

## PENENTUAN NILAI EVAPOTRANSPIRASI DAN KOEFISIEN TANAMAN BIBIT KELAPA SAWIT VARIETAS *TENERA* (*Elaeis guinensis* Jack.)

(Determination the Value Evapotranspiration and crop coefficient of oil palm tenera Variety  
(*Elaies guenensis* Jack))

**Ade Rahmi Alhas<sup>1,2)</sup>, Sumono<sup>1)</sup>, Ainun Rohanah<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup>Program Studi Keteknikan Pertanian, Fakultas Pertanian USU  
Jl. Prof. Dr. A. Sofyan No. 3 Kampus USU Medan 20155

<sup>2)</sup>email :ade\_alhas@yahoo.co.id

Diterima : 17 November 2015 /Disetujui : 24 November 2015

### ABSTRACT

Considering that the oil palm plants consume a lot of water, it is needed more assessment of the magnitude of the rate of evapotranspiration especially oil palm plantations, and in the initial value stages the process can begin from nursery. The value of crop evapotranspiration can be determined based on the value of potential evaporation and oil palm crop coefficients for each growth period. This study is aimed to determine the evapotranspiration value and crop coefficients of 4 months old tenera seeds. Evapotranspiration value of oil palm plantations in the initial period of plant research was 0.9 mm/day and the final period of the plant was 0.98 mm/day. The amount of evaporation in the initial period of the study was 1.98 mm/day and in the final period was 1.93 mm/day. The study shows that oil palm crop coefficient in the initial period was 0.47 and in the final period was 0.5.

**Keywords :** Evapotranspiration, Crop coefficient, potential evaporation, oil palm Plant

### PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guinensis* Jack.) merupakan tumbuhan tropis yang diperkirakan berasal dari Nigeria (Afrika barat) karena pertama kali ditemukan di hutan belantara negara tersebut. Namun ada juga yang mengatakan bahwa komoditi ini berasal dari Amerika Selatan tepatnya Brazil karena dikawasan ini lebih banyak ditemukan spesies kelapa sawit. Pada kenyataannya kelapa sawit hidup lebih subur diluar daerah asalnya seperti Malaysia, Indonesia, Thailand dan Papua Nuginia. Bahkan mampu memberikan hasil produksi perhektar yang lebih tinggi. Kelapa sawit pertama masuk ke Indonesia pada tahun 1948, dibawa dari Mauritius dan Amsterdam oleh seorang warga Belanda. Bibit kelapa sawit yang berasal dari dua tempat tersebut masing-masing berjumlah dua batang dan pada tahun itu juga ditanam di Kebun Raya Bogor (Hadi, 2004).

Kelapa sawit merupakan salah satu tanaman industri yang diyakini bisa membantu pemerintah untuk mengentaskan kemiskinan di Indonesia. Hal ini di karenakan industri kelapa sawit merupakan sumberdaya yang dapat diperbaharui, berupa lahan yang subur, tenaga kerja yang produktif, dan sinar matahari yang

melimpah sepanjang tahun. Kelapa sawit merupakan tanaman yang paling produktif dengan produksi minyak per ha yang paling tinggi dari seluruh tanaman penghasil minyak nabati lainnya (Pahan, 2006).

Kelapa sawit memiliki banyak jenis, berdasarkan ketebalan cangkangnya kelapa sawit dibedakan menjadi *Dura*, *Pisifera* dan *Tenera*. *Dura* merupakan sawit yang buahnya memiliki cangkang tebal sehingga dianggap dapat memperpendek umur mesin pengolah namun biasanya tandan buahnya besar – besar dan kandungan minyak berkisar 18%. *Pisifera* buahnya tidak memiliki cangkang namun bunga betinanya steril sehingga sangat jarang menghasilkan buah. *Tenera* adalah persilangan antara induk *Dura* dan *Pisifera*. Jenis ini dianggap bibit unggul sebab melengkapi kekurangan masing-masing induk dengan sifat cangkang buah tipis namun bunga betinanya tetap fertil. Beberapa tenera unggul persentase daging per buahnya dapat mencapai 90% dan kandungan minyak pertandannya dapat mencapai 28% (Didiek, 2005). Sehingga jenis atau varietas *tenera* inilah yang paling banyak digunakan dalam perkebunan kelapa sawit.

