

jTEP

JURNAL KETEKNIKAN PERTANIAN

ISSN 0216-3365

Vol. 22, No. 1, April 2008



Publikasi Resmi
Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
(Indonesian Society of Agricultural Engineering)
bekerjasama dengan
Departemen Teknik Pertanian - FATETA
Institut Pertanian Bogor



Jurnal Keteknik Pertanian merupakan publikasi resmi Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (**PERTETA**) yang didirikan 10 Agustus 1968 di Bogor, berkiprah dalam pengembangan ilmu keteknikan untuk pertanian tropika dan lingkungan hayati. Jurnal ini diterbitkan tiga kali setahun, namun untuk meningkatkan kualitas jurnal maka mulai edisi April 2008 diterbitkan dua kali setahun. Penulis makalah tidak dibatasi pada anggota **PERTETA** tetapi terbuka bagi masyarakat umum. Lingkup makalah, antara lain: teknik sumberdaya lahan dan air, alat dan mesin budidaya, lingkungan dan bangunan, energi alternatif dan elektrifikasi, ergonomika dan elektronika, teknik pengolahan pangan dan hasil pertanian, manajemen dan sistem informasi. Makalah dikelompokkan dalam **invited paper** yang menyajikan isu aktual nasional dan internasional, **review** perkembangan penelitian, atau penerapan ilmu dan teknologi, **technical paper** hasil penelitian, penerapan, atau diseminasi, serta **research methodology** berkaitan pengembangan modul, metode, prosedur, program aplikasi, dan lain sebagainya. Pengiriman makalah harus mengikuti panduan penulisan yang tertera pada halaman akhir atau menghubungi redaksi via telpon, faksimili atau e-mail. Makalah dapat dikirimkan langsung atau via pos dengan menyertakan hard- dan soft-softcopy, atau e-mail. Penulis tidak dikenai biaya penerbitan, akan tetapi untuk memperoleh satu eksemplar dan 10 re-prints dikenai biaya sebesar Rp 50.000. Harga langganan Rp 70.000 per volume (2 nomor), harga satuan Rp 40.000 per nomor. Pemesanan dapat dilakukan melalui e-mail, pos atau langsung ke sekretariat. Formulir pemesanan terdapat pada halaman akhir.

Penanggungjawab:

Ketua Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia
Ketua Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

Dewan Redaksi:

Ketua : Asep Sapei
Anggota : Kudang B. Seminar
Daniel Saputra
Bambang Purwantana
Y. Aris Purwanto

Redaksi Pelaksana:

Ketua : Rokhani Hasbullah
Sekretaris : Satyanto K. Saptomo
Bendahara : Emmy Darmawati
Anggota : Usman Ahmad
I Wayan Astika
M. Faiz Syuaib
Ahmad Mulyawatullah

Penerbit:

Perhimpunan Teknik Pertanian Indonesia (PERTETA) bekerjasama dengan
Departemen Teknik Pertanian, IPB Bogor

Alamat:

Jurnal Keteknik Pertanian, Departemen Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian,
Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680. Telp. 0251-8624691, Fax 0251-8623026,
E-mail: jtep@ipb.ac.id atau jurnaltep@yahoo.com. Website: ipb.ac.id/~jtep.

Rekening:

BRI, KCP-IPB, No.0595-01-003461-50-9 a/n: Jurnal Keteknik Pertanian

Percetakan:

PT. Binakerta Adiputra, Jakarta

Ucapan Terima Kasih

Redaksi Jurnal Keteknikan Pertanian mengucapkan terima kasih kepada para Mitra Bestari yang telah menelaah (mereview) naskah pada penerbitan Vol. 22 No. 1 April 2008. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dr. Ir. Bambang Dwi Argo, DEA (Departemen Teknik Pertanian, Universitas Brawijaya Malang), Dr. Ir. Rokhani Hasbullah, M.Si (Departemen Teknik Pertanian IPB), Dr. Ir. Usman Ahmad, M. Agr (Departemen Teknik Pertanian IPB), Dr. Ir. Leopold Oscar Nelwan, M.Si (Departemen Teknik Pertanian IPB), Dr. Ir. Sutrisno, M. Agr (Departemen Teknik Pertanian IPB), Prof. Dr. H. M. Ade Moetangad Kramadibrata, Dipl. Ing., M. Res. Eng. Sc., PhD. (Fakultas Teknologi Industri Pertanian Unpad), Dr. Ir. M. Yanuar J. Purwanto, MS (Departemen Teknik Pertanian IPB).

