

PENGARUH DEBIT PEMBERIAN AIR SECARA TETES TERHADAP POLA PEMBASAHAN TANAH PASIRAN¹

Ngadisih², Muhjidin Mawardi³, dan Sunarto Goenadi⁴

ABSTRAK

Tujuan penelitian ini adalah mendeskripsikan laju dan pola pembasahan tanah pasiran pada berbagai variasi debit tetesan. Pola pembasahan diamati secara eksperimental di dalam laboratorium dengan menggunakan bak berukuran panjang 100 cm lebar 100 cm serta tebal 20 cm yang dilengkapi dengan sensor pembaca kadar lengas tanah (blok gipsum) pada setiap jarak 5 cm. Untuk melihat secara langsung pola pembasahan tanah maka pada salah satu sisi bak dibuat transparan dengan menggunakan kaca berlapis mika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan debit tetesan menyebabkan laju pembasahan ke arah vertikal semakin cepat yang terlihat dari kemiringan garfik gradien potensial tiap satuan waktu. Secara berurutan debit tetesan 9 ml/menit, 5 ml/menit, dan 3 ml/menit memiliki kemiringan grafik 0.0071, 0.0028 dan 0.0003. Laju pembasahan ke arah lateral untuk debit tetesan 5 ml/menit paling tinggi dengan diameter pembasahan paling lebar. Pola pembasahan pada berbagai debit tetesan berbentuk seperti elips dengan jarak pembasahan ke arah vertikal lebih panjang daripada jarak pembasahan ke arah lateral.

Kata kunci : *debit tetesan, laju pembasahan, pola pembasahan*

¹ Disampaikan dalam Gelar Teknologi dan Seminar Nasional Teknik Pertanian 2008 di Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian UGM, Yogyakarta 18-19 November 2008

² Dosen Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian UGM, Jl. Sosio Yustisia Bulaksumur Yogyakarta, aslh@plasa.com

³ Guru Besar Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian UGM, Jl. Sosio Yustisia Bulaksumur Yogyakarta

⁴ Dosen Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian UGM, Jl. Sosio Yustisia Bulaksumur Yogyakarta

A. PENDAHULUAN

Lahan pasiran di Kawasan Pantai merupakan salah satu lahan marginal yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi usaha pertanian. Lahan ini dicirikan oleh tanah yang bertekstur kasar dengan kandungan fraksi pasirnya $> 70\%$, struktur lepas-lepas, porous, kapasitas pertukaran kation sangat rendah, serta miskin kehidupan biota tanah. Karakteristik tanah pasiran tersebut diperburuk oleh temperatur permukaan yang tinggi dan hembusan angin yang kencang yang berakibat evaporasi dan evapotranspirasi sangat tinggi. Namun demikian, lahan ini mempunyai peluang untuk dikembangkan menjadi lahan pertanian karena potensi lahannya cukup luas dan juga tersedia energi matahari yang berlimpah. Selain itu, beberapa kawasan seperti Pantai Selatan Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta mempunyai ketersediaan air tanah sebagai sumber air irigasi yang cukup besar dan relatif dangkal dengan kedalaman 2-3 meter (www.google.com).

Karakter tanah pasiran yang porous menyebabkan tanah ini cenderung selalu kekurangan air apabila digunakan untuk tanah pertanian. Untuk itu diperlukan sistem pemberian air irigasi yang terus-menerus yang mampu mensuplai kebutuhan air tanaman. Pemberian air irigasi yang terus menerus (frekuensi tinggi) akan membutuhkan tenaga, waktu dan biaya yang sangat tinggi sehingga dikembangkan sistem irigasi yang efisien yakni irigasi tetes (*drip irrigation*).

Lubana dan Narda (1998) menyatakan bahwa salah satu hal terpenting dalam perencanaan dan manajemen sistem irigasi tetes adalah pengetahuan tentang pola pembasahan tanah. Pola pembasahan tanah merupakan salah satu kriteria untuk menentukan jarak optimum antar penetes. Arachci (1998), daerah efektif perakaran, pola pembasahan optimum, volume irigasi, frekuensi pemberian air irigasi dan jumlah penetes yang diperlukan untuk setiap tanaman dan antar tanaman di daerah perakaran efektif sebagai hal yang penting dalam desain awal penentuan jarak antar penetes dan jarak tanaman. Vermeiren (1980), pola pembasahan tanah akan dipengaruhi oleh tekstur tanah, permeabilitas vertikal dan horisontal, hisapan kapilaritas, lapisan impermeabel, volume air irigasi yang diberikan, serta kandungan lengas awal dalam tanah. Butler (1987) menambahkan bahwa pola pembasahan juga dipengaruhi oleh interval tetesan. Pada tanah bertekstur kasar, semakin cepat air yang diberikan maka daerah yang basah akan semakin dalam dan sempit. Demikian pula sebaliknya jika interval tetesan air lambat maka sebaran airnya melebar kesamping tetapi dangkal.

