

PENENTUAN EFISIENSI PENYEBARAN AIR PADA SISTEM IRIGASI MIKRO SPRINKLER MELALUI UJI PERFORMANSI

Oleh
DODY IKADAWANTO
F25.0503



1993
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR

Hak Cipta dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber dan mempedulikan sumber.
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, pengembangan laporan, penelitian, karya seni atau kegiatan sastra tradisional.
3. Bertanggung jawab atas kesalahan pengutipan yang keliru IPB University.
4. Dilarang menggunakan atau menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Dody Ikadawanto. F25.0503. Penentuan efisiensi penyebaran air pada sistem irigasi mikro sprinkler melalui uji performansi. Di bawah bimbingan **Achmadi Partowijoto.**

RINGKASAN

Irigasi sprinkler merupakan metoda pemberian air yang banyak diterapkan untuk mengairi tanam-tanaman, dimana penggunaannya tidak saja terbatas pada tanaman sayur-sayuran, kebun pembibitan dan kebun buah-buahan, melainkan juga dikembangkan dan diterapkan pemakaiannya pada perkebunan besar seperti pada tanaman kopi, teh dan tebu. Hal ini disebabkan karena sistem irigasi sprinkler mampu memberikan air secara ekonomis dengan penyebaran air yang seragam serta memberikan keuntungan yang besar (Israelsen dan Hansen, 1979).

Keseragaman penyebaran air merupakan hal yang penting dimana keseragaman penyebaran air dari sistem irigasi sprinkler akan menentukan sistem rancangan yang optimum, akan tetapi keseragaman penyebaran air pada berbagai nozel masih belum digunakan sebagai acuan dalam perancangan disebabkan tidak tersedianya data (Benami dan Ofen, 1984).

Penelitian dilakukan dengan tujuan untuk menyediakan data keseragaman penyebaran air serta menentukan kombinasi rancangan terbaik dari beberapa macam nozel berdasarkan pengaruh dari kecepatan angin, tekanan operasi dan jarak

lateral, dimana model rancangan yang digunakan adalah empat persegi panjang atau bujur sangkar dengan penerapan pola tumpang tindih (overlapping).

Hasil penelitian sistem irigasi mikro sprinkler dengan menggunakan 2 macam jenis nozel yaitu nozel $\phi = 2.0$ mm dan nozel $\phi = 2.5$ mm menunjukkan nilai efisiensi keseragaman yang bervariasi, untuk nozel $\phi = 2.0$ mm berkisar antara 45.50 % hingga 84.91 % dengan rancangan terbaiknya menggunakan jarak lateral 4, 5 dan 6 meter pada tingkat kecepatan angin 0 - 2 m/det dan tekanan operasi pada 150 kPa, serta pada jarak lateral 6 m, kecepatan angin 2 - 4 m/det dan tekanan operasi 150 kPa. Untuk nozel $\phi = 2.5$ mm nilai efisiensinya berkisar antara 43.57 % hingga 83.19 %, dengan rancangan terbaiknya menggunakan jarak lateral 4 dan 5 m pada kecepatan angin 0 - 2 m/det dan tekanan operasi 150 kPa.

Analisis data menunjukkan bahwa perlakuan taraf kecepatan angin, tekanan operasi dan jarak lateral memberikan pengaruh nyata terhadap nilai efisiensi penyebaran air, hal ini berlaku bagi kedua jenis nozel tersebut, kecuali pada tingkat kecepatan angin 4 - 6 m/det yang menghasilkan pengaruh tidak nyata dimana perubahan perlakuan tekanan operasi dan jarak lateral dapat dikatakan tidak mampu memperbaiki nilai efisiensi penyebaran air karena pada tingkat kecepatan angin tersebut sudah terlalu kencang.

**PENENTUAN EFISIENSI PENYEBARAN AIR
PADA SISTEM IRIGASI MIKRO SPRINKLER
MELALUI UJI PERFORMANSI**

Oleh

DODY IKADAWANTO

F25.0503

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

pada Jurusan **MEKANISASI PERTANIAN,**

Fakultas Teknologi Pertanian,

Institut Pertanian Bogor

1993

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR

INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

PENENTUAN EFISIENSI PENYEBARAN AIR
PADA SISTEM IRIGASI MIKRO SPRINKLER
MELALUI UJI PERFORMANSI

SKRIPSI

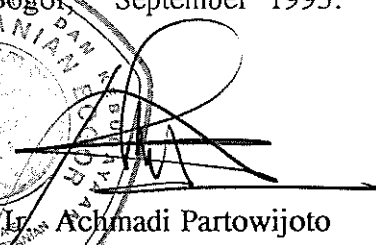
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada Jurusan **MEKANISASI PERTANIAN**,
Fakultas Teknologi Pertanian,
Institut Pertanian Bogor

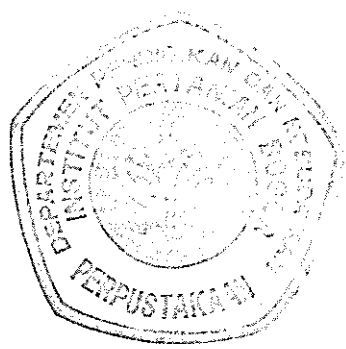
Oleh

DODY IKADAWANTO

F25.0503

Disetujui,
Bogor, September 1993.


Achmadi Partowijoto
Dosen Pembimbing



Halaman ini adalah milik Institut Pertanian Bogor dan tidak boleh dipinjamkan atau dipertukarkan dengan institusi lain. Apabila ada pelanggaran terhadap ketentuan ini, maka akan dikenakan sanksi sesuai peraturan yang berlaku. Untuk informasi lebih lanjut, silakan hubungi bagian pustaka Institut Pertanian Bogor.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah-Nya maka skripsi ini dapat terselesaikan.

Skripsi ini disusun berdasarkan penelitian yang dilaksanakan pada bulan Juli - Oktober 1992 di Laboratorium Model Infrastruktur, Leuwikopo, Institut Pertanian Bogor. Pada Kesempatan ini penulis menghaturkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Ir. Achmadi Partowijoto, selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan kepada penulis, baik sewaktu masih kuliah.
2. Ir. H. Aris Priyanto, MAE, yang telah memberikan segala fasilitas kepada penulis untuk digunakan dalam melakukan penelitian.
3. Dr. Ir. Soedodo Hardjoamidjojo, MSc dan Ir. Arief Sabdo Yuwono, selaku Dosen Penguji pada skripsi ini.
4. Orangtua, Kakak dan Adik tercinta atas doa dan semangat yang telah diberikan.
5. Teman-teman di Jurusan Mekanisasi Pertanian dan Pondok Fateta atas bantuan dan dorongan moril yang diberikan.
6. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu per satu.



Akhir kata, segala kekurangan yang ada pada skripsi ini karena terbatasnya pengetahuan penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang memerlukannya.

Bogor, September 1993

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
I. PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN PENELITIAN	3
C. HIPOTESIS	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. SISTEM IRIGASI MIKRO SPRINKLER	5
B. TIPE SPRINKLER	13
C. PERENCANAAN SISTEM IRIGASI SPRINKLER	16
D. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI SISTEM IRIGASI MIKRO SPRINKLER	23
III. METODA PENELITIAN	29
A. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN	29
B. ALAT-ALAT PENELITIAN	29
C. METODA PENELITIAN	31
D. MODEL RANCANGAN	34
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	37
A. AKUMULASI DAN LAJU INFILTRASI	37
B. LAJU PEMBERIAN AIR	38

C. TEKANAN OPERASI	39
D. DEBIT DAN DIAMETER CURAHAN	41
E. EFISIENSI PENYEBARAN AIR	42
F. FAKTOR PENGARUH TERHADAP EFISIENSI PENYEBARAN AIR	44
V. KESIMPULAN DAN SARAN	56
A. KESIMPULAN	56
B. SARAN	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	61

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
1.	Klasifikasi sistem irigasi curah berdasarkan tekanan air oleh USDA	13
2.	Laju infiltrasi dari beberapa jenis tanah	18
3.	Koefisien reduksi F dengan outlet ...	22
4.	Kombinasi jarak maksimum berdasarkan diameter curahan pada kondisi kecepatan angin	25
5.	Koefisien keseragaman pada berbagai penempatan jarak nozel dari pola geometrik B dan E	27
6.	Akumulasi infiltrasi di lokasi penelitian	37
7.	Laju pemberian air (I, mm/jam) mikro sprinkler jenis nozel $\phi = 2.0$ mm dan $\phi = 2.5$ mm	39
8.	Persamaan hubungan antara tekanan dan debit mikro sprinkler untuk jenis nozel $\phi = 2.0$ mm dan $\phi = 2.5$ mm	40
9.	Persamaan hubungan antara tekanan operasi dan efisiensi penyebaran air untuk beberapa jenis nozel pada tingkat kecepatan angin 0 - 2 m/det	45
10.	Persamaan hubungan antara tekanan operasi dan efisiensi penyebaran air untuk beberapa jenis nozel pada tingkat kecepatan angin 2 - 4 m/det	48
11.	Persamaan hubungan antara tekanan operasi dan efisiensi penyebaran air untuk beberapa jenis nozel pada tingkat kecepatan angin 4 - 6 m/det	49
12.	Persamaan hubungan antara jarak lateral dan efisiensi penyebaran air untuk beberapa jenis nozel pada tingkat kecepatan angin 0 - 2 m/det	51

13.	Persamaan hubungan antara jarak lateral dan efisiensi penyebaran air untuk beberapa jenis nozel pada tingkat kecepatan angin 2 - 4 m/det	53
14.	Persamaan hubungan antara jarak lateral dan efisiensi penyebaran air untuk beberapa jenis nozel pada tingkat kecepatan angin 4 - 6 m/det	55

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber dan mempedulikan sumber.
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, pengembangan laporan, penelitian, karya seni atau kegiatan sastra tradisional.
3. Setiap bagian tidak diperjualbelikan.
4. Dilarang menggunakan dan menyalin kembali sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
1.	Tata letak irigasi sprinkler sistem permanen	9
2.	Tata letak irigasi sprinkler sistem portabel	10
3.	Tata letak irigasi sprinkler sistem semi portabel	11
4.	Tata letak irigasi sprinkler sistem solid-set	12
5.	Potongan penampang melintang rotating impact sprinkler	15
6.	Mikro sprinkler atau spitter	15
7.	Hubungan debit nozel dan tekanan operasi dari berbagai tipe sprinkler	20
8.	Pola penyebaran air yang seragam .	25
9.	Hubungan antara jarak lateral, pola penyebaran air dan diameter curahan terhadap koefisien keseragaman	26

