

PENGUKURAN KANDUNGAN AIR TANAH PADA PERTANAMAN JARAK PAGAR (*JATROPHA CURCAS L.*)

*Soil Water Content Measurement under Jatropha Crop (*Jatropha curcas L.*)*

Gusti Rusmayadi¹ dan Bregas Budiarto²

¹ Fakultas Pertanian Universitas Lambung Mangkurat (Unlam)

² Departemen Geomet FMIPA-IPB

E-mail: grusmayadi@yahoo.com.sg

ABSTRACT

Management strategies development for efficient water utilization of crop production requires sensitive measurements of changes in soil water content on a dynamic basis. Many of the methods currently used for measuring these changes are destructive, slow, or relatively expensive for large-scale investigations. A sensor that low-cost, nondestructive soil moisture sensor for measuring changes in soil volumetric water content on the basis of changes in the dielectric constant of the soil water were available. So, this research was carried out to quantify soil water content on Jatropha under rainfall condition, four levels of nitrogen fertilizer (N) and two population densities (P). The experiments used a systematic Nelder fan design with 9 spokes and 4 rings were conducted at SEAMEO-BIOTROP field experiment in 2007. Based on evaluation this instrument can use to measurement soil water content in various environment.

Keywords: Instrument, Jatropha, nitrogen fertilizer, Soil water content, systematic Nelder fan design

PENDAHULUAN

Cara konvensional untuk mengukur kandungan air tanah dan masih dipergunakan sampai sekarang dinamakan metode gravitasi metrik atau gravimetri yang melibatkan pengambilan contoh tanah kemudian di oven sampai kering baru dihitung selisih berat basah terhadap berat keringnya. Proses ini memakan waktu dan upaya yang cukup banyak untuk mendapatkan data yang akurat karena contoh tanah yang diambil cukup banyak. Dengan pendekatan teknik elektronik sederhana, kandungan air tanah dapat diduga dengan mengukur konduktivitas listriknya.

Sensor yang dipergunakan di sini berbeda dengan sensor kadar air tanah yang sudah dikembangkan saat ini seperti neutron probe yang relatif mahal atau ECH2O dielectric Aquameter Model EC20 probe (McMichael & Lascano, 2003). Kedua alat terakhir ini memerlukan akses berupa pipa PVC, sementara itu sensor tipe 303 Digital Multimeter dapat dipergunakan tanpa menggunakan pipa PVC, karena masing-masing batang sensor dilapisi oleh isolator.

Kepekaan dari alat ini akan dievaluasi pada suatu pertanaman Jarak Pagar yang diberi perlakuan empat tingkat pemberian nitrogen pada dua tingkat kerapatan populasi. Peran pengukuran kandungan air tanah ini menjadi penting karena karakteristik Jarak Pagar yang memerlukan nitrogen yang banyak dan dianjurkan penanamannya pada lahan marginal.

Penanaman jarak pagar dianjurkan untuk lahan marginal dan kebutuhan air tanamannya relatif sedikit. Menurut Sukarin *et al.* (1987) dan Aker, (1997) variabilitas iklim curah hujan mengendalikan penggunaan air pada kondisi air yang terbatas dalam produksi jarak pagar.

Jarak pagar merupakan tanaman yang dapat menyimpan air pada daun dan akarnya selama musim kering (Prihandana & Hendroko, 2007) dan termasuk tanaman *succulent* yang daunnya menutup dimusim kering, jadi tanaman ini memiliki adaptasi yang sangat baik dan luas di wilayah-wilayah kering dan semi kering (Heller, 1996). Namun, kekeringan dapat membatasi nitrogen (N) yang dapat diserap tanaman, melalui pengurangan laju mineralisasi N. Hujan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kehilangan N dari tanah melalui pencucian dan denitrifikasi. Pada tanah alkalin tinggi, N dapat hilang karena volatilisasi (Matthews, 2002). Jadi, penelitian ini memerlukan instrument yang handal untuk mengetahui fluktuasi kandungan air tanah pada lingkungan yang beragam dalam hal ini adalah perlakuan nitrogen dan kerapatan populasi.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi kepekaan instrument kadar air tanah tipe 303 Digital Multimeter dalam melacak perubahan kandungan air tanah yang dinamis pada perlakuan nitrogen dan kerapatan populasi di bawah kondisi lahan tadah hujan.