Technical Paper

Kinerja Hidrolika Sistem Fertigasi Mikro

Hydraulic Performances of Micro Fertigation System

Naswir¹, Soedodo Hardjoamidjojo², Nora H. Pandjaitan³, dan Hidayat Pawitan³

Abstract

A micro fertigation system was designed using local components, simple and easy to build, operate and repair by farmers. Evaluation of hydraulic performances consists of long-path size in emitters, relationship between discharge and head in emitter, head loss along the lateral, and emission uniformity. The result of the research indicated that the micro fertigation system with 0,5 mm inside diameter micro-tubing used to control the flow from outlets along laterals. The individual microtube was 0,6 m long and spaced at 0,3 m interval along laterals. The discharge was adjusted by stop valves and ranges from 0,48 – 2,74 ltrs/h at operating heads of 0,2-1,5 m. The emission exponent, x was 0,86, and the head-discharge equation was $Q_e = 1,94 H^{0,86}$. The coefficient of manufacturing variation, CV was 0,043 from 125 samples of emitters, and an interpretation of values was excellent. Accordingly allowable length of lateral (at operation head, $H = 1$ m) 15 meters of length PVC hose $\frac{1}{4}$ inch size was acceptable and 25 meters of length PVC hose $\frac{5}{16}$ inch size was acceptable. The design of micro fertigation system have emission uniformity, $EU > 85\%$ for all treatments.

Keywords : micro fertigation system, hydraulic performance, emission exponent, head loss, emission uniformity

Diterima: 6 Agustus 2007; Disetujui: 12 Nopember 2007

Pendahuluan

Sistem irigasi tetes telah dikenal secara luas sebagai cara pemberian air ke tanaman yang paling efisien (Keller dan Bliessner, 1990). Walaupun demikian di Indonesia sistem irigasi tetes ini tidak banyak dipakai oleh para petani, karena investasinya sangat mahal. Menurut Polak *et al.* (1997) dibutuhkan biaya investasi sebesar US \$ 1.500 – 2.500 per ha dan sangat tidak cocok untuk ukuran lahan yang sempit. Selain itu sistem irigasi tetes membutuhkan pengetahuan dan keterampilan khusus untuk merancang, merakit dan memeliharanya.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menjadikan rancangan sistem irigasi tetes menjadi lebih murah. Chapin (1989) memperkenalkan sistem irigasi tetes untuk lahan sempit yang dapat digunakan tanpa pompa, karena pada sistem ini digunakan drum yang diletakkan 1 m di atas permukaan tanah. Peneliti lainnya yaitu Keller *et al.* (2002) menggunakan pipa lateral hitam dilubangi dengan paku dan palu untuk pengganti penetes sedangkan tangki air ditempatkan 2-3 m di atas permukaan tanah. Ternyata hasilnya keseragaman emisi kurang memuaskan. Penelitian yang dilakukan IDE (2003) menggunakan *microtube* diameter dalam 1,2 mm sebagai penetes, dengan

panjang 60 cm, dan jarak antar penetes 75 cm serta tangki air diletakkan 1-2 m di atas permukaan tanah. Menurut Keller dan Robert (2004) petani kapas di India menggunakan tabung plastik transparan tipis yang disebut "pepcee" sebagai pipa lateral dan sebagai penetes pepcee dilubangi dengan jarum. Permasalahan yang ditemui adalah pepcee hanya bertahan selama 3 bulan, dan terjadi pertumbuhan lumut di sepanjang pipa lateral karena transparan.

Oleh karena itu dibutuhkan rancangan sistem fertigasi mikro yang harganya terjangkau bagi petani dengan lahan < 0,5 ha. Sistem fertigasi mikro ini dirancang menggunakan komponen lokal, sederhana dan tidak membutuhkan keterampilan khusus untuk merakitnya, tetapi dapat memberikan keseragaman volume air yang relatif sama ke masing-masing tanaman selama periode irigasi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengevaluasi kinerja hidrolika dari sistem fertigasi mikro dengan menggunakan komponen lokal yang relatif lebih murah.

Rancangan sistem fertigasi mikro ini diharapkan dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas tanaman dan lahan, serta menghemat penggunaan air.

¹ Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Kampus Politani Tanjung Pati, Kabupaten Lima Puluh Kota 26271. naswir_0808@yahoo.co.id.

^{2,3} Departemen Teknik Pertanian-FATETA, Institut Pertanian Bogor, Kampus Darmaga, Bogor 16680.