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
1.	Pengukuran dan pendugaan akumulasi dan laju infiltrasi	62
2.	Hubungan debit nozel dan tekanan operasi pada jenis nozel $\phi = 2.0$ mm dan $\phi = 2.5$ mm	64
3.	Data pengukuran tinggi air dalam tabung penangkap curahan dan perhitungan nilai koefisiensi keseragaman penyebaran air	66
4.	Efisiensi penyebaran air untuk jenis nozel $\phi = 2.0$ mm	67
5.	Efisiensi penyebaran air untuk jenis nozel $\phi = 2.5$ mm	68
6.	Analisis keseragaman data nilai efisiensi penyebaran air sistem irigasi mikro sprinkler untuk jenis nozel $\phi = 2.5$ mm	69
7.	Analisis keseragaman data nilai efisiensi penyebaran air sistem irigasi mikro sprinkler untuk jenis nozel $\phi = 2.0$ mm	69
8.	Analisis regresi hubungan antara tekanan operasi dengan efisiensi penyebaran air pada berbagai kecepatan angin 0 -2, 2 - 4 dan 4 - 6 meter/detik	70
9.	Analisis regresi hubungan antara jarak lateral dengan efisiensi penyebaran air pada berbagai kecepatan angin 0 -2, 2 - 4 dan 4 - 6 meter/detik	71
10.	Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam perlakuan kecepatan angin untuk jenis nozel warna abu-abu	72

Hal. Cetak: 11/2019, 11/2019, 11/2019
 1. Desain menggunakan dan memelihara data sebagai data yang dapat digunakan untuk
 2. Desain menggunakan dan memelihara data sebagai data yang dapat digunakan untuk
 3. Desain menggunakan dan memelihara data sebagai data yang dapat digunakan untuk
 4. Desain menggunakan dan memelihara data sebagai data yang dapat digunakan untuk
 5. Desain menggunakan dan memelihara data sebagai data yang dapat digunakan untuk
 6. Desain menggunakan dan memelihara data sebagai data yang dapat digunakan untuk
 7. Desain menggunakan dan memelihara data sebagai data yang dapat digunakan untuk
 8. Desain menggunakan dan memelihara data sebagai data yang dapat digunakan untuk
 9. Desain menggunakan dan memelihara data sebagai data yang dapat digunakan untuk
 10. Desain menggunakan dan memelihara data sebagai data yang dapat digunakan untuk

11.	Uji rentang Newman Keuls's terhadap perlakuan tekanan operasi untuk jenis nozel $\phi = 2.0$ mm	72
12.	Uji rentang Newman Keuls's terhadap perlakuan jarak lateral untuk jenis nozel $\phi = 2.0$ mm	72
13.	Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf interaksi perlakuan kecepatan angin dan tekanan operasi jenis nozel $\phi = 2.0$ mm	73
14.	Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam interaksi perlakuan kecepatan angin dan jarak lateral jenis nozel $\phi = 2.0$ mm ..	73
15.	Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam interaksi perlakuan tekanan operasi dan jarak lateral jenis nozel $\phi = 2.0$ mm ..	74
16.	Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam interaksi perlakuan kecepatan angin, tekanan operasi dan jarak lateral jenis nozel $\phi = 2.0$ mm	74
17.	Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam perlakuan kecepatan angin untuk jenis nozel $\phi = 2.5$ mm	76
18.	Uji rentang Newman Keuls's terhadap perlakuan tekanan operasi untuk jenis nozel $\phi = 2.5$ mm	76
19.	Uji rentang Newman Keuls's terhadap perlakuan jarak lateral untuk jenis nozel $\phi = 2.5$ mm	76
20.	Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf interaksi perlakuan kecepatan angin dan tekanan operasi jenis nozel $\phi = 2.5$ mm	77
21.	Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam interaksi perlakuan kecepatan angin dan jarak lateral jenis nozel $\phi = 2.5$ mm ..	77

22.	Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam interaksi perlakuan tekanan operasi dan jarak lateral jenis nozel $\phi = 2.5$ mm ..	78
23.	Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam interaksi perlakuan kecepatan angin, tekanan operasi dan jarak lateral jenis nozel $\phi = 2.5$ mm	78
24.	Grafik hubungan antara efisiensi penyebaran air dengan tekanan operasi pada berbagai tingkat kecepatan angin untuk jenis nozel $\phi = 2.0$ mm	80
25.	Grafik hubungan antara efisiensi penyebaran air dengan tekanan operasi pada berbagai tingkat kecepatan angin untuk jenis nozel $\phi = 2.5$ mm	81
26.	Grafik hubungan antara efisiensi penyebaran air dengan jarak lateral pada berbagai tingkat kecepatan angin untuk jenis nozel $\phi = 2.0$ mm	82
27.	Grafik hubungan antara efisiensi penyebaran air dengan jarak lateral pada berbagai tingkat kecepatan angin untuk jenis nozel $\phi = 2.5$ mm	83
28.	Denah lokasi penelitian	84
29.	Mikro sprinkler yang digunakan dalam penelitian	85
30.	Data iklim selama penelitian	86
31.	Tata letak tabung penangkapan curahan air (A, B dan C) untuk uji keseragaman	90

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mengemukakan sumber dan mempublikasi sumber.
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, pengembangan laporan, penelitian, karya tulis atau tulisan untuk keperluan lain.
 3. Pengutipan tidak diperbolehkan untuk tujuan komersial, politik, agama, dan/atau tujuan lainnya.
 4. Dilarang menyalin, mendistribusikan, dan menyalin ulang karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Sistem irigasi sprinkler mulai diperkenalkan sesudah perang dunia ke-dua, sekitar tahun 1900. Pada awal perkembangannya, irigasi sprinkler digunakan untuk penyiraman lapangan rumput kota, kemudian pada tahun 1920 mulai digunakan untuk keperluan pertanian yang penggunaannya masih terbatas pada tanaman sayur-sayuran, kebun bibit dan kebun buah-buahan.

Instalasi sistem ini, pada awalnya berupa pipa stasioner yang di atasnya diberi perforasi atau sistem di atas pohon (overtree) stasioner dengan penyiram yang berputar. Dengan ditemukannya sistem yang mudah untuk dibawa dan dipindah maka sistem ini menjadi cepat sekali populer yang mana penggunaannya tidak saja terbatas pada tanaman sayur-sayuran, kebun bibit dan kebun buah-buahan, melainkan juga berkembang kepada perkebunan-perkebunan besar seperti pada tanaman kopi, teh dan tebu.

Perkembangan yang pesat ini dapat disebabkan oleh karena sistem ini mampu memberikan air secara ekonomis dengan, penyebaran air yang seragam serta menghasilkan keuntungan yang besar (Israelsen dan Hansen, 1979).

Pemberian air secara ekonomis sangat penting bagi pertumbuhan tanaman, karena air yang dibutuhkan dan

yang tersedia dalam tanah akan terus berkurang dan menjadi sulit untuk diserap oleh tanaman. Dalam kondisi seperti ini pelaksanaan irigasi perlu dilakukan untuk menjamin pertumbuhan tanaman dengan memberikan tambahan kadar air tanah (Sosrodarsono dan Takeda, 1978). Irigasi juga ditujukan untuk menjamin tanaman selama musim kering, mempertahankan suhu tanah, pencucian kadar garam tanah dan mempermudah pengolahan tanah (Israelsen dan Hansen, 1979).

Lebih lanjut, Israelsen dan Hansen (1979) serta Benami dan Ofen (1984), menyatakan bahwa kebutuhan normal pola penyebaran air yang seragam adalah yang paling penting. Dimana keseragaman penyebaran air dari sistem irigasi sprinkler akan menentukan sistem rancangan yang optimum serta memberikan keuntungan yang besar dari hasil tanaman (Benami dan Ofen, 1984).

Dalam sistem irigasi sprinkler, keseragaman penyebaran air pada berbagai nozel masih belum digunakan sebagai acuan dalam pendisainan, hal ini disebabkan tidak tersedianya data (Benami dan Ofen, 1984).

B. TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari berbagai pengaruh faktor kecepatan angin, tekanan operasi serta jarak pipa lateral terhadap besarnya nilai koefisien keseragaman yang digunakan sebagai kriteria untuk menentukan nilai efisiensi penyebaran air di atas lahan datar tanpa tanaman, serta menentukan kombinasi rancangan terbaik sistem irigasi mikro sprinkler bagi dua jenis nozel yang berbeda ukuran diameter.

C. HIPOTESIS

Hipotesis pada penelitian ini adalah untuk setiap perlakuan kombinasi rancangan sistem irigasi mikro sprinkler akan memberikan nilai efisiensi penyebaran air yang berbeda.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Irigasi secara umum didefinisikan sebagai penggunaan air pada tanah untuk keperluan penyediaan air yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanam-tanaman. Sistem irigasi dapat digolongkan kedalam empat metoda yaitu sistem irigasi permukaan, sistem irigasi bawah permukaan, sistem irigasi drip/tetes dan sistem irigasi sprinkler/curah (Israelsen dan Hansen, 1979).

Booher (1974), mengemukakan bahwa sistem yang paling banyak digunakan di permukaan bumi ini adalah sistem irigasi permukaan, yang dilakukan menurut berbagai cara :

1. Penggenangan secara bebas atau tanpa kendali.
2. Penggenangan yang terkendali dilakukan dengan cara alur kerap (corrugation), galengan (border) atau pengolahan (basin).
3. Alur (furrow).

Sistem irigasi bawah permukaan merupakan pemberian air ketanah, dibawah permukaan dimana pemberian air ini tidak mengganggu pengolahan lahan sehingga sistem ini dapat direncanakan untuk daerah pertanian yang mempergunakan mesin-mesin pertanian (Israelsen dan Hansen, 1979).

Sistem irigasi drip atau tetes merupakan sistem dengan menggunakan pipa-pipa sebagai jalur air dan

alat pengeluaran air pada pipa yang disebut pemancar atau emitter/spitter, yang mengeluarkan air antara 1 - 8 liter per jam (Booher, 1974). Besarnya pemberian air tergantung kepada besarnya aliran, jenis tanah, kelembaban tanah dan permeabilitas tanah baik secara vertikal dan horizontal (Israelsen dan Hansen, 1979).

Sistem irigasi sprinkler adalah metoda pemberian air yang dilakukan dengan menyemprotkan air ke udara dan jatuh kepermukaan seperti air hujan (Schwab, 1981). Sistem ini dapat digunakan untuk mengairi berbagai jenis tanaman, kecuali padi yang memerlukan penggenangan, serta dapat digunakan pada berbagai jenis tanah tetapi tidak dianjurkan digunakan pada tanah yang bertekstur sangat halus, dimana laju infiltrasi tanah lebih kecil dari 4 mm per jam (Michael, 1978).

A. SISTEM IRIGASI MIKRO SPRINKLER

Sistem irigasi mikro sprinkler merupakan suatu metoda irigasi yang memakai teknik pembuatan hujan untuk memenuhi kebutuhan air tanaman, yang lazim disebut dengan "sprinkler irrigation" atau "overhead irrigation".