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan laju dan pola pembasahan tanah pasiran pada berbagai variasi debit tetesan. Fokus kajian adalah gerakan dan jarak pembasahan tanah, yang diamati secara eksperimental di dalam laboratorium. Hasil penelitian ini merupakan pengetahuan dasar yang sangat penting yang bisa dipakai sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan dan perancangan irigasi tetes pada tanah pasiran untuk efisiensi irigasi.

B. BAHAN DAN METODE

Bahan yang dipergunakan adalah tanah pasiran terolah yang berasal dari lahan pantai Bugel Kabupaten Kulonprogo. Sedangkan alat yang dipergunakan antara lain bak berukuran panjang 100 cm tinggi 100 cm tebal 20 cm, plastik mika, kaca dengan ketebalan 4 mm, ember, pipa PVC ϕ $\frac{3}{4}$ inci, kran air, emiter, pompa aquarium, mistar, block gipsum, multitester, stopwatch, gelas ukur, spidol, kertas kalkir, cangkul, sekop, ring sampel, cawan, timbangan dan oven. Adapun skema alat percobaan dapat dilihat pada Gambar 1.

Sifat fisik kimia tanah bahan percobaan diperlukan sebagai data pendukung penelitian. Untuk keperluan tersebut maka dibuat profil tanah di lahan pasir pantai Bugel dengan kedalaman sekitar 100 cm dan mengambil sampel tanahnya secara terusik (*disturb soil samples*) dan tak terusik (*undisturb soil samples*) pada masing-masing lapisan. Sampel tanah tak terusik digunakan sebagai sampel untuk analisa berat jenis dan permeabilitas tanah. Sedangkan sampel tanah terusik diambil sebagian sebagai sampel untuk analisis tekstur, kapasitas lapangan, titik layu, berat volume, porositas serta kandungan bahan organik dan sebagian lainnya diayak digunakan sebagai bahan untuk percobaan.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan model fisik akan tetapi tujuan dari penelitian ini bukan uji model. Laju dan pola pembasahan tanah dibandingkan antar perlakuan dengan metode grafis.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Karakteristik Sampel Tanah

Secara umum kondisi fisik tanah pasiran pantai Bugel seperti tercantum dalam Tabel 4.1. Dari tabel tersebut menunjukkan bahwa sampel tanah memiliki kandungan fraksi pasir > 90%, fraksi debu dan lempung < 5% sehingga merupakan kelas tekstur tanah pasiran (*sand soil*). Kandungan bahan organiknya < 1% sehingga agregat tanahnya kurang atau bahkan tidak beragregat yang terlihat dari struktur tanah yang granular. Rendahnya agregasi pada tanah pasiran ini menyebabkan tanah bersifat mudah meloloskan air yang terlihat dari nilai permeabilitas antara 49.84 – 60.43 cm/jam yang termasuk kelas sangat cepat.

Tabel 4.1. Kondisi fisik tanah pasiran pantai Bugel

Kedalaman (cm)	BV g/cm ³	Kapasitas lapangan (%Vol)	Titik layu (%Vol)	Permeabilitas (cm/jam)	Bahan organik (%)	Prosentase fraksi		
						Pasir	Debu	Lempung
0 - 15	1.67	12.29	3.35	49.84	0.82	93.05	2.33	4.62
15 - 30	1.75	4.84	3.12	60.43	0.75	93.45	2.00	4.55
> 30	1.91	4.01	2.56	54.51	0.48	93.47	1.76	4.77

Kapasitas lapangan dan titik layu permanen sampel tanah pada berbagai kedalaman sangat rendah. Akibatnya lengas yang tersedia dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman juga relatif sedikit.

Nilai kapasitas lapangan tanah pada kedalaman 0 – 15 cm menunjukkan nilai tertinggi karena pada kedalaman tersebut kandungan bahan organiknya paling banyak (0.82%). Pada umumnya petani menambahkan bahan organik yang berupa pupuk kandang di bagian permukaan tanah untuk menambah kesuburan tanah dan meningkatkan kemampuan tanah memegang air. Bahan organik akan memacu agregasi partikel-partikel tanah yang selanjutnya membentuk struktur tanah sehingga terjadi peningkatan jumlah pori mikro (pori kapiler) yang memiliki kemampuan mengikat air.