Keberhasilan pertumbuhan dan perkembangan budidaya kelapa sawit sangat

ditentukan oleh pembibitannya. Pahan (2006) menyatakan bahwa diperlukan perhatian yang tetap dan terus-menerus hingga umur bibit 1,5 tahun pertama. Produksi awal di lapangan berkorelasi nyata dengan luas daun pada periode tanaman belum menghasilkan, suatu keadaan yang sangat ditentukan oleh pembibitan yang baik.

Salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam pembibitan tanaman kelapa sawit adalah irigasi, untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi tanaman. Penentuan jumlah air untuk memenuhi kebutuhan air yang sesuai sangat penting, mengingat selama masa pembibitan tanaman sangat peka terhadap kekurangan atau kelebihan pemakaian air.

Evapotranspirasi merupakan gabungan proses evaporasi dan transpirasi. Evaporasi adalah peristiwa air menjadi uap naik ke udara dan berlangsung terus menerus dari permukaan air, permukaan tanah, padang rumput, persawahan, hutan dan lain-lain, sedangkan transpirasi adalah peristiwa perpindahan air dari tanah ke atmosfer melalui akar, batang dan daun. Untuk dapat menentukan laju evapotranspirasinya, harus terlebih dahulu mengetahui koefisien tanaman kelapa sawit ( $K_c$ ). Sehingga besarnya laju evapotranspirasi tanaman kelapa sawit dapat ditentukan. Besarnya laju evapotranspirasi tanaman kelapa sawit digunakan untuk menentukan kebutuhan air tanaman kelapa sawit.

Mempertimbangkan adanya dugaan kebun kelapa sawit banyak mengkonsumsi air, seperti yang disampaikan oleh Kallarackal, dkk (2004, dalam anonimous 2011), perlu adanya kajian yang lebih mendalam khususnya terhadap besarnya laju evapotranspirasi tanaman kelapa sawit dan pada tahap awal dapat dimulai dari proses pembibitan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai evapotranspirasi dan koefisien tanaman dengan menggunakan bibit kelapa sawit varietas tenera.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan observasi lapangan analisis data untuk mengetahui besarnya laju evapotranspirasi tanaman sawit varietas *Tenera* umur 4 bulan. Laju evapotranspirasi yang diukur dibedakan dalam dua usia tanam, masing-masing usia tanam diukur selama 1 bulan. Berdasarkan lokasinya dan jumlah bibit yang digunakan, maka penelitian ini merupakan penelitian skala laboratorium (rumah kaca).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit tanaman kelapa sawit varietas *Tenera*, polibag, dan air. Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ring sample, oven, timbangan digital, erlenmeyer, gelas ukur, pisau cutter, penggaris, dan *evavopan* kelas A.

Bibit kelapa sawit bersumber dari Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) Unit Usaha Medan. Tanah Latosol yang sudah diayak dengan ayakan 10 mesh dimasukkan kedalam 30 polibag yang berdiameter 15 cm lalu dipadatkan dengan pemberian air kemudian tanaman kelapa sawit yang telah berumur 4 bulan dipindahkan langsung pada polybag yang telah berisi tanah latosol. Kebutuhan air tanaman dipenuhi dengan memberi air irigasi pada setiap tanaman secara manual dengan volume air yang sama yang bertujuan untuk memenuhi kapasitas lapang pada tanah dan evapotranspirasi. Pemberian air dilakukan secara berkala sesuai dengan kebutuhan air tanaman.

Sifat fisik tanah Latosol diukur menggunakan polibag yang disiram secara manual pengukuran dilakukan di laboratorium dengan membawa sampel tanah menggunakan ring sampel. Sifat yang diukur yaitu *bulk density*, *particle density*, porositas, tekstur tanah, dan kadar air kapasitas lapang.