1. Komponen Sistem Irigasi Mikro Sprinkler

Secara umum komponen sistem irigasi mikro sprinkler sama dengan komponen pada sistem irigasi sprinkler yang terdiri atas beberapa komponen utama (Schwab, 1981) yaitu :

- pompa, berfungsi untuk mengangkat air yang berasal dari sumber untuk dialirkan ke sistem irigasi melalui pipa-pipa utama dengan tekanan yang cukup tinggi.
- pipa utama, berfungsi membawa air yang berasal dari pompa untuk dialirkan ke pipa lateral dan merupakan tempat pemasangan pipa lateral.
- pipa lateral, berfungsi membawa air yang berasal dari pipa utama untuk dialirkan menuju ke mikro sprinkler serta merupakan tempat dudukannya.
- mikro sprinkler, merupakan suatu keluaran dari sistem irigasi mikro sprinkler yang berfungsi untuk mengairi atau menyebarkan tetes-tetes air pada suatu luasan lahan tertentu.

Pada sistem irigasi sprinkler dapat dipasang suatu unit tambahan yang dapat digunakan untuk pemupukan dan pencegahan hama penyakit, serta dapat dibuat sistem kontrol oto-matis yang dapat mengatur kelembaban tanah agar tetap pada selang yang optimum (Pair et al., 1969).

Beberapa kelebihan yang menunjang sistem irigasi sprinkler terhadap irigasi gravitasi atau irigasi konvensional (Israelsen dan Hansen, 1979) adalah sebagai berikut :

1. Tanah terlalu sarang untuk diairi dengan sistem irigasi permukaan yang baik.
2. Solum tanah yang dangkal mencegah perataan atau leveling yang seharusnya untuk metoda irigasi permukaan.
3. Lahan yang mempunyai kemiringan curam dan tanah yang mudah terkena erosi.
4. Aliran pemberian air yang terlalu kecil untuk menyebarkan air secara efisien dengan sistem irigasi permukaan.
5. Topografi lahan yang bergelombang, menyebabkan besarnya biaya yang dibutuhkan untuk meratakannya sampai cukup memadai untuk sistem irigasi permukaan.
6. Sistem irigasi sprinkler dapat direncanakan dan dipasang secara tepat.

Partowijoto (1974), menyatakan bahwa di samping kelebihan, juga terdapat kekurangan yang dimiliki sistem irigasi sprinkler yang meliputi:

1. Memerlukan biaya permulaan dan biaya operasional yang cukup tinggi.
2. Memerlukan rancangan dan tata letak yang cu-

kup teliti untuk memperoleh tingkat efisiensi irigasi yang tinggi.

3. Lebih sesuai untuk daerah yang tidak berangin atau kecepatan angin kurang dari 4 meter per detik.

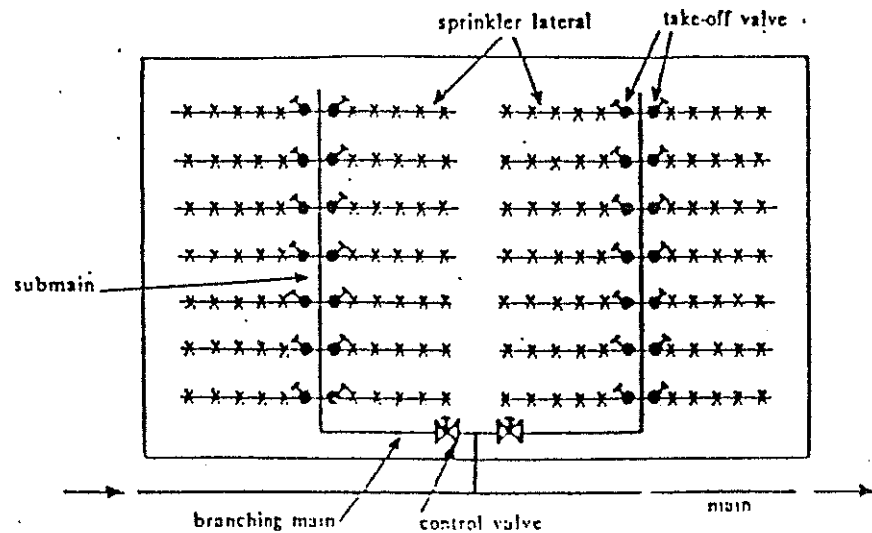
2. Tata Letak Sistem Irigasi Mikro Sprinkler

Schwab et al. (1981), mendefinisikan sistem irigasi sprinkler sebagai salah satu metoda irigasi dimana pemberian air dilakukan dengan menyemprotkan air ke udara dan jatuh ke permukaan tanah seperti hujan.

Dalam pengoperasian sistem irigasi mikro sprinkler hampir tidak berbeda dengan sistem irigasi sprinkler. Benami dan Ofen (1984), membagi atas 4 sistem yaitu : sistem permanen atau stasioner, sistem portabel, sistem semi-portabel dan sistem solid-set.

- a. Sistem permanen atau stasioner, sistem ini umumnya banyak digunakan untuk mengairi lahan sayuran yang berumur pendek dan tanaman yang berumur panjang seperti tanaman pisang, juga dipasang pada kebun-kebun serta lapangan rumput. Sistem ini terdiri dari pipa utama yang dilengkapi dengan dua sub-pipa utama sebagai

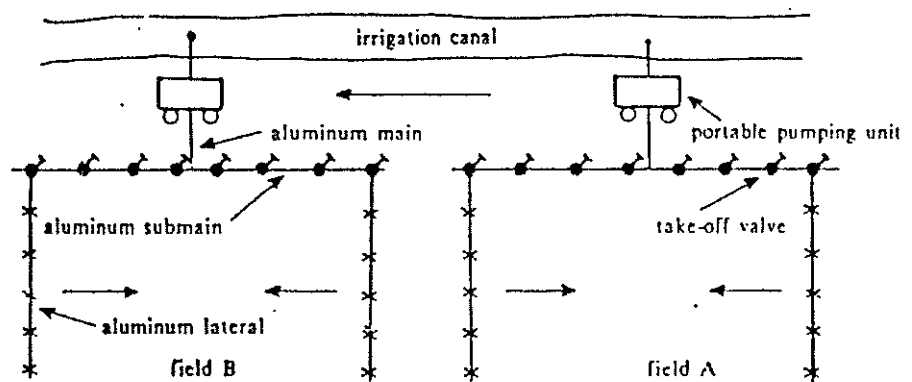
tempat dudukan pipa lateral yang terpasang dikedua sisinya (Benami dan Ofen, 1984). Sistem ini tidak dapat dipindah-pindahkan dan biasanya pipa utama dipendam dalam tanah dan diperkuat oleh sekat-sekat yang terbuat dari kayu (Pillsbury dan Degan, 1968 ; Benami dan Ofen, 1984).



Gambar 1. Tata letak irigasi sprinkler sistem permanen.

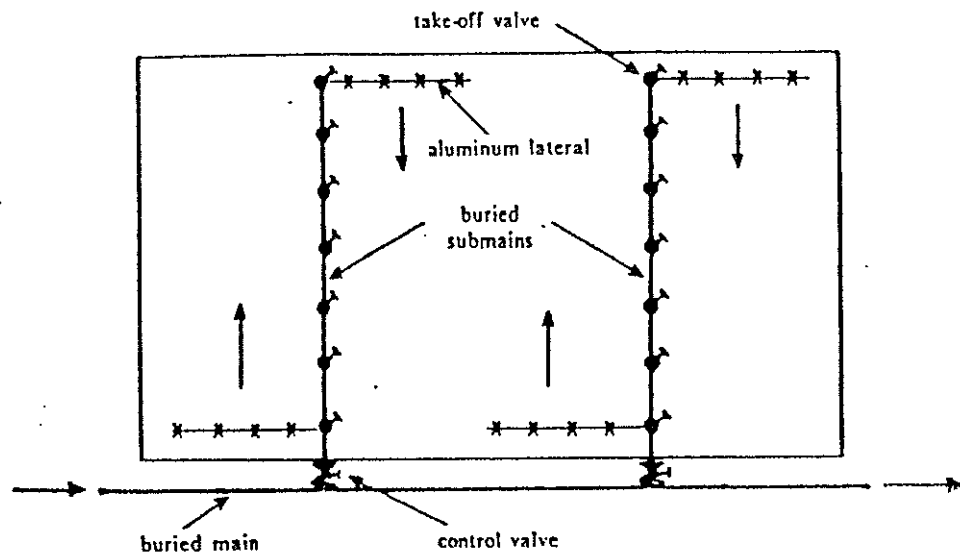
- b. Sistem portabel, merupakan sistem irigasi sprinkler dimana dalam pengoperasiannya, pipa utama, pipa lateral dan pompa dapat dipindah-pindahkan (Pillsbury dan Degan, 1968). Agar lebih memudahkan dalam proses pemindahan, komponen sistem irigasi dibuat dari aluminum atau

plastik. Dengan sistem ini pemberian tambahan air yang dibutuhkan oleh suatu lahan pertanian dengan cepat dapat dilaksanakan (Benami dan Ofen, 1984).



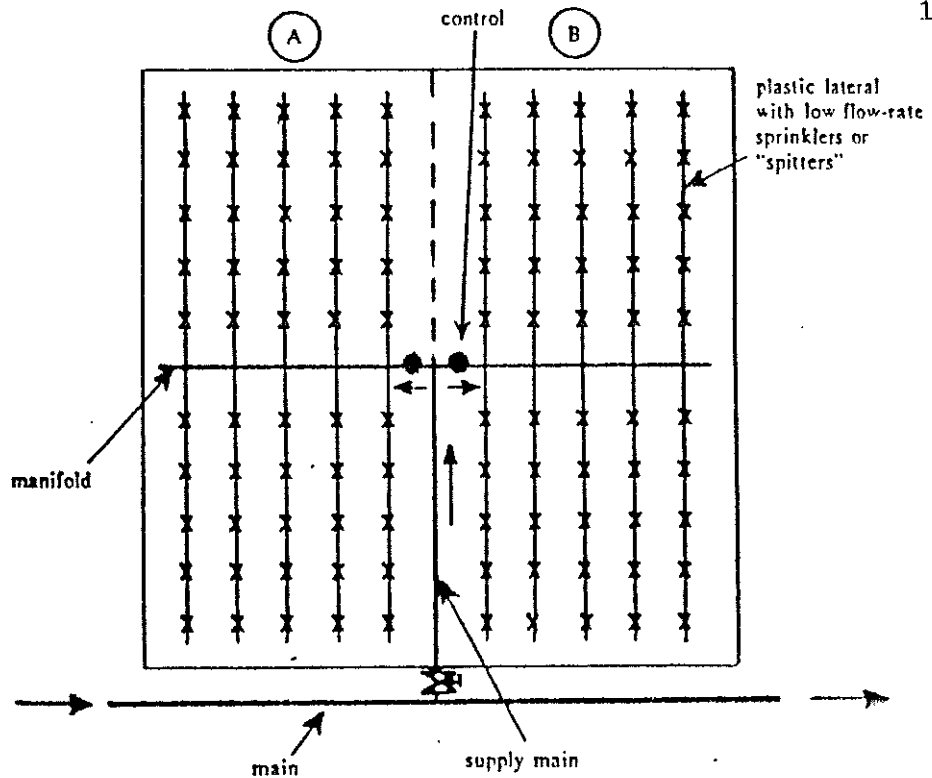
Gambar 2. Tata letak irigasi sprinkler sistem portabel.