Agregasi ini ditandai oleh kenaikan kapasitas penyimpanan air tanah pasiran akibat kandungan bahan organik yang tinggi.

Berat volume (BV) pada kedalaman 0 - 15 cm bernilai paling rendah (1.67 g/cm^3) dibandingkan dengan kedalaman lainnya karena kandungan bahan organik pada kedalaman ini paling tinggi (0.82%). Kedalaman tanah 15 – 30 cm mempunyai BV 1.75 g/cm^3 lebih kecil daripada BV kedalaman > 30 yakni 1.91 g/cm^3 . Bahan organik yang diberikan, bersama-sama dengan partikel tanah membentuk agregat tanah sehingga volume total tanah meningkat dan akan menurunkan nilai BV.

2. Laju Pembasahan Tanah Pasiran Pada Berbagai Debit Tetesan

Setelah air masuk kedalam tanah melalui proses infiltrasi maka air akan membasahi tanah. Di dalam tanah, air akan mengalir ke bawah maupun ke samping. Pola sebaran air dalam tanah merupakan suatu proses yang sangat kompleks, karena adanya variasi arah gerakan air dan variasi gaya-gaya yang menyebabkan air bergerak. Gaya yang menyebabkan air bergerak ke bawah adalah gaya gravitasi. Gaya adhesi dan kohesi akan menyebabkan air bergerak dalam pori-pori ke arah atas dan samping. Kombinasi dari gaya-gaya tersebut akan menentukan kecepatan dan pola sebaran air yang terjadi dalam tanah.

Dari hasil percobaan dengan berbagai variasi debit tetesan diperoleh data jarak pembasahan ke arah vertikal dan lateral sebagai berikut :

Tabel 4.2. Pertambahan jarak pembasahan pada berbagai debit tetesan

Waktu (menit ke-)	Jarak vertikal (cm) untuk Q			Jarak lateral (cm) untuk Q		
	9	5	3	9	5	3
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	12.25	6.17	4.27	2.68	3.50	1.76
20	19.40	9.00	4.73	2.98	4.03	2.23
30	24.50	10.00	5.33	3.15	4.13	2.49
40	26.50	14.33	7.10	3.25	4.47	2.75
55	28.90	20.47	7.87	3.43	4.57	2.91
60	46.45	20.53	8.07	3.65	6.13	3.05
80	48.00	21.43	8.23	3.68	6.53	3.20
110	49.20	22.27	13.93	5.05	8.03	3.84
125	49.30	22.20	15.47	5.28	8.27	3.99

Dari Tabel 4.2 terlihat dengan jelas bahwa gerakan air ke arah vertikal lebih dominan daripada gerakan ke arah lateral yang ditandai dengan jarak pembasahan ke arah vertikal lebih dalam daripada jarak pembasahan ke arah lateral. Hal ini sesuai dengan teori bahwa pada tanah bertekstur kasar seperti pasir akan membentuk pola pembasahan tanah yang cenderung ke arah vertikal. Pada kondisi tersebut, gaya gravitasi lebih besar daripada gaya adhesi dan kohesi atau dengan kata lain potensial matrik tanah pasir lebih kecil daripada potensial gravitasinya. Adapun hasil analisa potensial matrik dan gravitasi dapat dilihat pada Tabel 4.3, 4.4 dan Tabel 4.5.

Tabel 4.3. Potensial gravitasi, matrik dan gradien potensial tanah pasir pada debit tetesan 9 ml/menit

Waktu (menit ke)	Jarak vertikal (cm)	Kadar lengas (%berat)	Ψ_g (cm)	pF	Ψ_m	Ψ/dx
0	0.00	6.77	0.00	1.29	-19.51	1.33
10	12.25	6.24	-12.25	1.37	-23.56	1.41
20	19.40	5.93	-19.40	1.42	-26.51	1.48
30	24.50	5.70	-24.50	1.46	-28.94	1.52
40	26.50	5.62	-26.50	1.48	-29.98	1.55
55	28.90	5.51	-28.90	1.50	-31.31	1.73
65	46.45	4.75	-46.45	1.64	-44.12	1.95
80	48.00	4.68	-48.00	1.66	-45.60	1.99
110	49.20	4.63	-49.20	1.67	-46.79	2.01
125	49.30	4.63	-49.30	1.67	-46.89	

