

ANALISIS EFISIENSI IRIGASI TETES DAN KEBUTUHAN AIR TANAMAN SEMANGKA (*Citrullus vulgaris* S.) PADA TANAH ULTISOL

(Efficiency Analysis of Drip Irrigation and Crop Water Requirement of Watermelon (*Citrullus vulgaris* S.) on Ultisol Soil)

Ira Septiana Pasaribu¹, Sumono¹, Saipul Bahri Daulay¹ dan Edi Susanto¹

¹⁾ Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian USU
Jl. Prof. Dr. A. Sofyan No. 3 Kampus USU Medan 20155

Diterima tanggal 17 Maret 2013/ Disetujui tanggal 3 April 2013

ABSTRACT

This research was held to analysis the efficiency of drip irrigation and crop water requirement of watermelon on ultisol soil. The parameters observed were water discharge, crop water requirement, physical properties of the soil, and the efficiency of drip irrigation (water usage and water storage).

The results of this experiment indicated that the average value of water discharge was 898.4 ml.hour⁻¹. The highest crop water requirement in the middle phase of growth was 6.23 mm.day⁻¹ and the lowest crop water requirement occurred in the early phase of growth was 2.80 mm.day⁻¹. Ultisol soil has sandy clay loam texture with a bulk density of 1.18 gr.cm⁻³, 2.12 gr.cm⁻³ particle density, and porosity of 43.20%. The largest water consumption efficiency was 100% and the lowest water consumption efficiency was occurred in the middle phase of growth i.e 96.7%. The largest water storage efficiency was occurred in the middle phase i.e 89.13% and the lowest water storage efficiency was occurred at the early phase of growth i.e 33.12%.

Key words: Crop Water Requirement, Efficiency, Drip Irrigation, Ultisol Soil, Watermelon

PENDAHULUAN

Irigasi tetes (*Drip Irrigation*) merupakan salah satu teknologi mutakhir dalam bidang irigasi yang telah berkembang hampir di seluruh dunia. Teknologi ini pertama diperkenalkan di Israel, dan kemudian menyebar hampir ke seluruh pelosok penjuru dunia. Pada hakekatnya teknologi ini sangat cocok diterapkan pada kondisi lahan berpasir, air yang sangat terbatas, iklim yang kering dan komoditas yang diusahakan mempunyai nilai ekonomi yang tinggi (Buck, *et al.*, 1982).

Penggunaan sistem irigasi tetes dikalangan petani masih sangat minim. Hal ini dikarenakan perlunya biaya yang sangat mahal dalam membuat instalansi jaringan irigasi tetes ini. Namun bila semua komponen penyusunnya diganti dengan yang lebih sederhana tetapi kegunaannya tetap sama, maka sudah pasti petani akan mendapatkan keuntungan yang lebih besar.

Tanaman semangka merupakan tanaman yang berumur relatif singkat, digemari masyarakat karena buahnya yang manis dan banyak mengandung air, serta daya tarik budidaya semangka bagi petani terletak pada nilai ekonomi

yang tinggi. Selain itu, tanaman semangka cocok ditanam di dataran rendah dengan pH 5,5 sampai 6,5. Meskipun demikian, tanaman semangka toleran terhadap lahan masam (pH kurang dari 5).

Kebutuhan akan sumber daya air yang cenderung meningkat akibat pertambahan jumlah penduduk menyebabkan semakin terbatasnya sumber daya air, terutama bagi tanaman budidaya seperti sayuran dan buah-buahan yang rentan terhadap kebutuhan air. Oleh sebab itu, ketersediaan sumber daya air harus dimanfaatkan secara efisien dan efektif. Guna memanfaatkan jumlah air yang terbatas diperlukan teknologi irigasi yang tepat dan memiliki nilai efisiensi irigasi yang tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi air irigasi tetes dan kebutuhan air tanaman semangka pada tanah ultisol.

METODOLOGI

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih tanaman semangka, drum penampung, *infuse* sebagai *emitter*, *elbow*, *tee*, stop kran, pipa PVC 0,5" dan 1", lem pipa, selang, *polybag*, pupuk (kandang, NPK, ZA, KCL), air, kayu, serta data primer dan data sekunder.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah wadah penampung (*cup*), *ring sample*, tensiometer, oven, timbangan digital, *erlenmeyer*, gelas ukur, meteran, gergaji, bor, cangkul, kalkulator dan *stopwatch*.