- c. Sistem semi-portabel, mempunyai pipa utama yang ditanam dalam tanah sehingga bersifat permanen, pipa lateral merupakan komponen yang dapat dipindah-pindahkan disepanjang pipa utama. Pipa lateral terbuat dari aluminum yang dilengkapi dengan "quick coupler" yang melekat pada ujung pipa lateral serta dilengkapi dengan klep.



Gambar 3. Tata letak irigasi sprinkler sistem semi-portabel.

- d. Sistem solid-set, pada sistem ini perpindahan lateral dibatasi. Lateral diletakkan pada lahan tepat saat musim tanam dan hanya pada musim tersebut. Sistem ini banyak digunakan pada lahan yang membutuhkan waktu irigasi yang pendek dan berulang kali (Michael, 1978). Umumnya digunakan pada kebun-kebun buah serta perusahaan perkebunan dimana terdapat kekurangan tenaga kerja (Benami dan Ofen, 1984).



Gambar 4. Tata letak irigasi sprinkler sistem solid-set.

3. Penggunaan Sistem Irigasi Sprinkler

Berdasarkan pada pengetahuan tentang kapasitas sistem yang diperlukan dan kondisi operasi yang memungkinkan pemilihan tentang besarnya pemakaian air serta luasan areal yang diairi, Pair et al. (1969), menggolongkan penggunaan sistem irigasi sprinkler kedalam :

1. Sistem farm, dimana sistem irigasi sprinkler dirancang untuk suatu luas lahan dan merupakan satu-satunya fasilitas untuk pemberian air.
2. Sistem field, dimana sistem irigasi sprinkler dirancang untuk dipasang di beberapa lahan pertanian dan biasanya dipergunakan un-

tuk pemberian air pendahuluan pada petak persemaian.

3. Sistem incomplete farm, dimana sistem irigasi sprinkler dirancang untuk dapat diubah menjadi sistem field dan sebaliknya.

B. TIPE SPRINKLER

Terdapat dua prinsip utama dalam sistem irigasi sprinkler yaitu sistem irigasi sprinkler yang diberi lubang atau celah-celah pada pipa dengan pemberian tekanan yang relatif rendah, cara ini disebut sistem dengan menggunakan pipa perforasi dan dengan menggunakan nozel yang dioperasikan dengan tekanan rendah sampai tinggi (Pair et al., 1969).

Pengoperasian irigasi sprinkler dapat dilakukan pada berbagai tingkat tinggi rendahnya tekanan yang dihasilkan oleh unit pompa, seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Klasifikasi sistem irigasi curah berdasarkan tekanan air oleh USDA (Partowijoto, 1974).

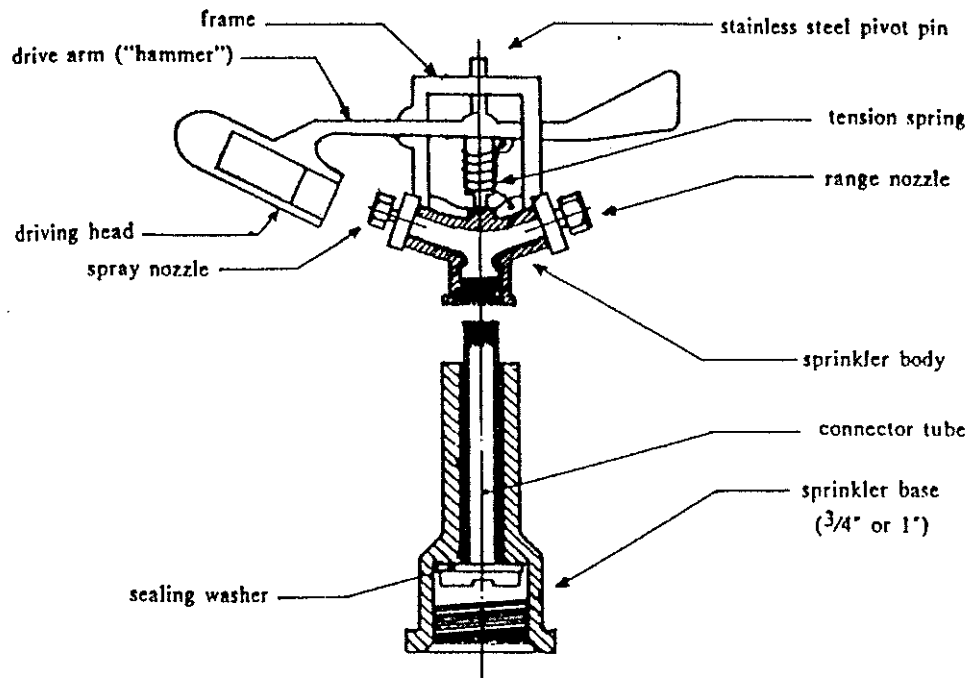
Sistem irigasi curah	Tekanan	
	kg/cm ²	Psi
Tekanan rendah	0 - 2.10	0 - 30
Tekanan menengah	2.10 - 4.20	30 - 60
Tekanan tinggi	4.20 - 7.05	60 - 100
Tekanan hidrolis	5.60 - 8.45	80 - 120
Tekanan perforasi	0.3 - 1.4	4 - 20
Tekanan low-angle	0.7 - 3.5	10 - 50

Penggunaan nozel banyak dipasang secara bersama dengan sprinkler yang dapat digunakan secara tunggal atau ganda. Kombinasi yang dapat digunakan adalah "*spray nozzle*" dan "*range nozzle*" (Benami dan Ofen, 1984).

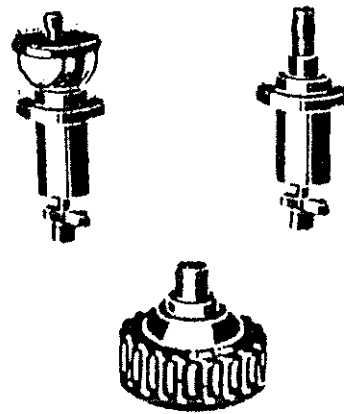
Beberapa tipe sprinkler yang dapat digunakan untuk budidaya pertanian (Benami dan Ofen, 1984) meliputi yaitu :

- "*Rotating impact sprinkler*", merupakan tipe yang digunakan pada hampir semua sprinkler. Pada Gambar 5, tipe ini dapat dipasang nozel secara tunggal atau ganda. Tipe ini memiliki kemampuan yang baik, dapat beroperasi pada berbagai tingkat tekanan dan digunakan pada semua jenis tanaman, tanah dan berbagai cara penggunaan sistem irigasi sprinkler.
- "*Gun sprinkler*", merupakan sprinkler yang mampu mengairi areal yang luas serta menghasilkan debit yang tinggi dengan tingkat pengoperasian tekanan yang tinggi pula. Diameter curahan dari tipe ini mampu mencapai 96 m.
- "*Low flow rate sprinkler*", merupakan tipe dengan tingkat tinggi tekanan sedang antara 15 - 35 m. Tipe ini banayak digunakan pada kebun buah dengan topografi yang tidak datar. Pemakaian lateral yang cukup panjang dengan diameter yang kecil dapat diterapkan.

- "Mikro sprinkler" atau "Spitter", merupakan tipe dengan tingkat tinggi tekanan operasi yang kecil antara 15 - 25 m. Tipe ini hanya membasahi areal disekitarnya sehingga mampu menghemat air sebanyak 10 - 20 % (Benami dan Ofen , 1984).



Gambar 5. Potongan penampang melintang "rotating impact sprinkler".



Gambar 6. "Mikro sprinkler" atau "spitter".

C. PERENCANAAN SISTEM IRIGASI SPRINKLER

Untuk mendapatkan suatu hasil yang baik, dalam perencanaan perlu diperhatikan faktor-faktor yang mendukung. Faktor-faktor tersebut berkaitan dengan kondisi sistem irigasi dan kondisi lingkungan. Gray, (1961), menyatakan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi rancangan sistem irigasi sprinkler yaitu tersedianya sumber air, jenis tanah dan kedalaman solum, jenis tanaman, topografi lahan, angin, pengaturan jarak pipa dan kehilangan tekanan akibat gesekan.

Benami dan Ofen (1984), membuat tahapan suatu rancangan sistem irigasi sprinkler dengan memperhatikan faktor-faktor tersebut :

1. Menentukan selang pemberian dan kebutuhan air tanaman.

Kebutuhan air tanaman selama masa pertumbuhan dapat dihitung berdasarkan percobaan atau dengan menggunakan data iklim. Perhitungan kebutuhan air dapat ditentukan baik secara bulanan atau secara periode. Lamanya selang pemberian dapat ditentukan berdasarkan persamaan :

$$\text{Selang pemberian air (hari)} = \frac{\text{Total air tersedia (mm)}}{\text{Kebutuhan air tanaman (mm/hari)}} \dots\dots\dots (1)$$

2. Menentukan tipe sprinkler.

Pada setiap lahan pertanian dapat digunakan tipe sprinkler yang tepat, bahkan beberapa tipe sprinkler mempunyai kemungkinan untuk digunakan secara bersama-sama. Dengan banyaknya tipe sprinkler yang dapat digunakan pada lahan pertanian maka pemilihan alat yang tepat sangat diperlukan.

3. Tata letak.

Tata letak sistem irigasi sprinkler dapat bervariasi yang disesuaikan dengan berbagai faktor keadaan lingkungan setempat seperti :

- lokasi sumber air,
- keadaan topografi lahan,
- bentuk dan luas lahan yang akan diairi.

4. Pemilihan sprinkler.

Sprinkler yang akan digunakan dapat dipilih berdasarkan faktor tekanan (h), debit (q), laju pemberian air (I) serta pemasangan jarak sprinkler (S_l) dan jarak pipa lateral (S_m).

Laju pemberian air harus lebih kecil dari laju infiltrasi sehingga tidak menyebabkan terjadinya limpasan. Besarnya laju infiltrasi dan akumulasi dapat diduga dengan persamaan Kostiakov yaitu :

$$F = C t^a \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{\delta F}{\delta t} = f = a C t^{a-1} \dots\dots\dots (3)$$

- dimana :
- F = akumulasi infiltrasi, mm
 - a & C = parameter yang dipengaruhi oleh faktor tanah dan kadar air tanah
 - f = laju infiltrasi, mm/jam
 - t = waktu, detik

Laju infiltrasi yang merupakan faktor pembatas agar tidak terjadi limpasan, yang dipengaruhi oleh tekstur dan struktur tanah, dapat dilihat pada Tabel berikut,

Tabel 2. Laju infiltrasi dari beberapa jenis tanah (Pillsbury, 1968).