### Parameter Penelitian

#### Sifat fisik tanah

Sifat fisik tanah yang diamati meliputi kerapatan massa (*bulk density*) (Foth, 1994), kerapatan partikel (*particle density*) (Islami dan Utomo, 1995), porositas pada tanah Latosol seperti pada persamaan (1) (2) dan (3). Sifat fisik lain adalah tekstur tanah.

$$B_d = \frac{M_p}{V_t} \dots\dots\dots (1)$$

$$\rho_p = \frac{M_p}{V_p} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Porositas} = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_p}\right) \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

dimana :

$B_d$  = Kerapatan massa (*bulk density*) ( $\text{g/cm}^3$ )

$M_p$  = Massa padatan tanah (g)

$V_t$  = Volume total tanah ( $\text{cm}^3$ )

$\rho_p$  = Kerapatan partikel (*particle density*) ( $\text{g/cm}^3$ )

$V_p$  = Volume partikel tanah ( $\text{cm}^3$ )

#### Kapasitas lapang

Kapasitas lapang diukur terlebih dahulu dengan menjenuhkan tanah kemudian dibiarkan menetes hingga penetesan air berhenti. Kadar air kapasitas lapang diukur secara gravimetri dan ditentukan dengan persamaan seperti pada persamaan (4) (Susilo, 1987).

$$w = \frac{M_w}{M_s} \dots\dots\dots(4)$$

dimana :

- w = Kadar air tanah kapasitas lapang (%)
- M<sub>w</sub> = Massa air (Berat tanah awal, dalam kondisi kapasitas lapang – berat tanah kering oven) (g)
- M<sub>s</sub> = Massa padatan (berat tanah kering oven) (g)

**Analisis kehilangan air**

Analisis evapotranspirasi, evaporasi dan perkolasi dengan persamaan (5), (6) dan (7) masing-masing seperti yang terdapat dalam (Soemarto, 1995), (Limantara, 2010) dan (James, 1988).

$$P = \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \dots\dots\dots(5)$$

$$E = k \times E_p \dots\dots\dots(6)$$

$$ET = \frac{\theta x h_T}{T} \dots\dots\dots(7)$$

dimana:

- h<sub>1</sub> = tinggi air awal
- h<sub>2</sub> = tinggi air akhir
- t<sub>1</sub> = waktu awal
- t<sub>2</sub> = waktu akhir
- E = evaporasi dari badan air (mm/hari)
- K = koefisien panci (0,7)
- E<sub>p</sub> = evaporasi dari panci (mm/hari)
- ET = Evapotranspirasi tanaman (mm/hari)
- θ = kadar air volumetrik (%)
- h<sub>T</sub> = kedalaman tanah (cm)
- T = waktu (hari)

Hasil evapotranspirasi yang diperoleh akan dikalikan koefisien 0,5. Hal ini disebabkan karena besarnya penguapan air pada permukaan air yang luas 0,50 kali dari hasil penguapan air pada areal yang terbatas (dalam polibag) (Sosrodarsono dan Takeda, 2003).

**Koefisien tanaman**

Koefisien tanaman ditentukan dengan menggunakan persamaan (8) (Islami dan Utomo, 1995).

$$K_c = \frac{ET}{E} \dots\dots\dots(8)$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Tekstur tanah**

Hasil analisa tekstur tanah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisa tekstur tanah

Fraksi	Persentase (%)	Tekstur tanah
Pasir	54,56	
Debu	13,84	Lempung liat
Liat	31,60	berpasir
B-organik	0,824	

Tabel 1 menunjukkan bahwa berdasarkan perbandingan kandungan pasir, debu, dan liat tanah latosol bertekstur lempung liat berpasir yang dapat ditentukan dengan segitiga USDA (*United State Department of Agriculture*). Berdasarkan hasil analisa tekstur tanah, tanah yang digunakan memiliki kandungan pasir yang lebih besar (54,56%) daripada kandungan debu dan liat. Tanah yang berpasir diklasifikasikan sebagai tanah yang bertekstur kasar. Tanah yang bertekstur kasar memiliki kemampuan rendah dalam menahan air. Menurut Hasibuan (2011) tekstur suatu tanah memiliki pengaruh yang sangat penting pada aliran air, sirkulasi udara dan transformasi kimia yang terjadi didalam tanah. Semakin halus tekstur tanah maka akan semakin meningkatkan kemampuan tanah tersebut dalam menahan air.