Penelitian ini menggunakan metode observasi lapangan dan analisis data untuk mengetahui efisiensi irigasi tetes dengan memakai emiter dari selang infus pada tanaman semangka. Penelitian ini dilakukan dengan cara pengamatan langsung di lapangan dengan menggunakan data primer dan data sekunder. Selanjutnya dilakukan analisis data secara kuantitatif.

Perancangan jaringan irigasi

Dibuat drum penampung dari tabung biasa yang dihubungkan dengan sumber air. Disambung pipa PVC 1 inci sebagai pipa utama secara vertikal dengan drum penampung. Disambung pipa utama dengan pipa pembagi. Dihubungkan pipa pembagi dengan pipa lateral sebanyak 2 pipa, dengan jarak antar lateral sama. Pipa lateral merupakan pipa PVC berdiameter 0,5 inci. Diberi 10 lubang pada masing-masing pipa lateral dengan jarak tiap lubang 70 cm. Dipasang *emitter* (infus) pada setiap lubang pada pipa lateral. Diisi air pada drum penampung hingga penuh. Kemudian, dilakukan pengujian debit yang keluar dari *emitter* dan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan.

Persiapan benih tanaman semangka

Disiapkan benih tanaman semangka dan dibuat wadah persemaian kemudian benih ditanam sedalam 1 cm. Disemaikan benih selama \pm 14 hari sampai bibit siap tanam, kemudian dipindahkan ke polybag 10 kg. Disiapkan polybag dengan ukuran diameter 24 cm sebanyak 30 polybag dan diisi tanah ultisol. Dihitung kebutuhan air tanaman semangka untuk dapat mengetahui banyaknya air yang diberikan terhadap tanaman selama 3 fase pertumbuhan.

Pengujian kinerja irigasi tetes

Dikeringudarkan tanah selama 48 jam agar kondisi awal tanah sama. Ditutup semua lubang yang ada pada polybag dan dibuat beberapa lubang di bagian bawah polybag. Diletakkan wadah penampung pada bagian bawah polybag yang telah dilubangi agar perkolasi dapat tertampung. Diambil sampel tanah dengan *ring sample* untuk mengetahui kadar air awal tanah. Dijalankan irigasi sesuai waktu penyiraman. Diambil sampel tanah yang telah terbasahi dengan *ring sample*. Diukur perkolasi yang tertampung pada wadah dengan menggunakan gelas ukur (jika ada). Dihitung efisiensi irigasi yaitu pemakaian dan penyimpanan.

Analisis sifat-sifat fisik tanah

Diambil sampel tanah dan diovenkan tanah selama 24 jam dengan suhu 105°C. Diukur

volume tanah kering oven dengan menjenuhkan tanah tersebut di dalam gelas *erlenmeyer* hingga mencapai volume 300 ml. Dihitung volume tanah kering oven dengan mengurangkan volume *erlenmeyer* (300 ml) dengan volume air yang dipakai untuk penjuhan. Dilakukan analisis tekstur tanah, kerapatan massa, kerapatan partikel, dan porositas. Ditentukan kadar air kapasitas lapang dengan cara mengambil sampel sebanyak 3 kali ulangan dan dijenuhkan. Dikeringudarkan sampel selama 48 jam agar mencapai kondisi kapasitas lapang kemudian ditentukan kadar airnya dengan menggunakan metode gravimetrik.

Produksi tanaman

Dipanen buah tanaman setelah 90 hari dan ditimbang berat buah. Diambil seluruh bagian tanaman dari polybag, dibersihkan, kemudian ditimbang berat tanaman. Dioven tanaman selama 48 jam dengan suhu 70°C. Ditimbang kembali tanaman yang telah dioven.

Parameter yang Diamati

Debit

Debit air dapat dihitung dengan menampung air yang keluar dari *emitter* pada suatu wadah per satuan waktu (1 jam) pada tiap emiternya. Debit air rata-rata dihitung dengan rumus:

$$Qa = \frac{G}{Ta.Np}$$

Kebutuhan air tanaman (ETc)

Kebutuhan air tanaman adalah jumlah air yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan evapotranspirasi tanaman, dihitung dengan menggunakan metode *Blaney and Criddle*:

$$U = \frac{K.P(45,7t + 813)}{100}$$

$$K = Kt \times Kc$$

$$Kt = 0,0311t + 0,240$$

$$t = \frac{2T_{07.00} + T_{13.30} + T_{17.30}}{4}$$

Sifat-sifat Fisik Tanah

Dilakukan analisis kerapatan massa (*bulk density*), kerapatan partikel (*particle density*), porositas, tekstur tanah, serta kadar air kapasitas lapang pada tanah ultisol.