Tekstur tanah	Laju infiltrasi (mm/jam)
Liat	2 - 5
Lempung berliat	6 - 8
Lempung berdebu	7 - 10
Lempung berpasir	8 - 12
Pasir halus	10 - 20
Pasir kasar	12 - 25

Besarnya laju pemberian air dapat dihitung berdasarkan persamaan yang dikemukakan oleh Michael (1978), adalah sebagai berikut ;

$$I = \frac{q * 360}{A} \dots\dots\dots (4)$$

dimana :

- I = laju pemberian air (cm/jam).
- q = debit nozel (l/det).
- A = luas areal yang diairi ($S_l * S_m$) (m^2).

Sehingga persamaan tersebut dapat ditulis menjadi :

$$I = \frac{q * 360}{S_l * S_m} \dots\dots\dots (5)$$

dimana :

- S_m = jarak antara pipa lateral pada pipa utama (m).
- S_l = jarak sprinkler pada pipa lateral (m).

Perhitungan debit nozel dapat ditentukan dengan memakai persamaan (Schwab et al., 1981) yaitu :

$$q = 0.00111 C d_n^2 P^{0.5} \dots\dots\dots (6)$$

dimana :

- q = debit nozel (l/det).
- C = koefisien debit (0.95 - 0.98).
- d_n = diameter lubang nozel (mm).
- P = tekanan nozel (KPa).

Karmeli et al, (1985), menyatakan bahwa hubungan debit nozel dan tekanan operasi dapat dijabarkan melalui rumus :



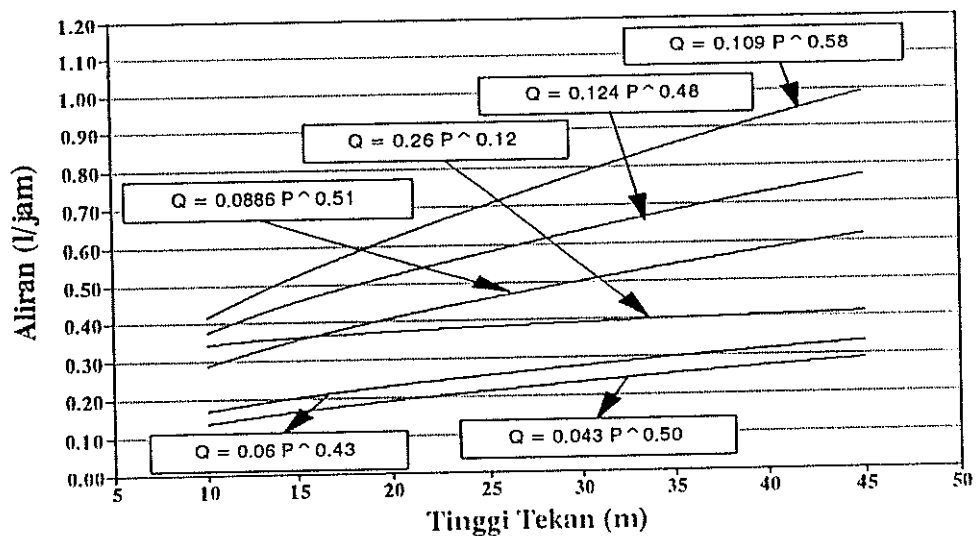
Halo, Kita Berhadiah! Untuk jasanya
 1. Mengingat pentingnya sebagai salah satu faktor yang sangat menentukan dalam keberhasilan suatu proyek, maka diperlukan sumber
 2. Berperannya tidak terlepas dari peranannya yang sangat penting dalam keberhasilan suatu proyek.
 3. Dengan menggunakan dan memanfaatkan sumber daya yang ada secara efektif dan efisien dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi.

$$q_e = k \cdot P_e^x \quad \dots\dots\dots (7)$$

dimana :

q_e = debit nozel/spitter (m^3/jam atau l/jam)
 P_e = tekanan operasi (kPa)
 x = pangkat (regim) debit nozel/spitter
 k = koefisien

Beberapa hubungan debit nozel - tekanan operasi dari berbagai tipe seperti sprinkler disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan debit nozel dan tekanan operasi dari berbagai tipe sprinkler

5. Menentukan lamanya dan jumlah hari pemberian air.

Pada setiap lahan, lamanya pemberian air pada kebutuhan puncak ditentukan berdasarkan total kebutuhan air irigasi terhadap laju pemberian air. Jumlah hari pemberian air ditetapkan berdasarkan lamanya pemberian air.

6. Menentukan jumlah lateral .

Dalam menentukan jumlah pipa lateral yang akan dipasang sangat ditentukan oleh luas lahan yang akan diairi serta jarak antar pipa lateral yang telah ditetapkan. Banyaknya jumlah pipa-pipa lateral dapat ditentukan dengan rumus :

$$\text{Jumlah pipa lateral} = \frac{\text{Panjang Lahan}}{\text{Jarak lateral}} \quad (8)$$

7. Menentukan jadwal irigasi.

Jadwal irigasi dapat ditentukan dengan perhitungan yang didasarkan pada lamanya pemberian air dalam satu hari dan total air yang harus diberikan melalui pipa lateral secara kontinyu dalam selang waktu tertentu atau jumlah pemberian air dalam selang waktu adalah tidak boleh melebihi jumlah air pada sumber yang tersedia.

8. Menentukan hidrolika jaringan pipa.

Perhitungan mengenai kehilangan tekanan air dalam sistem irigasi sprinkler dipengaruhi oleh :

- elevasi permukaan tanah sepanjang pipa,
- kecepatan aliran air dalam pipa,
- kekasaran bagian dalam dinding pipa.

Besarnya gradien kehilangan tekanan per 100 meter dapat ditentukan dengan rumus :

1. Tanpa outlet.

$$J = \frac{h_f * 100}{L} \dots\dots\dots (9)$$

dimana :

J = gradien kehilangan tekanan akibat gesekan (mm/100 m).

L = panjang pipa (m).

2. Dengan outlet.

$$J = \frac{h_f * 100}{L * F} \dots\dots\dots (10)$$

dimana :

F = koefisien reduksi.

Nilai koefisien F, pada Tabel 3, dipengaruhi oleh jumlah sprinkler dalam lateral serta jenis bahan pipa dan diameter pipa.

Tabel 3. Koefisien reduksi F dengan outlet.

Jumlah outlet	F	
	F1 (a)	F2 (b)
1	1.00	1.00
2	0.64	0.52
3	0.54	0.44
4	0.49	0.41
5	0.46	0.40
6	0.44	0.39
7	0.43	0.38
8	0.42	0.38
9	0.41	0.37
10-11	0.40	0.37
12-15	0.39	0.37
16-20	0.38	0.36
21-30	0.37	0.36
> 30	0.36	0.36

- a) jika jarak nozel pertama sama dengan jarak nozel
 b) jika jarak nozel pertama sama dengan 0.5 jarak nozel

9. Pemilihan dan penempatan pipa utama.

Dalam melakukan pemilihan pipa utama harus didasarkan atau disesuaikan dengan ukuran pompa air serta mampu menyediakan cukup tekanan bagi seluruh pipa lateral yang ditentukan berdasarkan perhitungan kehilangan tekanan dalam pipa. Penempatan pipa utama hendaknya dipasang searah dengan arah lereng.

D. FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI SISTEM IRIGASI MIKRO SPRINKLER

Mikro sprinkler merupakan suatu komponen yang penting didalam penerapan suatu sistem irigasi sprinkler akan ditentukan oleh penggunaan sprinkler yang tepat, yang didasarkan pada jarak antar pipa lateral, jarak sprinkler pada lateral, debit nozel, ukuran nozel, tekanan pada nozel, angin, pola penyebaran dan keseragaman penyebaran air (Pair et al., 1969).

Dalam melakukan pemilihan sprinkler yang sesuai untuk suatu daerah perlu diperhitungkan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kinerja sprinkler.

Pair et al. (1969) serta Benami dan Ofen (1984), mengemukakan beberapa faktor :

- a. Nozel, penggunaan berbagai tipe sprinkler dan nozel akan memberikan pengaruh terhadap pola penyebaran air. Penggunaan diameter nozel yang berlainan akan



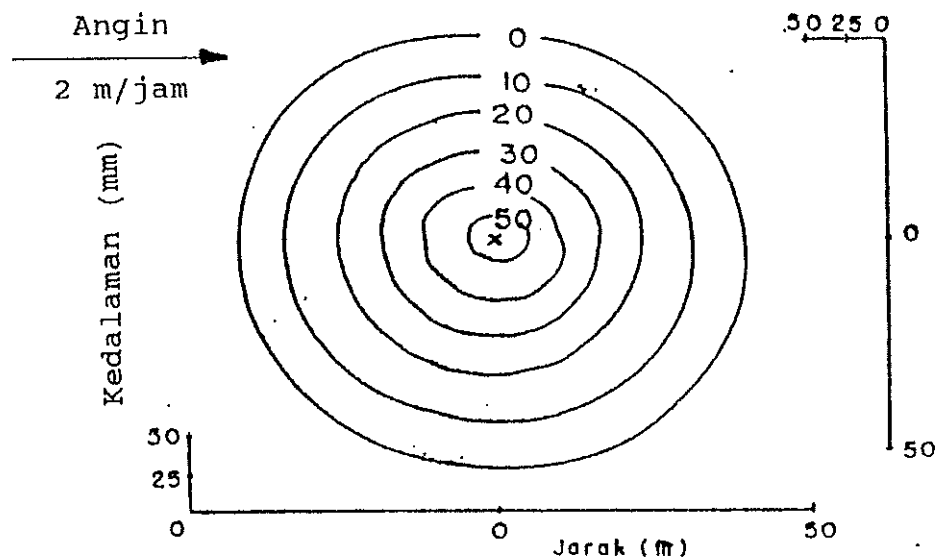
menyebabkan perubahan pola penyebaran air.