METODOLOGI

Bahan dan Alat

Pupuk Urea sesuai perlakuan diberikan $1/2$ dosis saat tanam dan 90 HST. SP-36 dan KCl masing-masing sebesar 20 g/pohon (Hambali *et al.* 2006) diberikan saat tanam. Populasi IP-1P digunakan sebagai benih. Fungisida, furadan, dan insektisida untuk pemeliharaan tanaman. Alat yang digunakan adalah kandungan air tanah portabel tipe 303 Digital Multimeter.

Metode

Instrument Kandungan Air Tanah tipe 303 Digital Multimeter

Prinsip dasar kerja alat adalah mengukur daya hantar listrik tanah dengan multimeter (DVM). Alat ini dapat mengubah polaritas dengan frekuensi 1 KHz. Sensor dan bahan yang dipergunakan adalah sepasang elektroda, sakelar elektronik (IC 4066), Multivibrator Astable (IC 4047), dan Multimeter (DVM).

Dengan pendekatan teknik elektronik sederhana, kandungan air tanah dapat diduga dengan mengukur konduktivitas listriknya. Teknik ini memerlukan sepasang elektroda yang dibenamkan kedalam tanah. Air dalam tanah berupa larutan elektronik sehingga medan listrik akan mempengaruhi posisi ion-ion dalam tanah. Kecepatan gerakan ion (terbaca sebagai daya

hantar listrik) merupakan fungsi kandungan air tanahnya. Alat ukur daya hantar listrik pada umumnya memberi medan listrik DC pada kedua elektroda. Untuk larutan elektrolit medan listrik akan menghasilkan polarisasi sehingga konduktivitas tidak terukur. Untuk itu medan listrik yang diberikan pada sepasang elektrodanya harus berupa listrik AC dengan frekuensi ± 1 KHz.

Nilai kandungan air tanah diperoleh dari fungsi nilai resistansi yang tertera pada alat ukur. Berdampak kalibrasi terhadap KA yang mudah diketahui dari jenis tanah tertentu maka pengukuran kandungan air tanah yang cepat dan akurat dapat diperoleh. Akurasi pengukuran kandungan air tanah lebih dipengaruhi oleh jumlah pengambilan contoh pengamatan dari pada akurasi alatnya sendiri.

Percobaan lapang

Percobaan disusun menurut Nelder *Fan Design* (Mark, 1983). Setiap plot terdiri dari 9 *spoke* dan 4 *ring*. Nitrogen (N) yang diberikan adalah W1N0 (0 g Urea/pohon), W1N1 (20 g Urea/pohon), W1N2 (40 g Urea/pohon), dan W1N3 (60 g Urea/pohon). Setiap *ring* ditempatkan populasi tanaman (P) W1P1 (17 698 tanaman/ha atau 1.7 tanaman/m²) dan W1P2 (3 246 tanaman/ha atau 0.32 tanaman/m²). Pada percobaan ini biji ditanam tanggal 18 April dan dipanen pada 22 Oktober 2007.

Pengamatan

Sifat fisik dan kimia tanah di lokasi percobaan sebagai berikut. Nilai pF 2.54 = 36.28% dan pF 4.2 = 27.48% (% volume) dengan bobot isi 1.42 g cm⁻³, laju permeabilitas 2.13 cm jam⁻¹ (lambat), N total 0.18% (rendah), pH 5.6 (agak masam), nisbah C/N sebesar 9.3, dan bahan organik sebesar 2.92%.