**Kerapatan Massa, Kerapatan Partikel, dan Porositas**

Hasil analisa kerapatan massa tanah, kerapatan partikel tanah, dan porositas pada saat usia bibit 5 dan 6 bulan dapat dilihat pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai kerapatan massa tanah pada saat usia bibit 5 dan 6 bulan yaitu sebesar 1.06 g/cm<sup>3</sup>. Berdasarkan nilai tersebut tanah latosol yang digunakan dalam penelitian berstruktur halus. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Hakim, dkk (1986) yaitu kerapatan massa lapisan olah berstruktur halus biasanya berkisar antara 1,0 g/cm<sup>3</sup>-1,3 g/cm<sup>3</sup>.

Tabel 2. Hasil Analisa Kerapatan Massa Tanah, Kerapatan Partikel Tanah dan Porositas

Parameter	Usia bibit 5 bulan	Usia bibit 6 bulan
Kerapatan massa tanah (g/cm <sup>3</sup> )	1,06	1,06
Kerapatan partikel tanah (g/cm <sup>3</sup> )	2,67	2,50
Porositas (%)	60,30	57,6

Nilai kerapatan partikel tanah pada saat usia bibit 5 bulan sebesar 2,67 g/cm<sup>3</sup> dan usia bibit 6 bulan 2,5 g/cm<sup>3</sup>. Kerapatan partikel tanah pada usia bibit 6 bulan lebih kecil daripada saat

usia 5 bulan karena pada usia 6 bulan bagian-bagian tanah sudah banyak diisi akar-akar tanaman. Akar-akar tanaman mengisi ruang diantara partikel-partikel tanah yang

mengakibatkan kerapatan partikel tanah menjadi kecil. Besarnya kerapatan partikel tanah ini juga dipengaruhi oleh kandungan bahan organik, hal ini disebabkan karena bahan organik memiliki berat yang lebih kecil dari berat benda padat tanah mineral yang lain dalam volume yang sama. Semakin tinggi bahan organik maka akan semakin rendah pula kerapatan partikel tanahnya. Hal ini sesuai dengan pernyataan dari Islami dan Utomo (1995) yaitu besarnya kerapatan partikel tanah dipengaruhi terutama oleh kandungan bahan organik tanah dan kepadatan jenis partikel penyusun tanah.

Berdasarkan hasil penelitian, nilai porositas pada tanah latosol tergolong sedang yaitu pada saat usia bibit 5 bulan sebesar 60,3% dan usia bibit 6 bulan sebesar 57,6%. Porositas adalah persentase ruang pori total (ruang kosong) yang terdapat dalam satuan volume tanah yang dapat ditempati oleh air dan udara. Nilai porositas pada usia bibit 6 bulan lebih kecil daripada usia 5 bulan karena dari rumus porositas  $n = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_p}\right) \times 100\%$ , maka diketahui bahwa nilai porositas ditentukan oleh nilai kerapatan massa dan kerapatan partikel tanah. Jika semakin besar perbedaan nilai kerapatan massa dengan nilai kerapatan partikel, semakin kecil nilai kerapatan partikelnya maka semakin kecil pula nilai porositasnya.

#### Kapasitas Lapang

Hasil pengukuran kadar air kapasitas lapang tanah dapat dilihat pada Tabel 3. Tabel 3 menunjukkan bahwa kadar air kapasitas lapang tanah Latosol yang bertekstur lempung liat

berpasir sebesar yaitu 30,64 %. Nilai ini digunakan sebagai acuan pemberian air irigasi pada polybag tanaman secara berkala setiap 7 hari. Besarnya kapasitas lapang ini tergolong sedang karena tanah latosol memang tidak terlalu baik dalam menahan air. Hal ini disebabkan karena tekstur tanah yang agak kasar karena berpasir sehingga cepat meloloskan air. Kemampuan tanah untuk menahan air dipengaruhi oleh struktur dan tekstur tanah. Semakin halus tekstur tanah maka semakin tinggi kemampuan tanah tersebut untuk menahan air. Hal ini sesuai dengan literatur dari Hardjowigeno (2007) yang menyatakan bahwa tanah yang bertekstur kasar mempunyai kemampuan menahan air yang kecil daripada tanah bertekstur halus. Oleh karena itu, tanaman yang ditanam pada tanah pasir lebih cepat kekeringan daripada tanah bertekstur lempung atau liat.