- b. Tekanan, pemberian tekanan serta ukuran diameter akan memberikan pengaruh terhadap debit yang dihasilkan oleh sprinkler. Berbagai variasi tekanan dapat menyebabkan perubahan penyebaran air. Penggunaan dengan tekanan yang terlalu tinggi mengakibatkan butir-butir air akan terpecah menjadi sangat halus sehingga akan mengurangi jarak lemparan diameter curahan dan akan jatuh didekat sprinkler, serta akan mempengaruhi pola penyebaran air.
- c. Putaran sprinkler, putaran yang tepat dari sprinkler akan memberikan pola pemberian air yang baik, yang dipengaruhi oleh mekanisme alat, ukuran diameter nozel dan tekanan operasi. Penggunaan tekanan yang tinggi akan mempercepat putaran dan dapat mengurangi diameter kebasahan sehingga akan mempengaruhi pola penyebaran dan efisiensinya.
- d. Kecepatan angin, adanya angin akan mempengaruhi penyebaran air dari sprinkler dimana kecepatan angin dan ukuran butiran air yang jatuh ketanah dapat merubah pola penyebaran (Gambar 8). Pengaturan jarak serta penggunaan pola tumpang tindih akan dapat mengurangi pengaruh angin terhadap pola penyebaran. Beberapa kombinasi pengaturan jarak lateral dan sprinkler disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kombinasi jarak maksimum berdasarkan diameter curahan pada kondisi kecepatan angin (Pair et al., 1969).

Kecepatan angin (km/ jam)	Jarak dalam % diameter curahan air	
	S1	Sm
0	50	65
6	45	60
7-12	40	50
> 12	30	30

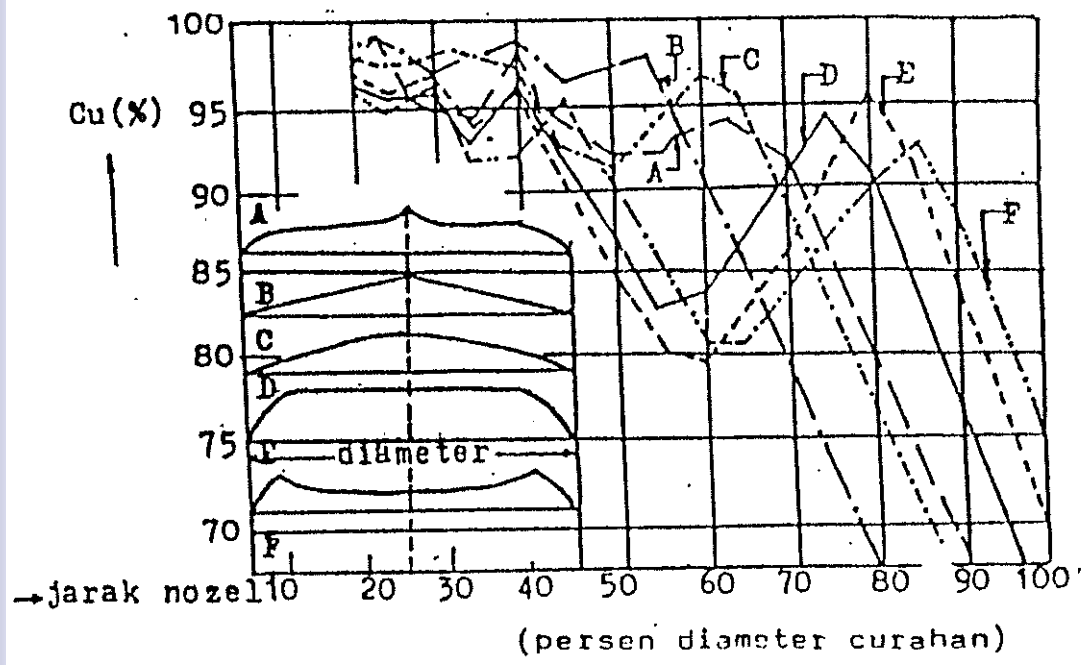
S1 : jarak sprinkler di pipa lateral (m)
Sm : jarak pipa lateral di pipa utama (m)



Gambar 8. Pola penyebaran air yang seragam.

- e. "Riser", penggunaan riser akan mempengaruhi keseragaman penyebaran air dimana dengan penambahan ketinggian tersebut menyebabkan perubahan dalam diameter curahan.

Christiansen dalam Pair et al. (1969), menggambarkan hubungan antara jarak lateral (dalam % diameter curahan air), pola penyebaran air dan diameter curahan terhadap keseragaman penyebaran air. Hubungan tersebut ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hubungan antara jarak lateral, pola penyebaran air dan diameter curahan terhadap koefisien keseragaman (Pair et al., 1969).

Benami dan Ofen (1984), menyatakan bahwa pola penyebaran terbaik didapat dalam bentuk tipe segi tiga dan tipe jajaran genjang.

Hubungan antara koefisien keseragaman dengan jarak lateral pada pola penyebaran B dan E secara geometrik dijabarkan pada Tabel 5, oleh Christiansen dalam Pair et al. (1969).

Tabel 5. Koefisien keseragaman pada berbagai penempatan jarak nozel dari pola geometrik B dan E (Pair et al. 1969).

Jarak nozel pada lateral (Sm) dalam % diameter curahan air	Jarak antar pipa lateral (Sl) dalam % diameter curahan air				
	40	50	60	70	80
Pola BKoefisien keseragaman.....				
5	99	98	93	80	67
20	99	98	93	80	67
30	98	97	93	80	67
40	97	96	93	80	67
50	—	96	93	80	67
60	—	—	91	80	67
70	—	—	—	77	65
80	—	—	—	—	58
Pola EKoefisien keseragaman.....				
5	97	84	80	86	96
20	96	84	80	86	94
30	93	83	80	85	93
40	96	83	77	83	88
50	—	76	77	82	81
60	—	—	75	71	68
70	—	—	—	66	67
80	—	—	—	—	74

Dalam menentukan koefisien keseragaman yang banyak dipengaruhi oleh ukuran diameter nozel, aplikasi tekanan, kombinasi jarak nozel serta angin. Christiansen dalam Benami dan Ofen (1984), merumuskan perhitungan koefisien keseragaman sebagai berikut ;

$$C_u = \frac{100 (1 - \sum |X_i - X_r|)}{X_r * n} \dots\dots\dots (11)$$

dimana :

- C_u = koefisien keseragaman Christiansen (%).
 n = jumlah titik pengamatan.
 X_i = pengukuran air dalam pengamatan ke- i ($i = 1, 2, \dots, n$) (mm).
 X_r = nilai rata-rata pengamatan (mm).
 $|X_i - X_r|$ = jumlah deviasi mutlak terhadap nilai rata-rata pengamatan (mm).

Hart dalam Benami dan Ofen (1984), merumuskan koefisien keseragaman sebagai berikut ;

$$UCH = 100 (1 - 0.8 S/X_r) \dots\dots\dots (12)$$

dimana :

- UCH = koefisien keseragaman (%)
 S = deviasi standar dari pengukuran empat buah sprinkler

Diameter curahan air dapat ditentukan dengan persamaan (Cavasa. 1965 dalam Fajar, 1991) sebagai berikut ;

$$R = 1.35 (dh)^{0.5} \dots\dots\dots (13)$$

dimana :

- R = jari-jari curahan air (m).
 d = diameter lubang nozel (mm).
 h = tekanan nozel (m).

Dalam rancangan sistem irigasi sprinkler, selang nilai C_u (koefisien keseragaman) yang dinyatakan layak untuk suatu rancangan jika berada antara 80 - 95 % .

III. METODA PENELITIAN

A. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Kegiatan penelitian dilaksanakan di lahan percobaan Laboratorium Model Infrastruktur, Leuwikopo, Institut Pertanian Bogor. Tempat ini berada pada elevasi 250 m dpl dan terletak di garis lintang $06^{\circ}30'$ LS dan garis bujur $106^{\circ}45'$ BT. Keadaan topografi di lokasi yang digunakan dalam pengambilan data merupakan lahan terbuka tanpa tanaman serta kemiringan lahan yang datar.

Penelitian telah dilakukan pada musim kemarau selama empat bulan yang dimulai dari bulan Juli hingga bulan Oktober 1992. Pengambilan data dilakukan pada pagi dan sore hari.

B. ALAT-ALAT PENELITIAN

1. Komponen Sistem Irigasi Mikro Sprinkler

a. Pompa.

Pompa yang digunakan dalam penelitian adalah pompa DAB, model Aqua 175 A, dengan kapasitas maksimum sebesar 120 l/men. Pompa ini mempunyai tinggi tekanan total sebesar 23 m dan tinggi tekanan hisap maksimum sebesar 9 m.

b. Pipa Utama dan Pipa Lateral.

Pipa utama dan pipa lateral berupa pipa plastik PVC dengan masing-masing ukuran 19.05 mm atau 0.75 inci dan 12.7 mm atau 0.5 inci. Panjang per satuan pipa PVC adalah 4 m.

c. Mikro Sprinkler atau Spitter.

Mikro sprinkler atau spitter yang digunakan pada penelitian ini adalah buatan Wingfield tipe Challenger dengan menggunakan nozel berdiameter 2.5 mm (warna merah) dan 2.0 mm (warna abu-abu). Mikro sprinkler bekerja dengan cara berputar sebagai akibat adanya daya tekan air.

2. Alat Pelengkap

Alat-alat pelengkap lainnya yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Alat pengukur dan pencatat kecepatan angin tipe OTA/Dynamo, dengan skala 0 - 35 m/det.
- b. Alat pengukur tekanan air Yamamoto's, dengan skala 0 - 25 kg/cm².
- c. Alat penangkap curahan air berupa tabung plastik dengan diameter tabung 6 cm.
- d. Gelas Ukur, dengan ukuran skala 10 dan 500 cc.
- e. Alat ukur jarak, berupa rollmeter dengan ukuran 3 m dan 50 m.

- f. Alat pengukur laju infiltrasi, berupa double ring infiltrometer.
- g. Alat-alat tulis, kalkulator dan seperangkat komputer untuk pengolahan data dan penyusunan naskah skripsi.

C. METODA PENELITIAN

1. Perlakuan

Perlakuan yang diterapkan dalam penelitian ini adalah :

a. Kecepatan angin.

Perlakuan kecepatan angin yang diterapkan dalam penelitian adalah kecepatan angin dengan selang 0 - 2, 2 - 4 dan 4 - 6 m/det.

Nilai kecepatan angin dalam selang 0 - 2, 2 - 4 dan 4 - 6 m/det dipilih karena kecepatan angin tidak dapat konstan yang berubah terus menerus menurut waktu.

b. Tekanan operasi.

Perlakuan tekanan operasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah tekanan sebesar 50, 100 dan 150 kPa, dimana pengukuran tekanan operasi dilakukan di inlet pipa lateral.

Penggunaan tiga taraf perlakuan tekanan didasarkan pada hasil percobaan pendahuluan di lapang dengan mengamati perubahan diameter curahan air akibat pemberian tekanan operasi yang berbeda-beda. Dari pengamatan diketahui bahwa tekanan 50, 100 dan 150 kPa menunjukkan perbedaan diameter curahan, sedang tekanan 200 kPa memiliki nilai yang hampir sama dengan tekanan operasi pada 150 kPa. Tekanan pompa yang digunakan pada penelitian ini, mempunyai tekanan tertinggi 200 kPa. (Lampiran 2).

c. Penempatan jarak pipa lateral.