Unsur iklim selain curah hujan (mm hari⁻¹) diambil dari stasiun Branang-Siang sekitar 1 km dari lokasi percobaan, yaitu radiasi surya (MJ m⁻² hari⁻¹), suhu udara (°C), kelembapan nisbi (%), dan kecepatan angin (m s⁻¹) yang diperlukan untuk mensimulasi model neraca air.

Kandungan air tanah (KAT) diukur selang 7 hari pada setiap kedalaman 20 cm pada titik yang tetap menurut plot percobaan. Evapotranspirasi tanaman termasuk evaporasi tanah serta intersepsi kanopi tanaman, diukur berdasarkan KAT pada saat t-1 dan t serta curah hujan (Angus & van Herwaarden, 2001; Chen *et al.* 2003):

$$ETa_t = SWC_t - SWC_{t-1} + CH_t - D_t \quad (1)$$

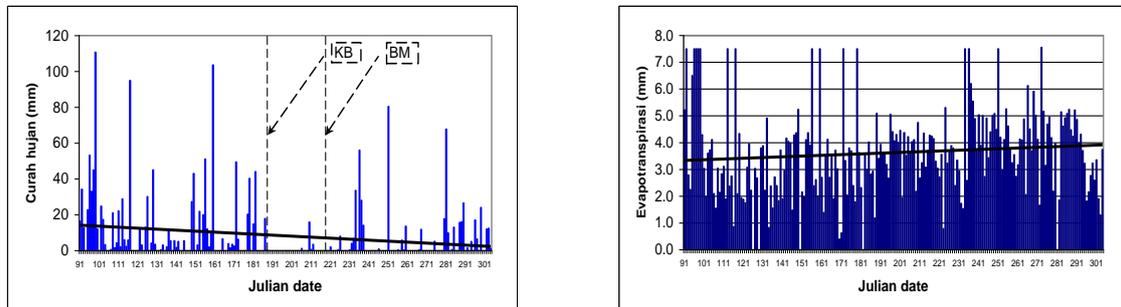
ETa_t: evapotranspirasi tanaman (mm) pada saat t; SWC: KAT rata-rata seluruh profil (mm); CH: curah hujan (mm); D: drainase (mm), yang pada percobaan ini tidak diukur dan diabaikan berdasarkan Payne *et al.* (2001), demikian pula dengan limpasan permukaan karena lahan percobaan relatif datar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Iklim

Curah hujan yang diterima sebesar 570.4 mm dan evapotranspirasi potensial sebesar 628.9 mm, sehingga pada periode tanam ini secara klimatologis terjadi défisit air. Oleh karena sebaran curah hujan tidak merata (Gambar 1.1), maka nisbah curah hujan (CH)-

evapotranspirasi (ETp) pada fase kuncup bunga (KB - BM) dan bunga mekar (BM - MF) sangat kecil yaitu 0.01 dan 0.18 atau kurang dari 0.5 ETp yang berarti pada periode ini pemenuhan kebutuhan air tanaman kurang dari 50%. Kondisi nisbah CH/ETp ini akan mempengaruhi fluktuasi air tanah.



Gambar 1 Peubah curah hujan dan evapotranspirasi harian selama periode pertumbuhan tanaman selama percobaan.