Tabel 4.4. Potensial gravitasi, matrik dan gradien potensial tanah pasir pada debit tetesan 5 ml/menit

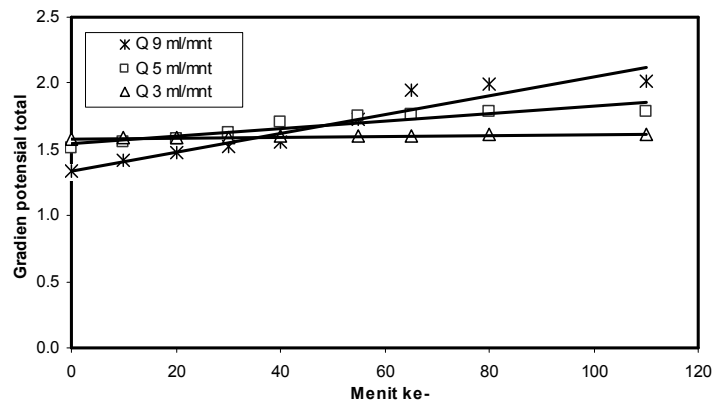
Waktu (menit ke)	Jarak vertikal (cm)	Kadar lengas (%berat)	Ψ_g (cm)	pF	Ψ_m	Ψ/dx
0	0.00	5.48	0.00	1.50	-31.79	1.51
10	6.17	5.26	-6.17	1.54	-34.91	1.56
20	9.00	5.16	-9.00	1.56	-36.50	1.58
30	10.00	5.12	-10.00	1.57	-37.08	1.62
40	14.33	4.97	-14.33	1.60	-39.77	1.70
55	20.47	4.75	-20.47	1.64	-44.08	1.76
65	20.53	4.75	-20.53	1.64	-44.13	1.77
80	21.43	4.72	-21.43	1.65	-44.82	1.78
110	22.27	4.69	-22.27	1.66	-45.47	1.79
125	22.20	4.69	-22.20	1.66	-45.42	

Tabel 4.5. Potensial gravitasi, matrik dan gradien potensial lengas tanah pasiran pada debit tetesan 5 ml/menit

Waktu (menit ke)	Jarak vertikal (cm)	Kadar lengas (%berat)	Ψ_g (cm)	pF	Ψ_m	Ψ/dx
0	0.00	5.13	0.00	1.57	-36.87	1.57
10	1.76	5.07	-1.76	1.58	-37.88	1.59
20	2.23	5.06	-2.23	1.58	-38.15	1.59
30	2.49	5.05	-2.49	1.58	-38.31	1.60
40	2.75	5.04	-2.75	1.59	-38.46	1.60
55	2.91	5.04	-2.91	1.59	-38.56	1.60
65	3.05	5.03	-3.05	1.59	-38.64	1.60
80	3.20	5.03	-3.20	1.59	-38.73	1.61
110	3.84	5.00	-3.84	1.59	-39.12	1.61
125	3.99	5.00	-3.99	1.59	-39.21	

Tabel 4.3 – 4.5 di atas mendeskripsikan gerakan lengas dalam tanah yang ditandai oleh adanya gradien potensial antar kedalaman pembasahan (Ψ/dx). Sebagai contoh, debit tetesan 9 ml/menit, pada waktu T 0 menit kedalaman pembasahannya 0 cm, $\Psi_g = 0$ cm, $\Psi_m = -19.51$ cm maka $\Psi = 0 + (-19.51) = -19.51$ cm. Pada T 10 menit, kedalaman pembasahannya 12.25 cm maka $\Psi_g = -12.25$ cm, $\Psi_m = -23.56$ cm maka $\Psi = -12.25 + (-23.56) = -35.81$ cm. Gradien hidraulik pada $x = 12.25 - 0 = 12.25$ cm, $d\Psi/dx = -19.51$ cm – (-35.81) cm / 12.25 cm senilai 1.33. Artinya terjadi gerakan lengas dari titik (kedalaman pembasahan) 0 cm (T 0 menit) ke kedalaman pembasahan 12.25 cm (T 10) yang berupa gerakan lengas ke arah vertikal bawah. Hal yang sama terjadi pada berbagai kedalaman pembasahan untuk semua perlakuan debit tetesan.