Jarak pipa lateral yang digunakan dalam penelitian ini adalah 4, 5 dan 6 meter. Jarak lateral tersebut ditentukan berdasarkan dengan pola tumpang tindih sebesar 35 % dari diameter curahan sehingga pipa lateral dipasang pada jarak 65 % dari diameter curahan pada percobaan pendahuluan dan pertimbangan faktor kecepatan angin.

2. Pengamatan

Pengamatan dilapang dilakukan terhadap tinggi air yang tertampung didalam tabung penangkap curahan dengan metoda empat persegi panjang/bujur

sangkar, dimana nilai pengamatan tersebut dipergunakan untuk mendapatkan nilai efisiensi penyebaran air sistem irigasi mikro sprinkler. Tabung penangkap curahan air memiliki luas penangkapan 28.3 cm². Selang waktu pengamatan tidak ada spesifikasi khusus dan tergantung kepada tujuan percobaan serta hal terpenting bahwa selang waktu pengamatan memiliki kecukupan untuk mendapatkan hasil ketinggian air dalam tabung penangkap curahan air (Benami dan Ofen, 1984 ; Karmeli et al, 1985). Pengamatan yang dilakukan dalam penelitian adalah selang waktu 20 menit.

Metoda yang dipergunakan untuk menentukan nilai penyebaran air sistem irigasi mikro sprinkler adalah metoda Christiansen, dengan persamaan :

$$C_u = 100 \frac{(1 - \sum |X_i - X_r|)}{X_r * n} \dots\dots\dots (14)$$

dimana :

C_u = koefisien keseragaman (%)

X_i = pengukuran tinggi air dalam pengamatan ke- i
($i = 1, 2, 3, \dots, n$) (mm)

X_r = nilai rata-rata pengamatan (mm)

n = jumlah titik pengamatan

$\sum |X_i - X_r|$ = jumlah selisih mutlak terhadap nilai rata-rata pengamatan (mm)

D. MODEL RANCANGAN

Model rancangan percobaan yang digunakan adalah model faktorial acak sempurna dengan menggunakan tiga faktor perlakuan. Model matematisnya adalah sebagai berikut ;

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + AB_{ij} + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + \epsilon_{ijk(l)} \quad \dots\dots\dots (15)$$

dimana :

Y_{ijkl} = Parameter yang diukur

μ = Pengaruh nilai rata-rata

A_i = Pengaruh faktor A taraf ke-i

B_j = Pengaruh faktor B taraf ke-j

C_k = Pengaruh faktor C taraf ke-k

AB_{ij} = Pengaruh interaksi faktor A taraf ke-i dengan faktor B taraf ke-j

AC_{ik} = Pengaruh interaksi faktor A taraf ke-i dengan faktor C taraf ke-k

BC_{jk} = Pengaruh interaksi faktor B taraf ke-j dengan faktor C taraf ke-k

ABC_{ijk} = Pengaruh interaksi faktor A, B dan C taraf ke-i, j dan k

$\epsilon_{ijk(l)}$ = Galat pada perlakuan faktor A, B dan C karena l ulangan

$$i = 1, 2 \text{ dan } 3$$

$$j = 1, 2 \text{ dan } 3$$

$$k = 1, 2 \text{ dan } 3$$

$$l = 1, 2$$

Hipotesis yang akan diuji dalam penelitian ini adalah :

$$H_1 = A_i = 0$$

$$H_2 = B_j = 0$$

$$H_3 = C_k = 0$$

$$H_4 = AB_{ij} = 0$$

$$H_5 = AC_{ik} = 0$$

$$H_6 = BC_{jk} = 0$$

$$H_7 = ABC_{ijk} = 0$$

Hipotesis bahwa tidak terdapat adanya pengaruh faktor A (kecepatan angin), dinyatakan dengan H_1 . Tidak terdapat adanya pengaruh faktor B (tekanan operasi), dinyatakan dengan H_2 . Tidak terdapat adanya pengaruh faktor C (jarak pipa lateral), dinyatakan dengan H_3 . Sedangkan tidak adanya pengaruh interaksi antara faktor A dan B, A dan C, B dan C serta antara A, B dan C, masing-masing dinyatakan dengan H_4 , H_5 , H_6 dan H_7 .

Perbedaan terhadap respon antara nilai rata-rata untuk setiap taraf atau kombinasinya dianalisis dengan uji rentang Newman Keuls's. Pola kecenderungan data

dianalisis dengan uji regresi linier serta regresi lengkung (uji polynomial). Selang kepercayaan 99 % digunakan untuk menyatakan perbedaan sangat nyata dan 95 % untuk perbedaan nyata.



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. AKUMULASI DAN LAJU INFILTRASI

Hasil pengukuran akumulasi infiltrasi tanah yang dilakukan di lokasi penelitian disajikan pada Tabel 6. Berdasarkan hasil pengamatan dapat diketahui bahwa penurunan muka air, semakin lama atau lebih ke dalam akan semakin lambat, hal ini dapat dikatakan bahwa tanah mengalami kejenuhan terhadap air, yang ditunjukkan oleh semakin besarnya nilai akumulasi infiltrasi yang terjadi.

Tabel 6. Akumulasi infiltrasi di lokasi penelitian

Waktu (menit)	Tinggi muka air (cm)	Akumulasi infiltrasi tanah (cm)
0	9.3	0.0
1	8.4	0.9
3	8.3	1.0
6	8.1	1.2
10	8.0	1.3
15	7.8	1.5
20	7.5	1.8
30	6.8	2.5
45	6.5	2.8
75	6.2	3.1
120	5.8	3.5
180	5.6	3.7
240	5.6	3.7

Berdasarkan perhitungan, Lampiran 1, didapatkan persamaan akumulasi infiltrasi sebagai berikut :

$$F = 0.757 t^{0.307} \quad , \quad F = \text{Akumulasi infiltrasi (cm)}$$

Sedangkan untuk persamaan laju infiltrasi didapat dari turunan pertama persamaan akumulasi infiltrasi yaitu :

$$f = 0.232 t^{-0.693} \quad , \quad f = \text{Laju infiltrasi (cm/menit)}$$

Dari persamaan tersebut, diperoleh nilai rata-rata akumulasi tanah dan laju infiltrasi tanah yaitu masing-masing 40.7 mm dan 3 mm/jam. Hasil pengukuran dan pendugaan infiltrasi selengkapnya disajikan dalam Lampiran 1.

B. LAJU PEMBERIAN AIR

Laju pemberian air yang dihasilkan mikro sprinkler untuk jenis nozel dengan $\phi = 2$ mm dan 2.5 mm (Tabel 7), menunjukkan bahwa nilai laju infiltrasi sebesar 3 mm/jam, dapat mengakibatkan adanya limpasan atau genangan. Agar tidak terjadi limpasan atau genangan maka laju pemberian air (I) harus lebih kecil atau sama dengan laju infiltrasi (Benami dan Ofen, 1984). Keadaan ini dapat dicapai dengan memperkecil debit nozel dengan menurunkan tekanan operasi, dimana debit nozel merupakan fungsi dari tekanan yang bersifat linier dan diameter nozel (Karmeli et al ., 1985)

Tabel 7. Laju pemberian air (I, mm/jam) mikro sprinkler jenis, nozel $\phi = 2.0$ mm dan 2.5 mm

Jarak pipa lateral (m)	Tekanan (kPa)	Debit (m^3 /jam)	Laju pemberian air (mm/jam)
a. $\phi = 2.0$ mm			
4	50	0.0930	4.65
	100	0.1224	6.12
	150	0.1482	7.41
5	50	0.0820	3.53
	100	0.1206	4.82
	150	0.1614	6.46
6	50	0.0978	3.26
	100	0.1284	4.28
	150	0.1602	5.34
b. $\phi = 2.5$ mm			
4	50	0.1146	5.73
	100	0.1602	8.01
	150	0.2010	10.05
5	50	0.1266	5.06
	100	0.1656	6.62
	150	0.1944	7.78
6	50	0.1387	4.62
	100	0.1662	5.54
	150	0.2024	6.75

C. TEKANAN OPERASI

Tekanan yang digunakan dalam uji keseragaman penyebaran air adalah 50 kPa atau 5.07 m air, 100 kPa atau 10.15 m air dan 150 kPa atau 15.23 m air.

Kehilangan tekanan maksimum akibat gesekan sepanjang pipa lateral pada tekanan 150 kPa atau 15.23 m

air adalah 1.6753 m dan kehilangan tekanan maksimum akibat gesekan disepanjang pipa utama pada tekanan 150 kPa atau 15.25 m air adalah 1.3707 m air, sedang pada tekanan 100 kPa atau 10.15 m air masing-masing untuk kehilangan tekanan akibat gesekan disepanjang pipa lateral dan pipa utama adalah 1.1165 m dan 0.9135 m, untuk tekanan 50 kPa atau 5.07 m air masing-masing adalah 0.5577 m dan 0.4563 m.

Hubungan antara tekanan dan debit didapat dari persamaan eksponensial pada jenis nozel $\phi = 2.0$ mm dan 2.5 mm disajikan pada Tabel 8. Karmeli. et al. (1985), menjelaskan bahwa penggunaan mikro sprinkler berada pada nilai dengan karakteristik x ada pada selang 0.45 - 0.6 yang merupakan kondisi yang stabil dalam pengoperasian sistem dimana perubahan atau variasi tekanan tidak berpengaruh terhadap debit nozel.

Tabel 8 . Persamaan hubungan antara tekanan dan debit mikro sprinkler untuk jenis nozel dengan $\phi = 2.0$ mm dan 2.5 mm

Jenis nozel	Karakteristik	Persamaan
$\phi = 2.0$ mm	$x = 0.42$ $k = 17.98$ lateral 4 m	$q = 17.98 Pe^{0.24}$
	$x = 0.55$ $k = 10.26$ lateral 5 m	$q = 10.26 Pe^{0.55}$
	$x = 0.45$ $k = 16.82$ lateral 6 m	$q = 16.82 Pe^{0.45}$

Tabel 8. (lanjutan)

Jenis nozel	Karakteristik	Persamaan
$\phi = 2.5 \text{ mm}$	$x = 0.51$ $k = 15.58$ lateral 4 m	$q = 15.58 \text{ Pe}^{0.51}$
	$x = 0.39$ $k = 27.53$ lateral 5 m	$q = 27.53 \text{ Pe}^{0.39}$
	$x = 0.34$ $k = 36.68$ lateral 6 m	$q = 36.68 \text{ Pe}^{0.34}$

Dari persamaan Tabel 8, diketahui bahwa rancangan lateral 4, 5 dan 6 m untuk jenis nozel $\phi = 2.0 \text{ mm}$ termasuk kedalam kategori stabil dimana perubahan atau variasi tekanan tidak memberi pengaruh terhadap debit (Karmeli et al., 1985), sedang untuk jenis nozel $\phi = 2.5 \text{ mm}$, hanya rancangan lateral 4 m saja yang termasuk kedalam kategori stabil, selebihnya pada rancangan 5 dan 6 m termasuk kedalam kategori tidak stabil, dimana pengaruh variasi tekanan akan berpengaruh terhadap debit nozel.