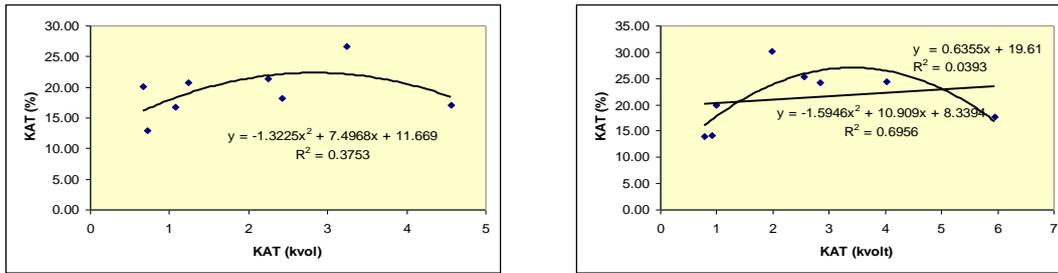
Kalibrasi alat

Setiap instrument memerlukan kalibrasi untuk menterjemahkan bacaan sensornya dengan lokasi tempat alat tersebut dipergunakan. Dalam kalibrasi, titik sensor alat melibatkan pengambilan contoh tanah, kemudian dihitung menurut metode gravimetrik, contoh tanah di oven sampai kering baru dihitung selisih berat basah terhadap berat keringnya. Bacaan sensor kandungan air tanah tipe 303 Digital multimeter dan metode gravimetrik disajikan pada Tabel 1.

Hasil kalibrasi pada kedalaman 0 – 20 dan 20 – 40 cm disajikan pada Gambar 2. Bentuk kuadratik terlihat lebih mendekati bacaan sensor dengan kandungan air tanah di lapangan. Kepekaan sensor yang sudah dikalibrasi ini akan dievaluasi pada kemampuannya dalam membedakan perlakuan-perlakuan yang diberikan pada pertanaman Jarak Pagar.

Tabel 1 Kalibrasi instrument tipe 303 Digital multimeter

Titik pengukuran	Kedalaman pengukuran (cm)			
	0 – 20		20 - 40	
	X (sensor)	Y (gravimetrik)	X (sensor)	Y (gravimetrik)
1	2.25	21.34	0.99	19.98
2	1.07	16.71	2.85	24.13
3	1.24	20.73	4.03	24.31
4	2.42	18.16	2.55	25.32
5	3.24	26.71	1.98	30.12
6	0.72	12.98	0.92	14.19
7	4.57	17.14	5.96	17.62
8	0.67	20.11	0.79	13.97

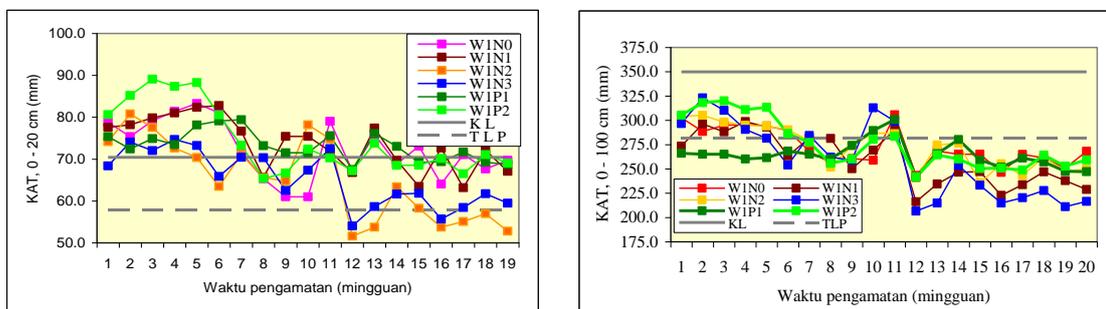


Gambar 2 Kalibrasi instrument tipe 303 Digital Multimeter pada kedalaman 0 – 20 dan 20 – 40 cm.