Tabel 3. Kadar Air Kapasitas Lapang Tanah Latosol

Ulangan	Kadar air kapasitas lapang (%)
1	30,26
2	32,2
3	29,44
Rata-Rata	30,64

#### Evapotranspirasi, Evaporasi dan Koefisien Tanaman

Hasil pengukuran, nilai evapotranspirasi, evaporasi dan koefisien tanaman pada saat usia bibit 5 dan 6 bulan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil analisa evapotranspirasi, evaporasi dan koefisien Tanaman

Parameter	Usia bibit 5 bulan	Usia bibit 6 bulan
Evapotranspirasi Tanaman (mm/hari)	0,9	0,98
Evaporasi (mm/hari)	1,89	1,93
Koefisien Tanaman	0,47	0,5

Berdasarkan Tabel 4, nilai evapotranspirasi tanaman yang terbesar terjadi saat usia bibit 6 bulan yaitu sebesar 0,98 mm/hari dan nilai evapotranspirasi tanaman yang terkecil terjadi saat usia bibit 5 bulan yaitu 0,9 mm/hari. Besarnya nilai evapotranspirasi pada tanaman kelapa sawit akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya usia tanaman kelapa sawit tersebut. Hal ini dikarenakan semakin besarnya pertumbuhan bagian-bagian tanaman sehingga luas permukaan lebih besar dan lebih banyak pula air yang akan diuapkan. Begitu juga ketika telah mencapai usia produktif, evapotranspirasi akan lebih besar karena

banyak air yang diperlukan untuk memproduksi buah dan proses pematangannya. Hal ini sesuai dengan literatur dari Islami dan Utomo (1995) yang menyatakan bahwa pada periode awal, evapotranspirasi lebih rendah karena tanaman masih kecil sehingga luas permukaan tanaman untuk melakukan penguapan lebih kecil.

Nilai rata-rata evaporasi potensial yang terbesar terjadi pada saat usia bibit 6 bulan yaitu 1,93 mm/hari, dan nilai evaporasi potensial yang terkecil pada saat usia bibit 5 bulan yaitu 1,89 mm/hari. Dalam hal ini, nilai evaporasi potensial pada setiap periode pertumbuhan

semakin tinggi hal ini sesuai dengan suhu rata-rata setiap periode pertumbuhan

Berdasarkan Tabel 4 dapat dilihat bahwa nilai koefisien tanaman kelapa sawit pada saat usia tanaman 5 bulan yaitu sebesar 0,47 dan pada saat usia bibit 6 bulan nilai koefisien tanaman sebesar 0,5. Nilai koefisien tanaman kelapa sawit yang diperoleh masih kecil karena usia tanaman kelapa sawit masih muda. Nilai koefisien tanaman tersebut akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya usia

tanaman. Hal ini sesuai dengan literatur dari Harahap (1999, dalam Widodo dan Bambang 2010) yang menyatakan bahwa nilai *crop coefisien* (kc) untuk tanaman kelapa sawit berkisar antara 0,82 (untuk LAI < 2) sampai 0,93 (untuk LAI > 5).

### Perkolasi

Hasil pengukuran, besarnya perkolasi pada saat usia bibit 5 dan 6 bulan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisa Perkolasi Tanaman