⁴ Departemen Geofisika dan Meteorologi-FMIPA, Institut Pertanian Bogor, Kampus Darmaga, Bogor 16680.

Tabel 1. Klasifikasi Koefisien Variasi Penetes, CV

Kelas	CV
Sangat baik	< 0,05
Rataan	0,05-0,07
Marjinal	0,07-0,11
Kurang baik	0,11-0,15
Tidak dapat diterima	> 0,15

Sumber : Keller dan Bliesner (1990).

Tabel 2. Klasifikasi Variasi Debit Penetes dan Variasi head pada Rancangan Pipa

Kelas	Variasi Tekanan (%)	Variasi Debit Penetes(%)
Diharapkan	< 20	<10
Dapat diterima	20 - 40	10 - 20
Tidak direkomendasikan	>40	>20

Sumber : Nakayama dan Bucks (1986).

Bahan dan Metode

Bahan dan Alat

Komponen utama dari rancangan sistem fertigasi mikro ini adalah pipa plastik transparan berdiameter dalam 0,5 mm sebagai penetes dan pipa PVC hose berdiameter ¼ inci dan 5/16 inci sebagai pipa lateral. Komponen-komponen ini dapat diperoleh dengan mudah di pasar lokal dan biasa digunakan sebagai aksesoris dalam industri pembuatan tas. Tangki air kapasitas 60 liter, *connector fitting (male and female)* 0,5 inci, kran dari plastik 0,5 inci, pipa plastik sebagai pipa pemasok ukuran 5/8 inci, pipa *polyethylene* (PE) 8x6 LC sebagai penghubung, solder, mikrometer, meteran, gelas ukur dan *stopwacth*.

Metode

Tujuan utama dari rancangan hidrolika adalah untuk mendapatkan debit penetes yang seragam pada seluruh sistem fertigasi mikro. Hal ini merupakan indikator utama dalam mengevaluasi kinerja potensial dari sistem fertigasi mikro. Metode yang digunakan dalam mengevaluasi kinerja hidrolika dari sistem fertigasi mikro ini adalah:

Hidrolika Penetes

Menurut Keller dan Bliesner (1990), karakteristik penetes akan menunjukkan debit aliran yang dapat melewati penetes tersebut. Biasanya debit penetes dapat ditentukan melalui persamaan empiris yang merupakan fungsi dari *head* operasi, sebagai berikut:

$$Q_a = k H^x \tag{1}$$

dimana Q_a , debit penetes (ltr/jam); k , konstanta; H , *head* (m); x , eksponen debit penetes yang ditentukan oleh karakteristik aliran yang disebut juga dengan eksponen emisi. Metode yang umum untuk menentukan nilai k dan x adalah dengan regresi

linier, dengan rumus sebagai berikut:

$$\log Q_a = \log k + x \log H \tag{2}$$

Koefisien Variasi Penetes, CV

Koefisien variasi penetes adalah parameter statistik yang merupakan perbandingan nilai standar deviasi debit penetes dan rata-rata debit penetes dari sejumlah sampel penetes yang diuji pada jenis dan tekanan operasi yang sama (Nakayama dan Bucks, 1986). Koefisien variasi penetes dihitung dengan persamaan:

$$CV = s/Q_{avg} \tag{3}$$

dimana CV, koefisien variasi penetes, s , standar deviasi debit penetes (ltr/jam), dan Q_{avg} , rata-rata debit (ltr/jam) dari sejumlah sampel penetes dengan tipe yang sama. Nilai koefisien variasi penetes ini kemudian diklasifikasikan dengan standar nilai yang dikeluarkan oleh American Society of Agricultural Engineers, ASAE. EP 405.1 yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Kehilangan Head (Head Loss) Pipa

Elemen dasar untuk merancang pipa dalam sistem fertigasi mikro adalah menghitung kehilangan *head* di sepanjang pipa. IDE (2003) mengemukakan bahwa untuk menghitung kehilangan *head* akibat gesekan pada pipa lateral dan sekunder dapat menggunakan persamaan aliran dari Hazen Williams dengan rumus:

$$(5,35 Q_t^{1,852} L)/D^{4,871} \tag{4}$$

dimana H_i , kehilangan *head* akibat gesekan (m); Q_t , debit total lateral (ltr/dtk); L , panjang pipa (m); D , diameter dalam pipa (cm).