Kandungan air tanah

Kandungan air tanah pada kedalaman tanah 0-20 dan 0-100 cm selama percobaan diperlihatkan pada Gambar 3. Kandungan air tanah mengalami penurunan sejak fase kuncup bunga (KB). Penurunan kandungan air tanah tersebut berkaitan dengan curah hujan yang relatif kecil selama periode tersebut (Gambar 1). Selama periode pertumbuhan, kandungan air tanah pada perlakuan pemupukan nitrogen (W1N1–W1N3), terjadi penurunan yang lebih besar dibandingkan dengan tanpa pemupukan (W1N0) (Gambar 3). Prinsip kerja instrument ini berdasarkan kecepatan gerakan ion yang terbaca sebagai daya hantar listrik dan merupakan fungsi kandungan air tanahnya. Semakin tinggi pemberian nitrogen, maka air yang diperlukan untuk mineralisasi nitrogen, lebih besar dibandingkan dengan pemberian nitrogen yang rendah. Air dalam tanah berupa larutan elektronik sehingga medan listrik akan mempengaruhi posisi ion-ion dalam tanah dan larutan ion semakin aktif pergerakannya.

Kerapatan populasi juga mempengaruhi kandungan air tanah yang pada populasi rapat (W1P1) lebih kecil dibandingkan populasi sedang (W1P2). Peningkatan penggunaan kandungan air tanah akan mempengaruhi jumlah air yang akan dievapotranspirasikan.



(a)

(b)

Gambar 3 Kandungan air tanah pada 0 - 20 cm (a) dan 0 – 100 cm (b) dengan peningkatan pemberian nitrogen dan kerapatan populasi

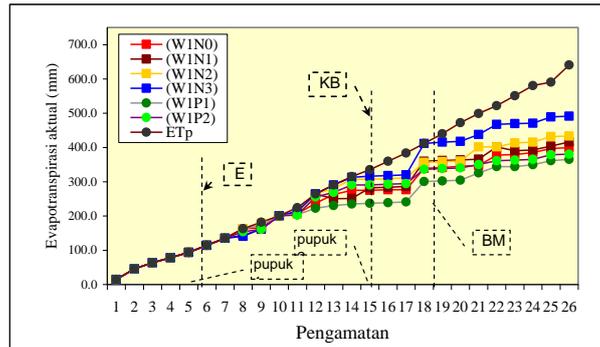
Neraca air

Neraca air tanaman selama periode pertumbuhan ditunjukkan dalam Tabel 1 dan Gambar 4. Evapotranspirasi aktual semakin besar dengan peningkatan pemupukan nitrogen dan ini mengisyaratkan bahwa air digunakan dalam proses penyerapan hara pada perlakuan W1N1, W1N2 dan W1N3 oleh tanaman sehingga yang dapat diupayakan lebih besar dari perlakuan tanpa pemupukan nitrogen (W1N0). Sementara itu, evapotranspirasi perlakuan kerapatan populasi W1P1 lebih kecil dibandingkan W1P2.

Tabel 2 Neraca air selama periode pertumbuhan

Perlakuan	Neraca air (mm)					
	Curah Hujan	Evapotranspirasi aktual (ETa)				
		S - E	E - KB	KB - BM	BM - MF	Total
Percobaan 18 April 2007						
(W1N0)	570,4	30.8	206.0	38.0	124.3	399.1
(W1N1)	570,4	30.8	233.4	17.6	134.3	416.2
(W1N2)	570,4	30.8	233.4	42.7	126.1	433.0
(W1N3)	570,4	30.8	233.4	51.7	175.1	491.0
(W1P1)	570,4	30.8	191.8	14.3	128.1	365.1
(W1P2)	570,4	30.8	224.6	35.2	89.7	380.4