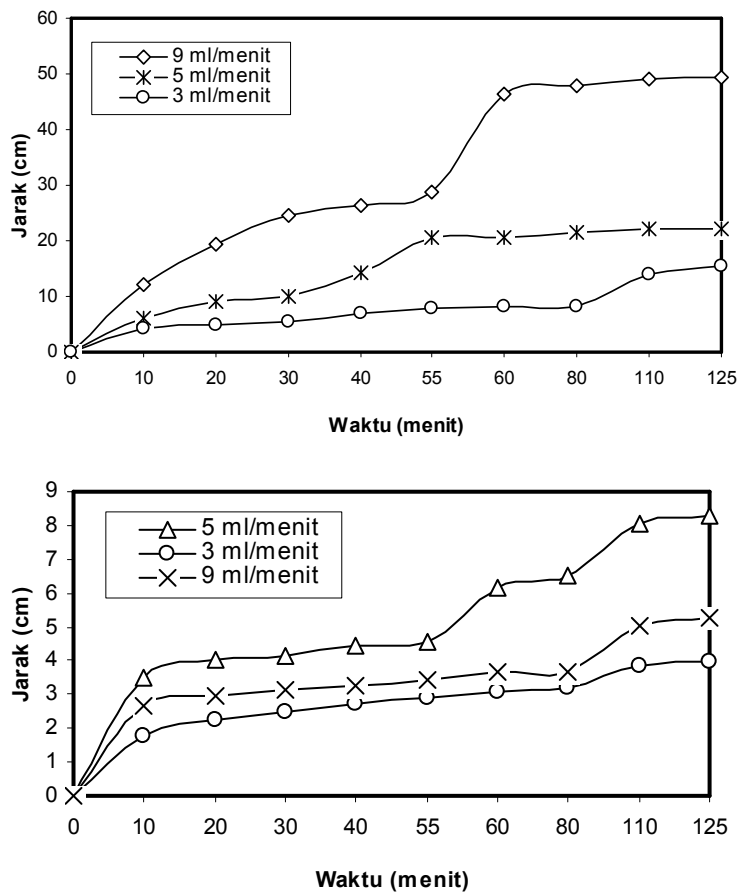
Gradien potensial tanah pada berbagai debit tetesan dapat diilustrasikan dengan Gambar 3. Dari gambar tersebut menunjukkan bahwa debit tetesan 9 ml/menit memiliki kemiringan atau slope paling tajam yakni sebesar 0.0071. Kemiringan grafik gradien potensial untuk debit tetesan 5 ml/menit adalah 0.0028 dan 0.0003 untuk debit tetesan 3 ml/menit. Kemiringan ini dapat menjelaskan fenomena kecepatan pembasahan ke arah vertikal yang cenderung meningkat seiring dengan penambahan debit tetesan. Kecepatan pembasahan vertikal untuk debit tetesan 9 ml/menit adalah paling tinggi dan kecepatan paling rendah terjadi pada debit tetesan 3 ml/menit.



Gambar 3. Grafik gradient potensial pada berbagai debit tetesan

3. Pola Pembasahan Tanah Pasiran Pada Berbagai Debit Tetesan

Jarak pembasahan pada berbagai debit tetesan seperti yang tercantum dalam Tabel 4.2 diilustrasikan dengan Gambar 4.



Gambar 4. Jarak pembasahan pada berbagai debit tetesan : (a) arah vertikal dan (b) arah lateral

Dari **Gambar 4** menunjukkan bahwa jarak pembasahan ke arah vertikal semakin dalam seiring dengan makin besar debit tetesan, namun tidak untuk jarak pembasahan ke arah lateral. Jarak pembasahan ke arah lateral atau yang biasa disebut sebagai diameter pembasahan pada perlakuan debit tetesan 5 ml/menit paling lebar dan pada debit tetesan 9 ml/menit paling sempit. Berdasarkan teori, tanah pasiran yang diberi air irigasi secara tetes dengan debit 3 ml/menit mempunyai diameter pembasahan paling lebar. Hal ini terjadi karena adanya lapisan debu pada profil tanah pasiran yang diletakkan dalam bak pengamatan yang memudahkan air mengalir ke arah samping. Pada saat percobaan dengan debit tetesan 5 ml/menit, peletakkan tanah dalam bak pengamatan kurang merata dalam hal ini lapisan debu mengumpul di bagian-bagian tertentu dan membentuk alur yang memudahkan air mengalir ke arah lateral.