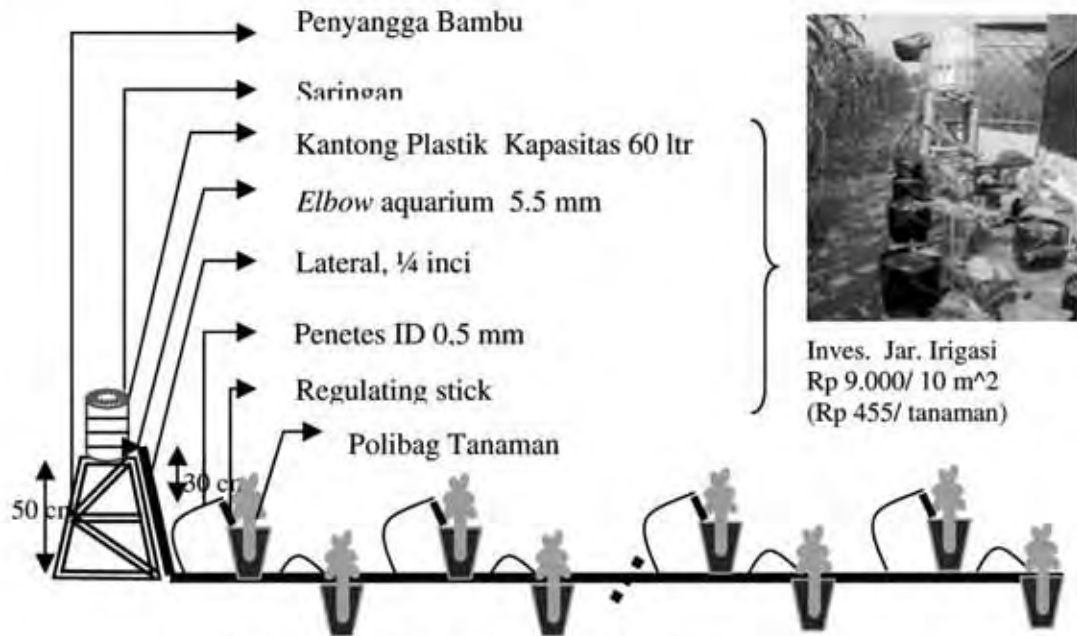
Kriteria untuk mendapatkan berapa panjang pipa lateral yang dapat digunakan disepanjang pipa

sekunder, sehingga kehilangan head akibat gesekan dapat diizinkan/ditoleransi. Menurut Karmeli et al. (1985), Keller dan Bliesner (1990), batasan yang biasa digunakan adalah variasi debit penetesnya 10-20% dapat diterima atau setara dengan 20% variasi head operasi yang tersedia. Nakayama dan Bucks (1986) lebih merinci kriteria variasi debit penetes dan variasi head seperti Tabel 2 berikut:

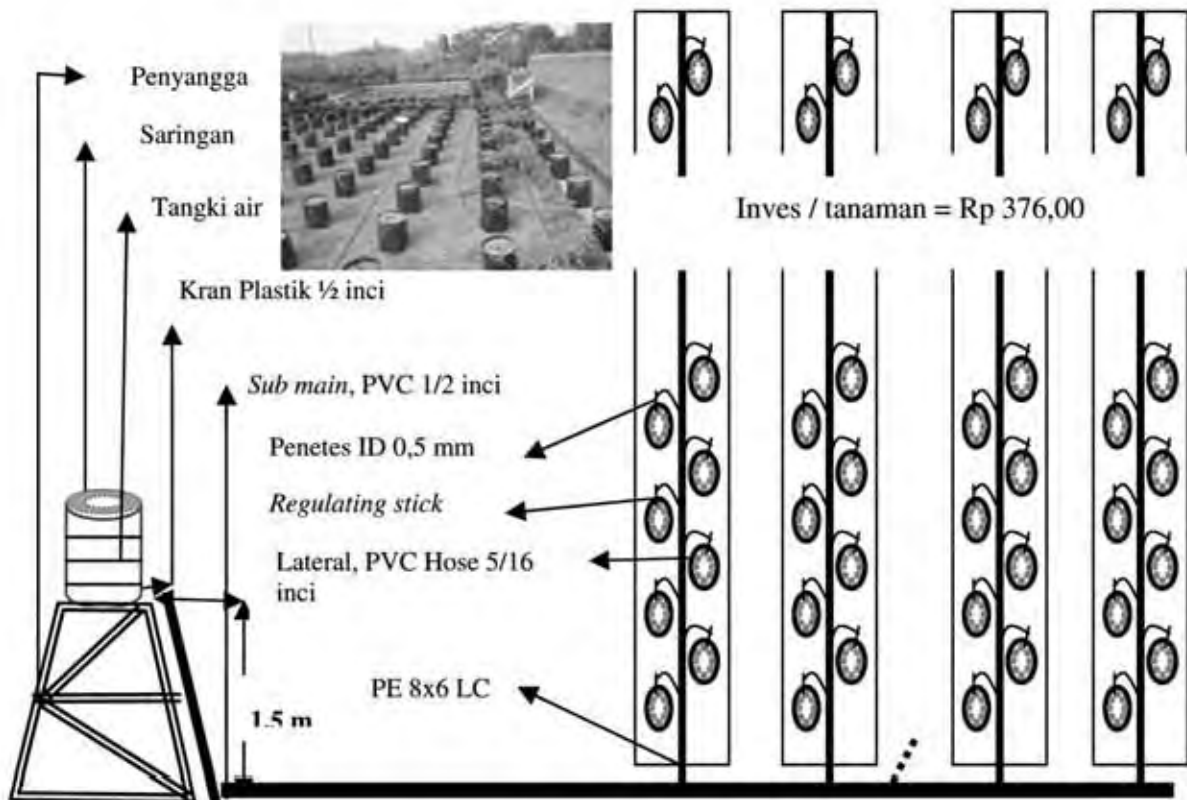
Keseragaman Emisi, EU

Keller dan Bliesner (1990) menerangkan bahwa keseragaman emisi dikembangkan oleh Karmeli dan Keller (1975) dengan rumus berikut:

$$EU = 100 (1,0 - 1,27 \sqrt{s}) Q_n / Q_a \tag{5}$$



Sistem Fertigasi Mikro Satu Lajur



Sistem Fertigasi Mikro Multi Lajur

Gambar 1. Skema Rancangan Sistem Fertigasi Mikro Satu Lajur dan Multi Lajur Lateral

Tabel 3. Selang Keseragaman Emisi, EU

Tipe penetes	Penetes/tanaman	Topografi	EU (%)
Lokal (<i>point-source</i>)	< 3	Datar ^{*)}	85 - 90
	< 3	Bergelombang ^{**)}	80 - 90
	≥ 3	Datar	90 - 95
	≥ 3	Bergelombang	85 - 90
Berderet (<i>line-source</i>)	semua	Datar	80 - 90
	semua	Bergelombang	70 - 85

Sumber : Keller dan Bliesner (1980).

*) datar dengan kemiringan < 2%

**) Bergelombang dengan kemiringan > 2%.

dimana EU, keseragaman emisi (%); v_s , koefisien variasi penetes; Q_o , debit observasi minimum (ltr/jam); Q_a , rata-rata debit penetes (ltr/jam).

Untuk mengantisipasi kondisi lapangan yang tidak rata dan kinerja optimal dari sistem yang dirancang maka dilakukan pengujian dengan perlakuan sebagai berikut; Ketinggian penyangga tangki air atau *head* operasi pada sistem dilakukan dengan tiga tahap yaitu, 1 m, 1,5 m, dan 2 m. Panjang pipa lateral lima variasi yaitu 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, dan 25 m. Kemiringan (*slope*) pipa lateral terdiri dari lima variasi, yaitu pipa lateral naik dengan kemiringan 2%, 1%, 0% (datar), pipa lateral turun dengan kemiringan 1%, dan 2%. Sistem irigasi dioperasikan selama 3-5 menit untuk setiap kali perlakuan, sehingga didapat 75 perlakuan.

Data yang diperoleh kemudian dihitung dan diklasifikasikan sesuai standar nilai dari American Society of Agricultural Engineers, ASAE. EP 405.1 (Tabel 3).