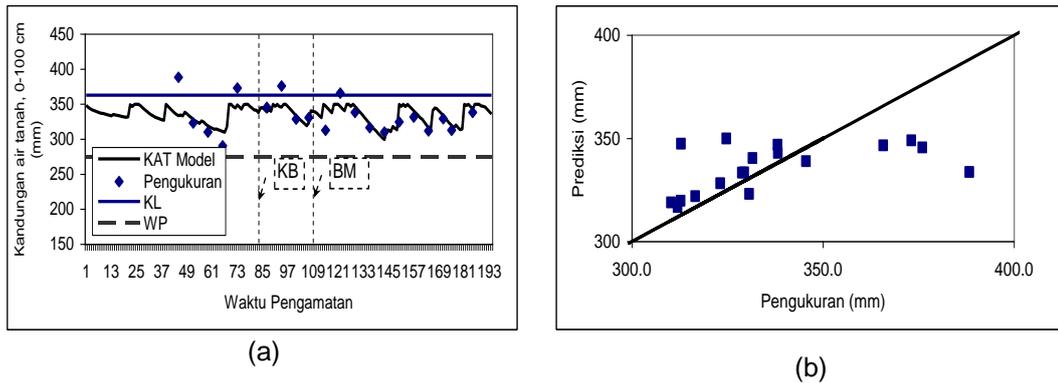
Air diperlukan dalam mineralisasi nitrogen yang selanjutnya diperlukan sebagai sarana pengangkutan unsur hara. Oleh karena itu, pada perlakuan pemupukan nitrogen (defisit air W1N1, W1N2 dan W1N3 masing-masing sebesar -44.5; -54.2 dan -80.1) terlihat kandungan air tanah yang menurun dengan cepat dibandingkan tanpa pemupukan (defisit air sebesar -33.5 mm). Hal ini yang menyebabkan evapotranspirasi aktual tanaman semakin besar. Evapotranspirasi W1N0 sebesar 399.1 mm sementara itu W1N3 sebesar 491.0 mm. Perhitungan evapotranspirasi ini diperoleh berdasarkan selisih pengukuran kandungan air tanah pada dua waktu yang berbeda dan ditambah curah hujan. Ketelitian perhitungan evapotranspirasi ini sangat ditentukan oleh ketelitian dari pengukuran kandungan air tanah.



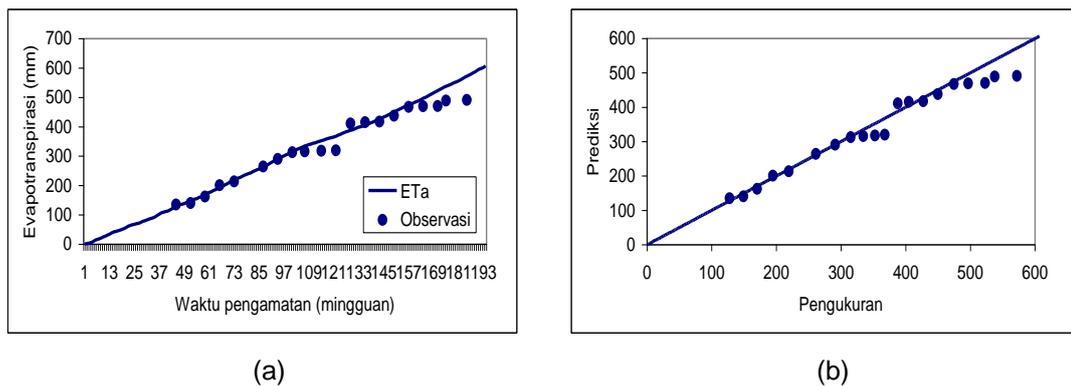
Gambar 4 Evapotranspirasi aktual (ETa) masing-masing perlakuan selama percobaan

Evaluasi dengan model neraca air tanaman

Pengukuran kandungan air tanah ini sering dipakai dalam validasi model neraca air untuk melihat fluktuasi kandungan air tanah dan evapotranspirasi tanaman sebagaimana berikut ini. Pengujian grafis data KAT dengan model simulasi neraca air disajikan pada Gambar 5. Model mampu mensimulasi perubahan kandungan air tanah dengan pemberian nitrogen W1N3, walaupun ada beberapa pencilan data pengukuran yang perlu mendapat perhatian. Dugaan sementara, pencilan data disebabkan oleh pengkalibrasian alat dengan metode gravimetrik yang perlu dicobakan dengan menggunakan contoh tanah yang lebih banyak. Pengurangan KAT setelah bunga mekar (BM) akan diikuti oleh peningkatan evapotranspirasi. Pengujian grafis evapotranspirasi aktual (ETa) model neraca air disajikan dalam Gambar 7.