D. KESIMPULAN

1. Gerakan air ke arah vertikal lebih dominan daripada gerakan ke arah lateral
2. Laju pembasahan vertikal semakin cepat seiring dengan peningkatan debit tetesan karena pertambahan debit tetesan menyebabkan kemiringan grafik gradien hidraulik terhadap waktu semakin tajam, perlakuan debit 9 ml/menit memiliki kemiringan grafik 0.0071, debit tetesan 5 ml/menit 0.0028 dan 0.0003 untuk debit tetesan 3 ml/menit.
3. Jarak pembasahan ke arah vertikal makin dalam seiring dengan makin besar debit tetesan, namun tidak untuk jarak pembasahan ke arah lateral.

DAFTAR PUSTAKA

- Arachci , 1998, *Preliminary Requirements To Design A Suitable Drip Irrigation System For Coconut (Cocos Nucifera L.) In Gravelly Soils*, Agricultural Water Management, Elsevier Science.
- Arsyad S, 1989. *Teknik Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press. Bogor
- Butler Nancy J., 1996. *Drip or Trickle Irrigation*. URL: <http://www.mseu.edu/mseu/imp/mod03900058.html>
- Baver L.D., 1956. *Soil Physics 3rd Edition*. John Willey & Sons Inc. New York
- Brady N.C, 1974. *The Nature and Properties of Soil (8th Edition)*. MacMillan Publishing Co-Inc. New York
- Bukman Harry O dan Brady Nyle C., 1982. *The Nature and Properties of Soil*. Terjemahan. Bharata Karya Aksara. Jakarta.
- Doorenbos J., dan W.O Pruitt, 1977. *Guideline for Predicting Crop Water Requirement, Irrigation, and Drainage*, FAO. Roma
- Darmawijaya, Isa M., 1990. *Klasifikasi Tanah : Dasar Teori Bagi Peneliti Tanah dan Pelaksana Pertanian di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Foth, Henry D., 1998. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Gustafon, A.F., 1941. *Soil and Management*, Mc Graw Hill Company Inc. New York.
- Gustafon, A.F., 1962, *Soil Management*, Mc Graw Hill Book Company Inc, New York.
- Hachum, 1976, *Water and Soil From Trickle Source*, Journal of Irrigation and Drainage Divisium, ASAE.
- Hansen, Vaughn E dan Israelsen, Orson W., 1992. *Dasar-dasar dan Praktek Irigasi*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Howel John dan Annie Carter, 2002. *Trickle Irrigation*. URL : <http://www.umassgreeinfo.org>.
- Halevy, I., Booz M. Shany M and Dan., 1975. *Trickle Irrigation*. Irrigation and Drainage Paper No. 20, Food and Agriculture Organization of United Nations.
- Islami Titik dkk., 1995. *Hubungan Air, Tanah dan Tanaman*. IKIP Semarang Press. Semarang
- Kartosapoetra Mulyani Sutedjo, 1991. *Dasar-dasar Agronomi*. Rajawali Press. Jakarta.
- Kohnke H, 1968. *Soil Physics*. Mc Graw Hill Book Company Inc. New York.
- Lubana dan Narda, 1998, *Soil Water Dynamics Model for Trickle Irrigated Tomatoes*, Agricultural Water Management, Elsevier Science.
- Mawardi Muhjidin, 2005. *Tanah, Air dan Tanaman (Asas Konservasi Air dan Irigasi)*. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Prajanto Andrianto Eko, 1995. *Kajian Tentang Sistem Operasi Irigasi Tetes Untuk Tanaman Sayuran (Lombok) Pada Tanah Pasiran*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

- Sartoni, A., 2001, *Penggunaan Jalur Lempung Untuk Penyediaan Air Pada Tanah Pasiran*. Skripsi Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Shcwab, 1993. *Soil and Water Conservation Engineering*. John Willey & Sons. New York
- Singh V. P., 1988, *Hydrolic System , vol II. Watersheed Modelling*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- Sugito Y., Yulia N., Ellis Nihayati. 1995, *Sistem Pertanian Organik*, Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya, Malang.
- Vermeiren, L., 1980. *Localized Irrigation Design, Installation, Operation, Evaluation*. Irrigation and Drainage Paper No.36, Food and Agriculture Organization of The United Nation. Rome
- Wang Dan, Yaohu Kang, Shuqin Wan, 2006. *Effect of Soil Matric Potential on Tomato Yield and Water Use Under Drip Irrigation Condition*. Journal : Agricultural Water Management. www.elsevier.com
- William, C.N., Uzo, J.O., Peregrine, W.T.H., 1993. *Produksi Sayuran Daerah Tropika*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.