Efisiensi Irigasi Tetes

Efisiensi irigasi tetes meliputi efisiensi pemakaian (Ea) dan efisiensi penyimpanan (Es). Efisiensi pemakaian ditentukan dengan

membandingkan volume air irigasi yang ditampung (volume air yang disalurkan dikurangi volume air rembesan) dengan volume air irigasi yang disalurkan (volume air yang berkurang pada drum penampung).

$$Ea = \frac{Ws}{Wf} \times 100\%$$

Efisiensi penyimpanan (Es) yang ditentukan dengan cara membandingkan kadar air rata-rata yang bertambah pada sampel tanah dengan kadar air yang dibutuhkan tanah sebelum pemberian air irigasi.

$$Es = \frac{Ws}{Wn} \times 100\%$$

Produksi tanaman

Produksi tanaman dilihat dengan menimbang berat buah per tanaman setelah panen serta bobot kering tanaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengukuran, nilai debit air yang dihasilkan tiap *emitter* dapat dilihat pada Tabel 1. Dari Tabel 1, dapat dilihat bahwa debit air terbesar terdapat pada *emitter* ke 9 lateral 1 yaitu 992 ml/jam dan yang terkecil terdapat pada *emitter* ke 4 lateral 2 yaitu 772 ml/jam. Debit air rata-rata keluaran yaitu 898,4 ml/jam. Dapat dilihat dari tabel, debit air yang terbesar terdapat pada *emitter* akhir, sedangkan yang paling kecil yaitu pada *emitter* awal. Hal ini disebabkan karena tekanan yang diberikan untuk mengalirkan air pada *emitter* akhir lebih besar dibandingkan dengan *emitter* awal. Semakin besar tekanan yang dihasilkan, debit yang dihasilkan juga akan semakin besar, karena debit merupakan fungsi dari tekanan operasi.

Tabel 1. Debit air yang keluar dari emiter

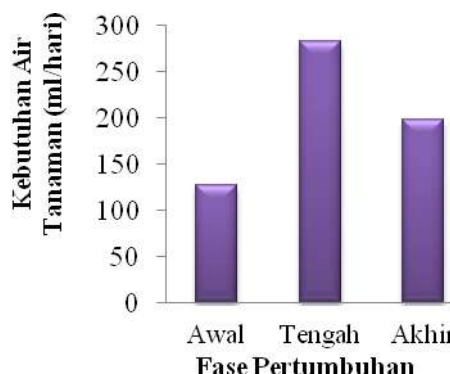
Emiter	Debit air (ml/jam)	
	Lateral 1	Lateral 2
1	896	940
2	888	816
3	928	824
4	952	772
5	896	856
6	912	920
7	960	904
8	972	888
9	992	920
10	788	944
Rata-rata	898,4	

Selain itu, dapat dilihat bahwa debit air yang dihasilkan tidak konstan dimana besar debit yang keluar pada tiap *emitter* bervariasi. Hal ini juga dapat disebabkan karena luas permukaan lubang *emitter* dan letak *emitter* pada pipa lateral tidak persis sama, serta kondisi *emitter* yang tidak persis sama menyebabkan adanya perbedaan kehilangan energi sehingga debit yang dihasilkan berbeda. Hal ini sesuai dengan literatur Sapei (2003) yang menyatakan bahwa variasi debit *emitter* juga disebabkan oleh proses pembuatan, dimana tidak akan terdapat *emitter* yang persis sama.

Besarnya nilai evapotranspirasi tanaman (ETc) pada setiap fase pertumbuhan tanaman semangka untuk luasan polybag 452 cm² dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai evapotranspirasi (ETc) pada tanaman semangka

Fase pertumbuhan	ETc (mm/hari)	ETc ml/hari)
Awal	2,80	126,60
Tengah	6,23	281,70
Akhir	4,36	197,14



Gambar 1. Kebutuhan air tanaman berdasarkan fase pertumbuhan

- Fase awal pertumbuhan : 0-30 hari
- Fase tengah pertumbuhan : 31-60 hari
- Fase akhir pertumbuhan : 61-90 hari