Hasil dan Pembahasan

Spesifikasi Rancangan Sistem Fertigasi Mikro

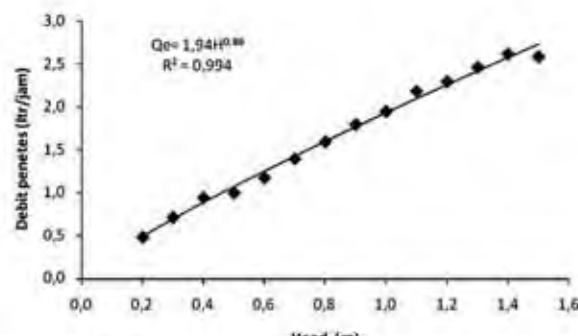
Hasil rancangan sistem fertigasi mikro disajikan pada Gambar 1. Sistem fertigasi yang dirancang terdiri dari tiga sub sistem yaitu sub sistem sumber air, sub sistem jaringan pipa dan sub sistem penetes. Dari tangki air dipasang pipa lateral yang terbuat dari pipa PVC *hoas* warna hitam ¼ inci. Air diteteskan melalui penetes yang berupa pipa plastik transparan berdiameter dalam 0,5 mm, dengan panjang 60 cm. Penetes ini ditancapkan dengan jarak 30 cm di sepanjang pipa lateral. Masing-masing penetes dilengkapi dengan tongkat pengatur (*regulating stick*) agar ujung penetes tidak menempel dengan tanah. Rincian spesifikasi rancangan dapat dilihat pada Tabel 3. Sistem fertigasi mikro satu lajur untuk 10 m² membutuhkan biaya Rp 15.000,00 termasuk tangki air yang terbuat dari kantong plastik. Sementara untuk sistem fertigasi multi lajur lateral dengan luasan irigasi 56 m² dibutuhkan biaya Rp 37.600,00.

Hidrolika Penetes

Secara ideal sistem fertigasi mikro akan memberikan volume air yang sama untuk semua penetes sehingga masing-masing tanaman akan menerima jumlah air yang sama pula selama periode irigasi. Secara praktis hal ini tidak mungkin dicapai karena debit penetes akan dipengaruhi oleh variasi tekanan dan karakteristik penetes. Variasi debit penetes yang disebabkan oleh variasi tekanan dalam sistem fertigasi dapat dikendalikan oleh rancangan hidrolika yang disebut dengan variasi hidrolika.

Secara umum laju aliran yang melalui penetes dipengaruhi oleh tekanan hidrolika dan dimensi penetes. Dari hasil pengamatan dan perhitungan terhadap debit penetes didapat bahwa debitnya berkisar antara 0,48-2,74 ltr/jam pada *head* operasi 0,2-1,5 m. Eksponen emisi penetes didapat nilai $x = 0,86$ dengan persamaan hubungan antara debit dan *head* operasi adalah $Q_o = 1,94 H^{0,86}$. Menurut Karmeli et al. (1985) jenis penetes *microtube* komersial mempunyai nilai eksponen emisi antara 0,5-1,0. Sedangkan Keller dan Bliesner (1980) menjelaskan bahwa penetes jenis *long-path* mempunyai nilai eksponen emisi antara 0,7 – 0,9. Tipikal hubungan *head* dan debit untuk penetes yang dirancang terlihat seperti pada Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2 dapat dinyatakan bahwa debit penetes sangat dipengaruhi oleh *head* operasi.



Gambar 2. Tipikal Hubungan *Head* dan Debit untuk Penetes yang Dirancang

Tabel 4. Spesifikasi Rancangan Sistem Fertisasi Mikro

Indikator	Satuan	Satu lajur	Multi lajur
Luas	m ²	10,00	56,00
Tekanan operasi	m	0,50	0,75
Penetes	buah	33,00	100,00
Jarak penetes	cm	30,00	30,00
Tongkat pengatur	buah	33,00	100,00
Panjang lateral	m	11,00	7,00
Lateral	buah	1,00	4,00
Jarak lateral	m	-	2,00
Jenis sekunder	-	-	PVC hose 5/16 "
Panjang sekunder	m	-	8,00
Kapasitas tangki	ltr	60,00	120,00
Rataan Qe	ltr/jam	0,84	0,88
EU	%	92,92	85,15
Harga	Rp	15.000,00	37.600,00
Investasi/tanaman	Rp	454,54	376,00

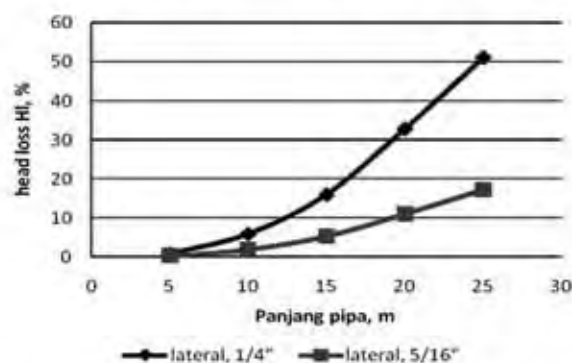
Koefisien Variasi Penetes, CV

Dari hasil pengamatan terhadap 125 buah penetes yang diuji pada head operasi (H) = 0,5 m, dengan debit rata-rata 1,058 ltr/jam didapat koefisien variasi penetes CV sebesar 0,043. Nilai ini setelah diklasifikasikan dengan nilai kriteria dari ASAE . EP. 405.1 termasuk dalam kelas sangat baik (lihat Tabel 1).

