak menimbulkan masalah, namun di musim kemarau dampaknya sangat berpengaruh terhadap aliran sungai.

Nilai evapotranspirasi pada skala DAS dapat dihitung berdasarkan persamaan 3,2. Nilai E_a adalah jumlah hujan dikurangi aliran sungai dan IKB. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut di atas maka besaran E_a pada skala DAS adalah 1,1 mm/day. Nilai ini jauh di bawah E_a pohon sawit sebesar 4,5 mm/day, hal ini menunjukkan bahwa tanaman kelapa sawit mempunyai evapotranspirasi (konsumsi air) lebih tinggi dari rata-rata evapotranspirasi penggunaan lahan di DAS Bt Tebo.

KESIMPULAN

Intersepsi kanopi dan batang (IKB) pohon kelapa sawit mencapai 23% dari curah hujan. Sementara itu, evapotranspirasi (E_a) pohon sawit juga termasuk tinggi yaitu 4,5 mm/day. Kedua faktor ini berpotensi mempengaruhi aliran air sungai khususnya pada musim kemarau.

Ekspansi perkebunan kelapa sawit dikhawatirkan akan berdampak terhadap sumberdaya air lokal. Dengan demikian diperlukan pengelolaan lahan kelapa sawit yang dapat mengurangi pengaruh negatif terhadap sumberdaya air lokal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM IPB dan DIKTI, Jakarta. Penelitian dibiayai oleh DIPA IPB Nomor:68/I3.24.4/SPK-PUS/IPB/2012.

DAFTAR PUSTAKA

Bappeda Bungo, 2002. Rencana Strategi Pembangunan Kabupaten Bungo tahun 2001-2005. Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kabupaten Bungo, Muara Bungo, Indonesia.

- Carr, M.K.V., 2011. The Water Relations and Irrigation Requirements of Oil Palm (*ElaeisGuineensis*): A Review. *Experimental Agriculture*, 47, Pp 629-652. Doi:10.1017/S0014479711000494.
- Colchester, M., Jiwan, N., Andiko, Sirait, M., Firdaus, A.Y., Surambo, A., Pane, H., 2001. *Promised Land: Palm Oil and Land Acquisition in Indonesia - Implications for Local Communities and Indigenous Peoples*. Forest Peoples Programme England. p. 26. ISBN: 979-15188-0-7
- Comte, L., Colin, F., Whalen, J.K., Gruenberger, O., Calliman, J.P., 2012. *Agricultural Practices in Oil Palm Plantations and Their Impact on Hydrological Changes, Nutrient Fluxes and Water Quality in Indonesia: A Review*. *Advances in Agronomy*, Volume 116, 2012 Elsevier Inc. ISSN 0065-2113.
- Danielsen, F., Beukema, H., Burgess ND, Parish F, Brühl CA, Donald PF, Murdiyarso D, Phalan B., Reijnders, L., Struebig, M., Fitzherbert, E.B., 2009. Biofuel plantations on forested lands: Double jeopardy for biodiversity and climate. *Conservation Biology* 23, 348-358.
- DIREKTORAT JENDERAL PERKEBUNAN, 2011. *Statistik Perkebunan 2009-2011: Kelapa Sawit*. Sekretariat Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Gaveau, D.L.A., Wandono, H., and Setiabudi, F., 2007. Three decades of deforestation in southwest Sumatra: Have protected areas halted forest loss and logging, and promoted re-growth? *Biological Conservation* 134, 495-504.
- KKI-WARSI/BirdLife, 2004. *Potret Hutan Jambi*. KKI-Warsi Jambi dan BirdLife Indonesia, Bogor, Indonesia
- Koh, L.P., Levang P., Ghazoul, J., 2009. Designer landscapes for sustainable biofuels. *Trends in Ecology and Evolution* 24, 431-438
- Laumonier, Y., Uryu, Y., Stüwe, M., Budiman, A., Setiabudi, B., and Hadian, O., 2010. Eco-floristic sectors and deforestation threats in Sumatra: identifying new conservation area network priorities for ecosystembased land use planning. *Biodiversity and Conservation* 19, 1153-1174
- Kallarackal, J., 1996. *Water Relations and Photosynthesis of the Oil Palm in Peninsular India*. KFRI Research Report 110. Kerala Forest Research Institute Peechi, Thrissur.
- Kallarackal, J., P. Jeyakumar, and J. George. 2004. Water use of irrigated oil palm at threedifferent arid locations in Peninsular India. *Journal Oil Palm Research* 16(1): 45-53.
- MurtiLaksono, K., Siregar, H.H. Daromosakoro, W. 2007. *Water balance model in oil palm plantation*. *J. Penelitian Kelapa Sawit*, Vol. 15 No. 1, pp. 21-35.

- Roupsard, O., Bonnefond, J-M., Irvine, M., Berbigier, P., Nouvellon, Y., Dauzat, J., Taga, S., Hamel, O., Jourdan, C., Saint-André, L., Mialet-Serra, I., Labouisse J-P, Epron, D., Joffre, R., Braconnier, S., Rouzière, A., Navarro, M., and Bouillet J-P, 2006. *Partitioning energy and evapo-transpiration above and below a tropical palm canopy*. *Agricultural and Forest Meteorology* 139, 252–268.
- Setiadi, B., Diwyanto, K., Puastuti, W., Mahendri, I.G.A.P., Tiesnamurti, B., 2011. *Peta Potensi dan Sebaran Areal Perkebunan Kelapa Sawit di Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian
- Sunarti, Sinukaban, N., Sanim, B. and Tarigan, S.D., 2008. *Konversi Hutan Menjadi Lahan Usahatani Karet dan Kelapa Sawit Serta Pengaruhnya terhadap Aliran Permukaan dan Erosi Tanah di DAS Batang Pelepat, Jambi*. *J. Tanah Tropika*, Vol 13. No.3, ISSN 0852-257X. Lampung.
- Yang, H.W., Jaafar, O., El-Shafie, A., and Mastura, S., 2011. *Impact of land-use changes toward base-flow regime in Lui and Langkat Dengkil sub-basin*. *International Journal of the Physical Sciences* Vol. 6(21) pp 4660-4976.