Dari Tabel 2 dan Gambar 1, menunjukkan kebutuhan air tanaman yang terbesar terdapat pada fase tengah pertumbuhan yaitu 6,23 mm/hari dan kebutuhan air tanaman terkecil terdapat pada fase awal pertumbuhan yaitu 2,80 mm/hari. Hal ini terjadi karena tanaman lebih banyak membutuhkan air pada fase tengah pertumbuhan karena aktivitas enzim untuk pertumbuhan tanaman lebih banyak dilakukan pada fase ini. Selain itu, luas permukaan tanaman pada fase ini sudah mencapai maksimum sehingga penguapan lebih besar. Hal ini sesuai dengan literatur Islami dan Utomo (1995), yang menyatakan bahwa

absorpsi air oleh tanaman berubah sesuai dengan perkembangan tanaman. Pada awal pertumbuhan karena permukaan transpirasi kecil, maka absorpsi air oleh tanaman rendah. Absorpsi air tanaman akan meningkat dengan berkembangnya tanaman dan akan mencapai maksimum pada saat indeks luas daun maksimum. Selanjutnya, dengan gugurnya daun tua, maka indeks luas daun akan turun diikuti dengan penurunan kebutuhan air. Indeks luas daun maksimum terjadi pada fase tengah pertumbuhan dimana pertumbuhan vegetatif tanaman maksimal.

Waktu penyiraman dihitung untuk mengetahui seberapa lama jaringan irigasi harus dijalankan agar dapat memenuhi kebutuhan air tanaman tersebut. Lama penyiraman ini berbeda-beda pada tiap fase pertumbuhan tanaman. Waktu penyiraman pada tiap fase pertumbuhan tanaman dapat dilihat pada Tabel 3. Pengukuran tekstur tanah dapat dilihat pada Tabel 4. Hasil analisis sifat-sifat fisik tanah yaitu kerapatan massa (*bulk density*), kerapatan partikel (*particle density*), serta porositas dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 3. Waktu penyiraman tanaman pada tiap fase pertumbuhan

Fase pertumbuhan	Lama penyiraman (menit)
Awal	8,45
Tengah	18,81
Akhir	13,17

Tabel 4. Hasil analisa tekstur tanah

Tekstur	Persentase (%)
Pasir	44,56
Debu	27,28
Liat	28,16
Keterangan	Lempung liat berpasir

Tabel 5. Sifat fisik tanah ultisol

Polybag	BD (gr/cm ³)	PD (gr/cm ³)	Porositas (%)
1	1	1,13	2,73
2	2	1,24	1,97
3	3	1,09	1,63
4	4	1,14	2,42
5	5	1,14	2,17
6	6	1,17	2,03
7	7	1,13	1,87
8	8	1,21	2,10
9	9	1,26	2,25
10	10	1,33	2,05
Rata-rata	1,18	2,12	43,20

Dari Tabel 5, dapat dilihat bahwa nilai kerapatan massa (*bulk density*) pada tanah ultisol adalah sebesar 1,18 gr/cm³. Hal ini sesuai literatur

Sarief (1986) yang menyatakan bahwa untuk tanah-tanah yang volume ruang porinya sama dengan setengah volume total tanah, maka kerapatan massa sama dengan setengah kerapatan partikel, yaitu sekitar 1,3 gr/cm³ sampai 1,35 gr/cm³. *Bulk density* tanah berpasir dapat mencapai nilai 1,6 gr/cm³, sedangkan tanah lempung dan liat nilainya dapat mencapai 1,1 gr/cm³. Struktur tanah mempunyai pengaruh penting terhadap berat volume tanah.

Nilai kerapatan partikel pada tanah ultisol adalah sebesar 2,12 gr/cm³. Nilai *particle density* pada tanah ultisol ini tergolong sangat rendah jika dibandingkan dengan nilai kerapatan partikel tanah mineral pada umumnya. Hal ini dikarenakan tanah ultisol yang digunakan tidak diayak/disaring terlebih dahulu, sehingga bahan organik didalamnya masih sangat besar. Hal ini sesuai dengan literatur Sarief (1986) yang menyatakan bahwa berat jenis butir tanah (*particle density*) pada umumnya berkisar antara 2,6-2,7 gr/cm³. Dengan adanya kandungan bahan organik pada tanah, maka nilai tersebut menjadi lebih rendah.