Kehilangan Tekanan (Head Loss) Pipa

Hasil perhitungan persentase kehilangan head terhadap head operasi (H = 1 m dan jarak antara penetes 0,3 m) pada berbagai panjang pipa lateral (jenis PVC hose ¼ inci dan 5/16 inci) dapat dilihat pada Gambar 3.

Dari Gambar 3 terlihat bahwa untuk pipa lateral diameter ¼ inci sampai dengan panjang 15 meter masih dapat digunakan karena masih dalam toleransi kehilangan head di bawah 20%. Sedangkan pipa lateral 5/16 inci sampai dengan panjang 25 meter masih dalam toleransi yang disyaratkan (lihat



Gambar 3. Persentase Kehilangan Head Terhadap Head Operasi pada Pipa Lateral ¼ inci dan 5/16 inci

Table 2). Hal ini berarti bahwa peningkatan diameter pipa akan dapat memperpanjang pipa lateral yang digunakan.

Keseragaman Emisi, EU

Hasil pengamatan terhadap pengaruh panjang pipa lateral, head operasi, dan kemiringan terhadap keseragaman emisi (EU) dan rataan debit penetes (Q_e) untuk sistem satu lajur dengan menggunakan pipa lateral jenis PVC hose 5/16 inci dapat dilihat pada Tabel 4.

Dari Tabel 4 terlihat bahwa nilai EU tertinggi (93,68%) didapat pada kemiringan -2%, dengan panjang lateral 5 m pada head operasi, $H=1$ m dan head penetes aktual, $H_a = 0,94$ m, sedangkan yang terkecil (85,15%) diperoleh pada kemiringan +1%, panjang lateral 25 m, dengan head operasi, $H=1,5$ m dan head penetes aktual, $H_a = 0,70$ m. Semua nilai EU (> 85%) bila dibandingkan dengan Tabel 3 termasuk dalam kelas yang disyaratkan (85-90%).

Kesimpulan dan Saran

Rancangan sistem fertisasi mikro yang dikembangkan baik untuk satu lajur maupun untuk multi lajur yang menggunakan komponen lokal berupa penetes yang terbuat dari pipa plastik transparan berdiameter dalam 0,5 mm, sepanjang 80 cm dan pipa PVC hose ¼ inci serta pipa PVC hose 5/16 inci sebagai pipa lateral telah dapat bekerja dengan baik.

Kinerja hidrolika penetes sangat baik berdasarkan pengamatan terhadap debit penetes berkisar antara 0,48-2,74 ltr/jam pada head operasi 0,2-1,5 m, dengan nilai eksponen emisi, $x=0,86$. Persamaan hubungan

Tabel 5. Pengaruh Panjang Pipa Lateral, Head Operasi, dan Kemiringan, Terhadap EU, Q_e dan H_e pada Sistem Satu Lajur

H = m	Panjang Lateral, (m)														
	5			10			15			20			25		
Kemrgan (%)	EU (%)	Q _e (l/j)	H _e (m)	EU (%)	Q _e (l/j)	H _e (m)	EU (%)	Q _e (l/j)	H _e (m)	EU (%)	Q _e (l/j)	H _e (m)	EU (%)	Q _e (l/j)	H _e (m)
H= 1 m															
-2	93,68	1,83	0,94	89,92	1,73	0,88	87,99	1,70	0,86	86,39	1,62	0,81	89,16	1,45	0,71
-1	91,95	1,83	0,93	90,44	1,72	0,87	88,57	1,69	0,85	88,38	1,57	0,78	91,37	1,42	0,70
0	93,19	1,83	0,93	92,92	1,73	0,88	91,45	1,71	0,87	90,10	1,59	0,79	85,33	1,45	0,71
1	88,62	1,77	0,90	91,21	1,70	0,86	87,09	1,65	0,83	85,86	1,59	0,79	87,52	1,43	0,70
2	88,20	1,70	0,86	89,80	1,62	0,81	88,10	1,50	0,74	85,55	1,43	0,70	86,84	1,29	0,62
H= 1,5 m															
-2	91,60	2,68	1,46	90,19	2,74	1,49	89,70	2,72	1,48	86,32	2,27	1,20	86,50	2,00	1,04
-1	91,85	2,67	1,45	90,45	2,71	1,48	87,78	2,60	1,41	85,82	2,28	1,21	89,18	2,03	1,06
0	92,48	2,68	1,46	92,00	2,73	1,49	87,13	2,60	1,41	86,66	2,29	1,22	88,77	2,04	1,06
1	85,31	2,01	1,04	86,18	1,98	1,03	85,50	1,89	0,97	85,22	1,71	0,87	85,15	1,43	0,70
2	92,03	2,03	1,06	91,82	1,92	0,99	91,66	1,84	0,94	88,28	1,65	0,83	85,43	1,34	0,65
H= 2 m															
-2	92,55	3,53	2,01	92,14	3,43	1,94	88,48	3,36	1,89	89,81	3,33	1,88	89,79	2,84	1,56
-1	91,12	3,51	1,99	92,67	3,45	1,96	89,37	3,30	1,86	87,68	3,02	1,68	88,24	2,76	1,51
0	92,99	3,52	2,00	92,67	3,45	1,96	90,28	3,31	1,86	87,65	3,02	1,68	90,46	2,81	1,54
1	92,51	3,52	2,00	92,29	3,44	1,95	90,86	3,29	1,85	89,30	2,96	1,64	86,52	2,78	1,52
2	92,27	3,52	2,01	91,63	3,45	1,95	85,30	3,15	1,76	88,67	2,86	1,57	86,15	2,68	1,46