	Usia bibit 5 bulan	Usia bibit 6 bulan
Perkolasi Tanaman (mm/hari)	2,8	2,4

Tabel 5 menunjukkan bahwa perkolasi terbesar terjadi pada saat usia bibit 5 bulan yaitu sebesar 2,8 mm/hari dan perkolasi terkecil pada saat usia bibit 6 bulan yaitu 2,4 mm/hari. Nilai perkolasi pada saat usia bibit 5 bulan lebih besar daripada usia 6 bulan. Perbedaan besarnya perkolasi ini memiliki kaitan yang erat dengan perbedaan nilai porositas tanah. Pada saat usia bibit 6 bulan nilai porositas lebih kecil yang menyebabkan ruang diantara partikel-partikel tanah menjadi lebih kecil. Hal ini mempengaruhi daya permeabilitas tanah menjadi lebih kecil dan kemampuan tanah dalam menahan air lebih kuat sehingga perkolasi berkurang. Perbedaan besarnya perkolasi juga dikarenakan kebutuhan air tanaman pada saat usia 6 bulan lebih besar yang disebabkan ukuran tanaman yang lebih besar. Sehingga pemberian air dengan jumlah yang sama mengakibatkan air yang tidak terpakai lebih sedikit dan terbuang melalui proses perkolasi. Hal ini juga dikarenakan kurang sesuainya data kebutuhan air tanaman dan suhu lingkungan penelitian pada waktu pengukuran kadar air kapasitas lapang untuk menentukan jumlah air yang diberikan dengan waktu berlangsungnya pemberian air tanaman.

### KESIMPULAN

1. Tekstur tanah Latosol yang digunakan yaitu lempung liat berpasir yang diperoleh dari perbandingan persentase pasir 54,56 %, debu 13,84 %, liat 31,60 %, dan B-organik sebesar 0,824 %.
2. Nilai *bulk density* tanah latosol yang digunakan 1,06 g/cm<sup>3</sup>, nilai *particle density* usia bibit 5 bulan 2,67 g/cm<sup>3</sup> dan pada usia bibit 6 bulan 2,5 g/cm<sup>3</sup>, porositas pada usia bibit 5 bulan 60,3 % dan pada usia bibit

6 bulan 57,6 %, dan jumlah kadar air kapasitas lapang 30,64 %.

3. Besar evapotranspirasi (ETc) tanaman kelapa sawit pada saat usia bibit 5 bulan yaitu 0,9 mm/hari dan 0,96 mm/hari pada saat usia bibit 6 bulan.
4. Besar evaporasi tertinggi yaitu 1,93 mm/hari pada saat usia bibit 6 bulan dan terendah yaitu 1,89 mm/hari pada saat usia bibit 5 bulan.
5. Nilai koefisien tanaman kelapa sawit pada saat usia tanaman 5 bulan yaitu sebesar 0,47 dan pada usia bibit 6 bulan yaitu sebesar 0,5.
6. Besar perkolasi tertinggi yaitu 2,8 mm/hari pada saat usia bibit 5 bulan dan terendah yaitu 2,4 mm/hari pada usia bibit 6 bulan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 2011. Pengurusan Air Tanah & Pencemaran Air Permukaan. <http://indoprogress.com/2011/04/13/bisnis-pahit-kelapasawit-2-selesai/> [2 Desember 2014]
- Didiek, H. G., 2005. Prospek Dan Arah Pengembangan Agribisnis Kelapa Sawit Di Indonesia. [http://prospek dan arah pengembangan agribisnis Kelapa sawit di indonesia.pdf](http://prospek%20dan%20arah%20pengembangan%20agribisnis%20kelapa%20sawit%20di%20indonesia.pdf)[2 Desember 2014].
- Foth, H. D., 1994. Dasar-Dasar Ilmu Tanah Edisi Keenam. Erlangga, Jakarta.
- Hadi, M, M., 2004. Teknik Berkebun Kelapa Sawit. Adi Cita Karya, Yogyakarta.
- Hakim N., N. Yusuf, A. M. Lubis, G. N. Sutopo, M. Amin, Go B.H dan H.H. Bailey, 1986. Dasar-dasar Ilmu Tanah. Universitas Lampung, Lampung.

- Hardjowigeno, S. 2007. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo, Jakarta.
- Islami, T. dan W. H. Utomo, 1995. Hubungan Tanah Air dan Tanaman. IKIP Semarang Press, Malang.
- James, L. G., 1988. *Principles of Farm Irrigation System Design*. John Wiley & Sons, Inc., Kanada.
- Limantara, L. M., 2010. Hidrologi Praktis. Lubuk Agung, Bandung.
- Pahan, I., 2006. Panduan Lengkap Kelapa Sawit. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Soemarto, C.D., 1995. Hidrologi Teknik. Erlangga, Jakarta.
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, 2003. Hidrologi Untuk Pengairan. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Susilo, S. B., 1987. Mekanika Tanah. Erlangga, Jakarta.