Berdasarkan hasil pengukuran, didapat nilai porositas sebesar 43,20%. Nilai ini tergolong standar, karena tekstur tanah yang digunakan adalah lempung liat berpasir. Hal ini juga sesuai literatur Sarief (1986) yang menyatakan bahwa nilai porositas tanah biasanya berkisar antara 30-60%.

Efisiensi irigasi tetes meliputi pemakaian irigasi dan penyimpanan irigasi dapat dilihat pada Tabel 6, Tabel 7 dan Tabel 8. Dari tabel, dapat dilihat bahwa nilai efisiensi penyimpanan dan pemakaian untuk tiap fase pertumbuhan tanaman adalah berbeda. Pada efisiensi pemakaian, dapat dilihat bahwa nilai tertinggi untuk fase awal, tengah, dan akhir pertumbuhan adalah 100%. Sedangkan nilai terendah untuk fase awal pertumbuhan adalah 97,5%, fase tengah pertumbuhan adalah 96,7%, dan fase akhir pertumbuhan adalah 97,9%. Hal ini terjadi karena adanya perkolasi yang menunjukkan pergerakan air bebas ke bawah tanah. Sesuai dengan literatur Linsley (1996), bahwa air lama kelamaan akan bergerak ke bawah melalui proses pergerakan air jenuh dan kemudian akan terjadi perkolasi (kehilangan air).

Pada efisiensi penyimpanan, dapat dilihat bahwa rata-rata nilai tertinggi terdapat pada fase tengah pertumbuhan dan nilai yang rendah terdapat pada fase awal pertumbuhan tanaman. Hal ini terjadi karena, berdasarkan kebutuhan air tanaman yang telah dihitung, jumlah pemberian air pada fase tengah lebih banyak dari pada fase awal. Pada fase awal, efisiensi penyimpanan irigasi tertinggi adalah 49,30% dan terendah adalah 33,12%. Pada fase tengah, efisiensi

penyimpanan irigasi tertinggi adalah 89,13% dan yang terendah adalah 65,08%. Pada fase akhir, efisiensi penyimpanan tertinggi adalah 64,12% dan yang terendah adalah 51%.

Tabel 6. Efisiensi irigasi tetes fase awal pertumbuhan tanaman

Emitter	Lateral 1		Lateral 2	
	Ea (%)	Es (%)	Ea (%)	Es (%)
1	100	39,42	100	44,52
2	100	38,09	100	35,60
3	100	44,42	100	35,67
4	97,5	46,04	100	33,12
5	100	39,30	100	37,53
6	100	41,36	100	43,18
7	100	46,61	100	40,18
8	100	47,00	100	39,24
9	100	49,30	100	44,20
10	100	33,90	100	45,40

Tabel 7. Efisiensi irigasi tetes fase tengah pertumbuhan tanaman

Emitter	Lateral 1		Lateral 2	
	Ea (%)	Es (%)	Ea (%)	Es (%)
1	100	71,30	100	77,14
2	100	66,90	100	65,50
3	100	74,87	100	65,60
4	97,3	79,92	100	65,08
5	100	67,57	96,7	66,62
6	100	73,09	100	73,70
7	100	80,80	100	72,30
8	100	81,60	100	67,30
9	100	89,13	97,7	74,31
10	98,5	65,30	100	77,82

Tabel 8. Efisiensi irigasi tetes fase akhir pertumbuhan tanaman

Emitter	Lateral 1		Lateral 2	
	Ea (%)	Es (%)	Ea (%)	Es (%)
1	99,4	57,16	100	61,30
2	100	55,90	100	52,60
3	100	61,37	100	53,85
4	97,9	61,70	100	51,00
5	100	56,23	97,9	55,59
6	100	58,60	100	60,20
7	100	63,04	100	58,30
8	98,9	63,20	100	56,10
9	100	64,12	98,3	60,90
10	98,1	51,47	99,5	61,60

*Ea adalah efisiensi pemakaian

*Es adalah efisiensi penyimpanan

Efisiensi pemakaian dan penyimpanan irigasi sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman yang dibudidayakan. Efisiensi pemakaian yang diperoleh ketiga fase pertumbuhan tanaman sangat tinggi yaitu rata-rata

diatas 95%. Sedangkan nilai yang diperoleh pada efisiensi penyimpanan rendah. Keadaan ini menunjukkan bahwa besarnya nilai efisiensi pemakaian dan penyimpanan tidak seimbang. Nilai efisiensi pemakaian yang tinggi tidak menjamin efisiensi penyimpanannya juga akan tinggi, sekalipun tanah dapat menerima 100% air yang diberikan oleh *emitter* namun jumlah air yang diberikan belum dapat memenuhi kebutuhan air tanaman tersebut.