Keterangan :

Pada panjang pipa lateral 5 m, pada head operasi (H=1 m) dan kemiringan lahan turun (-2%) didapat nilai keseragaman emisi (EU) sebesar 93, 68% dengan rataan debit penetes (Q_e) =1,83 ltr/jam serta head penetes aktual (H_e) 0,94 m.

antara head operasi dan debit penetes adalah Q_e = 1,94 H^{0,86}. Nilai koefisien variasi penetes, CV adalah 0,043 dan termasuk kelas sangat baik.

Pada kondisi head operasi 1 m dan jarak antara penetes 0,3 m, rancangan panjang pipa lateral PVC hose ¼ inci sampai 15 m dan pipa PVC hose 5/16 inci sampai 25 m dapat diterima sesuai kriteria yang disyaratkan. Dengan meningkatkan diameter pipa akan dapat memperpanjang pipa lateral yang digunakan.

Kinerja sistem fertisasi mikro hasil rancangan yang dievaluasi dari nilai keseragaman emisi (EU) yaitu > 85% dan termasuk dalam kriteria yang disyaratkan.

Untuk mengevaluasi efektivitas hasil rancangan fertisasi mikro disarankan untuk mengaplikasikan sistem yang dirancang pada berbagai jenis tanaman yang memiliki nilai ekonomi tinggi.

Daftar Pustaka

Chapin RD. 1989. *Small-Scale Drip System*. <http://www.Chapindrip.Com /Chapin. 0456-005.html> [12 Des 2004].
 [IDE] International Development Enterprises. 2003. *Technical Manual For Affordable Micro-Irrigation Technology (AMIT)*. Lakewood, Colorado: IDE-International. 31 hlm. [H 28505]. <http://www:IDE-International.Org. /Library/H 28505. html> [9 Sept 2005].

Keller J, Adhikari DL, Petersen MR, Suryawanshi S. 2002. *Engineering Low-Cost Micro-Irrigation For Small Plots*. Lakewood, Colorado: IDE-International. 25 hlm. [H23423]. <http://www:IDE-International.Org. /Library/ H23423. html> [16 Sept 2005].
 Keller J, Bliesner RD. 1990. *Sprinkle And Trickle Irrigation*. New York: An Avi Book. 652 hlm.
 Keller J, Robert M. 2004. Household-Level Irrigation For Efficient Water Use And Poverty Alleviation. Di Dalam: *Proceedings Of A Cardi International Conference On Research On Water In Agricultural Production In Asia For The 21 St Century*, 25-28 November 2003. Phnom Penh, Cambodia: hlm 61-71.
 Karmeli D, Peri G Todes M. 1985. *Irrigation Systems Design And Operation*. Cape Town: Oxford University Press. 187 hlm.
 Nakayama FS, Bucks DA, 1986. *Developments In Agricultural Engineering No 9. Trickle irrigation for Crop Production. Design, Operation and Management*. Amsterdam: Elsevier. hlm 27- 92.
 Polak, P., B. Nanes, D. Adhikari. 1997. A Low Cost Drip Irrigation System For Small Farmers In Developing Countries. Di Dalam *Water Resources Bulletin*, 33(1). hlm 119 –124.