Gambar 5 Hasil prediksi dan pengukuran kandungan air tanah selama periode pertumbuhan (a) dan perbandingan dengan garis 1:1 (b).



Gambar 6 Hasil prediksi dan pengukuran evapotranspirasi kumulatif selama periode pertumbuhan (a) dan perbandingan dengan garis 1:1 (b).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Sensor kadar air tanah tipe 303 Digital Multimeter peka dan dapat digunakan untuk mengetahui dinamika kandungan air tanah pada lingkungan yang bervariasi.

Saran

Evaluasi instrument kadar air tanah pada lokasi percobaan telah dilakukan oleh karena itu disarankan pengujian kepekaan instrument lebih lanjut pada wilayah dengan yang berbeda untuk membuktikan bahwa instrument dapat diterapkan pada kondisi lingkungan yang beragam.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini didanai oleh DIPA SEAMEO-BIOTROP tahun 2007. Kami mengucapkan terimakasih kepada SEAMEO-BIOTROP, Laboratorium SEAMEO-BIOTROP, Laboratorium Instrumentasi Meteorologi FMIPA-IPB, asisten lapangan dan beberapa mahasiswa Departemen Meteorologi FMIPA-IPB atas bantuan teknis dalam pengelolaan tanaman, pengukuran dan pengambilan contoh tanah dan tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Aker CL. 1997. Growth and reproduction of *Jatropha curcas*. Di dalam: G.M. Gübitz, M. Mittelbach & M. Trabi, *Biofuels and industrial products from Jatropha curcas*. Dbv-Verlag, Graz: 2-18.
- Angus AF & van Herwaarden JF. 2001. Increasing Water Use and Water Use Efficiency in Dryland Wheat. *Agron. J.* 93:290–298.
- Arkebauer TJ, Weiss A, Sinclair TR & Blum A. 1994. In defence of radiation use efficiency: a response to Demetriades-Shah *et al.* (1992). *Agric. For. Meteorol.* 68:221-227.
- Budianto B. 2004. *Instrumentasi Meteorologi Elektronik*. Di dalam. Pelatihan Dosen PT se Indonesia Timur bidang Pemodelan dan Simulasi Komputer untuk Pertanian. Bogor. Departemen Geofisika dan Meteorologi FMIPA-BPPK-Diknas.

- Chen C, William AP, Richard WS & Michael AS. 2003. Yield and Water-Use Efficiency of Eight Wheat Cultivars Planted on Seven Dates in Northeastern Oregon. *Agron. J.* 95:836–843.
- Heller J. 1996. Physic Nut (*Jatropha curcas* L.). Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops 1. Rome. IPGRI.
- Mark WB. 1983. Spacing Trials Using the Nelder Wheel. Presented at the Workshop on Eucalyptus in California, June 14-16, 1983, Sacramento, California; p81-85.
- Matthews R. 2002. Crop Management. In *Crop–Soil Simulation Models*. eds (R. Matthews and W. Stephens) CAB *International*. p 29-53.
- McMichael B & Lascano RJ. 2003. Laboratory Evaluation of a Commercial Dielectric Soil Water Sensor. *Vadose Zone Journal* 2:650–654.
- Payne WA, Rasmussen PE, Chen C & Ramig RE. 2001. Assessing simple wheat and pea models using data from a long-term tillage experiment. *Agron. J.* 93:250–260.
- Prihandana R & Hendroko R. 2007. *Energi hijau*. Jakarta. Penebar Swadaya.
- Sukarin W, Yamada Y & Sakaguchi S. 1987. Characteristics of physic nut, *Jatropha curcas* L. as a new biomass crop in the Tropics. *Jpn. Agric. Res. Quart.* (Japan) 20(4):302-303.