Produksi tanaman setelah panen disajikan pada Tabel 9. Dari Tabel 9, dapat dilihat bahwa produksi buah semangka yang dihasilkan belum optimal. Hal ini terjadi karena tidak adanya keseimbangan nilai antara efisiensi pemakaian dengan efisiensi penyimpanan. Efisiensi penyimpanan air irigasi yang rendah menyebabkan kebutuhan air tanaman tidak terpenuhi dengan maksimal walaupun efisiensi pemakaiannya tinggi.

Tabel 9. Produksi tanaman setelah panen

Polybag	Berat buah (gr)	Berat tanaman	Berat tanaman
		sebelum dioven (gr)	setelah dioven (gr)
1	850	320	24,0
2	-	285	23,4
3	950	480	43,3
4	860	520	44,4
5	-	320	23,3
6	900	400	31,4
7	-	440	48,1
8	1200	620	56,3
9	1000	785	72,8
10	850	185	12,8
11	1600	510	38,4
12	1500	215	20,9
13	2100	240	19,1
14	-	185	19,0
15	920	250	19,8
16	750	440	36,9
17	-	330	23,5
18	1350	280	21,7
19	1800	400	32,7
20	1380	520	40,1

Selain itu hal ini juga dikarenakan pada saat penelitian musim hujan, sehingga energi matahari yang masuk tidak optimal dan suhu yang ada pada lokasi penelitian (rumah kassa) tidak memenuhi syarat tumbuh tanaman semangka, dimana suhu rumah kassa 27,88°C. Sedangkan menurut Prajnanta (1999), lokasi yang paling ideal untuk semangka adalah mendapat sinar matahari penuh, suhu udara tinggi (panas) $\pm 30^{\circ}\text{C}$ dan kering. Naungan plastik yang digunakan pada saat penelitian juga dapat menyebabkan berkurangnya

energi matahari yang masuk, sehingga kemungkinan belum memenuhi kebutuhan fotosintesis tanaman secara maksimal untuk proses pembentukan jaringan tanaman.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Debit keluaran *emitter* rata-rata adalah 898,4 ml/jam. Besar kebutuhan air tanaman (ETc) semangka adalah 2,80 mm/hari untuk fase awal pertumbuhan, 6,23 mm/hari untuk fase tengah pertumbuhan, dan 4,36 mm/hari untuk fase akhir pertumbuhan. Nilai efisiensi penyimpanan tertinggi terdapat pada fase tengah pertumbuhan yaitu 89,13% dan terendah terdapat pada fase awal pertumbuhan yaitu 33,12%.

Sementara untuk efisiensi pemakaian, nilai tertinggi terdapat pada ketiga fase yaitu 100% dan terendah 96,7% yang terdapat pada fase tengah pertumbuhan. Produksi tanaman semangka belum optimal dikarenakan nilai efisiensi pemakaian dan efisiensi penyimpanan tidak seimbang.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya tanah yang dipakai lebih homogen mendekati

keadaan lapangan. Perlu dilakukan penelitian lanjutan mengenai efisiensi distribusi air serta mendapatkan metode pengukuran kadar air tanah di polybag yang lebih tepat agar memperkecil resiko rusaknya perakaran tanaman. Dalam perancangan irigasi dan pelubangan letak *emitter*, sebaiknya teknologi yang digunakan lebih canggih agar lebih seragam.

DAFTAR PUSTAKA

- Buckman dan N.C. Brady, 1982. Ilmu Tanah. Bhatara Karya Aksara, Jakarta.
- Linsley, R.K. dan B.F. Joseph, 1996. Teknik Sumber Daya Air. Terjemahan Buku Ajar Djoko Sasongko. Erlangga, Jakarta.
- Prajnanta, F., 1999. Agribisnis Semangka. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Sapei, A., 2003. Komponen Irigasi Sprinkle dan Drip. Pusat Pengkajian dan Penerapan Ilmu Teknik untuk Pertanian (CREATA), Lembaga Penelitian - Institut Pertanian Bogor.
- Sarief, E.S., 1986. Ilmu Tanah Pertanian. Pustaka Buana, Bandung.