D. DEBIT NOZEL DAN DIAMETER CURAHAN

Debit nozel dan diameter curahan air dari mikro sprinkler, memiliki nilai yang bervariasi akibat adanya perubahan tekanan operasi, dimana perubahan pening-

katan tekanan operasi telah menyebabkan debit nozel dan diameter curahan semakin besar.

Perubahan peningkatan debit nozel dan diameter curahan akibat penambahan tekanan, memiliki kecenderungan yang sama meningkat, hal ini dapat dilihat untuk jenis nozel $\phi = 2.5$ mm dan nozel $\phi = 2.0$ mm dimana pada setiap jarak lateral menghasilkan pola meningkat yang sama yaitu bahwa penambahan tekanan operasi akan menyebabkan peningkatan debit nozel dan diameter curahan. Nilai-nilai debit nozel dan diameter curahan untuk jenis nozel $\phi = 2.0$ mm dan 2.5 mm disajikan dalam Lampiran 2.

E. EFISIENSI PENYEBARAN AIR

Hasil pengamatan efisiensi penyebaran air sistem irigasi mikro sprinkler dengan perlakuan kecepatan angin 0 - 2, 2 - 4 dan 4 - 6 m/det, perlakuan tekanan operasi sebesar 50, 100 dan 150 kPa, serta perlakuan perubahan jarak lateral sejauh 4, 5 dan 6 m, memiliki nilai yang bervariasi antara 44.54 % hingga 85.28 % untuk jenis nozel dengan $\phi = 2.0$ mm dan nilai antara 42.85 % hingga 83.48 % untuk jenis nozel dengan $\phi = 2.5$ mm.

Nilai efisiensi penyebaran air yang tertinggi untuk jenis nozel $\phi = 2.0$ mm dihasilkan dari kombinasi

perlakuan tekanan operasi 150 kPa dengan jarak lateral sejauh 4 m dibawah pengaruh kecepatan angin 0 - 2 m/det. Sedang nilai efisiensi terendahnya dihasilkan dari kombinasi perlakuan tekanan operasi 100 kPa dengan jarak lateral sejauh 6 m dibawah pengaruh kecepatan angin 4 - 6 m/det.

Untuk jenis nozel $\phi = 2.5$ mm, nilai efisiensi penyebaran air tertinggi dihasilkan dari kombinasi perlakuan tekanan operasi 150 kPa dengan jarak lateral sejauh 4 m dibawah pengaruh kecepatan angin 0 - 2 m/det. Sedang nilai efisiensi penyebaran air terendahnya dihasilkan dari kombinasi perlakuan tekanan operasi 50 kPa dengan jarak lateral sejauh 6 m dibawah pengaruh kecepatan angin 4 - 6 m/det. Hasil keseluruhan nilai efisiensi penyebaran air dapat dilihat pada Lampiran 4 dan 5.

Analisis keragaman efisiensi penyebaran air sistem irigasi mikro sprinkler menunjukkan bahwa perlakuan tekanan operasi, jarak lateral dan kecepatan angin memberikan pengaruh sangat nyata terhadap efisiensi penyebaran air, sedang untuk kombinasi perlakuan kecepatan angin dan tekanan operasi memberikan pengaruh sangat nyata terhadap efisiensi penyebaran air. Untuk kombinasi perlakuan kecepatan angin dan jarak lateral, tekanan operasi dan jarak lateral serta kombinasi kecepatan angin, tekanan operasi dan jarak la-



teral berpengaruh nyata terhadap efisiensi penyebaran air pada jenis nozel $\phi = 2.0$ mm.

Analisis keragaman untuk jenis nozel $\phi = 2.5$ mm terhadap efisiensi penyebaran sistem irigasi mikro sprinkler menunjukkan bahwa perlakuan kecepatan angin, tekanan operasi serta jarak lateral memberikan pengaruh sangat nyata, hal ini dapat diketahui dari nilai F hitung jauh lebih besar dari F tabel 0.05 dan 0.01. Kombinasi perlakuan kecepatan angin dan tekanan operasi, kecepatan angin dan jarak lateral memberikan pengaruh nyata, sedangkan kombinasi tekanan operasi dan jarak lateral memberikan pengaruh yang nyata untuk F tabel 0.05 dan memberikan pengaruh tidak nyata pada F tabel 0.01. Untuk kombinasi kecepatan angin, tekanan operasi dan jarak lateral, tidak berpengaruh nyata terhadap efisiensi penyebaran air, hal ini dapat diketahui dari nilai F hitung yang lebih kecil dari nilai F tabel 0.05 dan 0.01. Hasil selengkapnya dilihat pada Lampiran 6 dan 7.

F. FAKTOR PENGARUH TERHADAP EFISIENSI PENYEBARAN AIR

1. Pengaruh tekanan operasi terhadap efisiensi penyebaran air

- 1.1 Pada kecepatan angin 0 - 2 m/det.

Efisiensi penyebaran air sistem irigasi mikro sprinkler pada kecepatan angin 0 - 2

m/det dengan pengaruh tekanan operasi 50, 100 dan 150 kPa, diperoleh nilai efisiensi penyebaran air untuk masing-masing jenis nozel $\phi = 2.0$ mm dan 2.5 mm adalah 45.72 % hingga 82.18 % dan 49.97 % hingga 78.41 % (Lampiran 8).

Hasil uji polynomial ortogonal hubungan antara tekanan operasi dan efisiensi penyebaran air pada tingkat kecepatan angin 0 - 2 m/det adalah kuadratik untuk tiap-tiap jenis nozel $\phi = 2.0$ mm dan 2.5 mm, dengan persamaan regresi disajikan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Persamaan hubungan antara tekanan operasi dan efisiensi penyebaran air untuk beberapa jenis nozel pada tingkat kecepatan angin 0 - 2 m/det.

Jenis nozel	Persamaan
$\phi = 2.0$ mm	$Y = 10.92981 + 0.80620 X - 0.00221 X^2$ $r = 0.9999$
$\phi = 2.5$ mm	$Y = 37.64084 + 0.23397 X - 0.00025 X^2$ $r = 0.9999$

Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf tekanan operasi memberikan hasil bahwa tekanan operasi 50, 100 dan 150 kPa, berpengaruh nyata untuk setiap jenis nozel, dimana pe-

peningkatan tekanan operasi akan menaikkan nilai efisiensi penyebaran air pada tingkat kecepatan angin yang rendah (0 - 2 m/det), hal ini ditunjukkan pada uji rentang Newman Keuls's terhadap interaksi taraf kecepatan angin dan tekanan operasi dimana nilai efisiensi tertinggi untuk jenis nozel $\phi = 2.0$ mm dan 2.5 mm masing-masing dengan nilai 82.18 % dan 78.41 % didapat dari interaksi tekanan operasi 150 kPa dengan kecepatan angin 0 - 2 m/det (Lampiran 13 dan 20).

Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian tekanan operasi yang semakin besar menyebabkan peningkatan terhadap efisiensi penyebaran air, hal ini dapat disebabkan bahwa tekanan operasi yang tinggi sanggup memecahkan butir-butir air yang dipancarkan dari mikro sprinkler, menjadi lebih kecil dan menghasilkan daya semprot yang lebih jauh sehingga diameter kebasahan menjadi lebih besar untuk dapat mengairi areal yang lebih luas. Untuk tekanan operasi yang rendah menyebabkan butir-butir air yang jatuh ukurannya menjadi lebih besar yang selanjutnya memberi pengaruh terhadap daya semprot yang lemah dan butir-butir air akan jatuh disekitar mikro

sprinkler, sehingga diameter kebasahan menjadi kecil serta mengurangi kemampuan untuk mengairi areal yang lebih luas.

1.2 Pada kecepatan angin 2 - 4 m/det.

Efisiensi penyebaran air sistem irigasi mikro sprinkler pada tingkat kecepatan angin 2 - 4 m/det dengan pengaruh tekanan operasi 50, 100 dan 150 kPa, diperoleh nilai efisiensi penyebaran air untuk masing-masing jenis nozel $\phi = 2.0$ mm dan 2.5 mm adalah 65.73 % hingga 79.24 % dan 57.80 % hingga 62.33 % (Lampiran 8).

Hasil uji polynomial ortogonal hubungan antara tekanan operasi dan efisiensi penyebaran air pada tingkat kecepatan angin 2 - 4 m/det adalah kuadratik untuk tiap-tiap jenis nozel $\phi = 2.0$ mm dan 2.5 mm dengan persamaan regresi disajikan dalam Tabel 10.

Uji rentang Newman Keuls's terhadap interaksi taraf tekanan operasi dan kecepatan angin 2 - 4 m/det menunjukkan perbedaan nyata pada tekanan operasi 150 kPa, sedangkan tekanan 50 dan 100 kPa tidak menunjukkan perbedaan nyata, hal ini menunjukkan bahwa perubahan tekanan operasi 150 kPa dapat memperbaiki

efisiensi penyebaran air, keadaan ini berlaku, untuk jenis nozel $\phi = 2.0$ mm, sedang perbedaan nyata ditunjukkan pada jenis nozel $\phi = 2.5$ mm (Lampiran 13 dan 20). Perbedaan yang nyata untuk jenis nozel $\phi = 2.5$ mm, menunjukkan bahwa perlakuan tekanan operasi telah memberi pengaruh terhadap perubahan nilai efisiensi penyebaran air.

Tabel 10. Persamaan hubungan antara tekanan operasi dan efisiensi penyebaran air untuk beberapa jenis nozel pada tingkat kecepatan angin 2 - 4 m/det.

Jenis nozel	Persamaan
$\phi = 2.0$ mm	$Y = 76.36086 - 0.3285 X + 0.00232 X^2$ $r = 0.9999$
$\phi = 2.5$ mm	$Y = 74.33045 - 0.31471 X + 0.00149 X^2$ $r = 0.9999$

Hasil regresi hubungan antara tekanan operasi dan efisiensi penyebaran air sistem irigasi mikro sprinkler, menunjukkan pola kecenderungan yang semakin meningkat seiring dengan peningkatan tekanan operasi, hal tersebut dapat dilihat pada Lampiran 24 dan 25, untuk jenis nozel $\phi = 2.0$ mm dan 2.5 mm.

1.3 Pada kecepatan angin 4 - 6 m/det.

Efisiensi penyebaran air sistem irigasi mikro sprinkler pada tingkat kecepatan angin 4 - 6 m/det dengan pengaruh tekanan operasi 50, 100 dan 150 kPa, diperoleh nilai efisiensi penyebaran air untuk masing-masing jenis nozel $\phi = 2.0$ mm dan 2.5 mm adalah antara 51.75 % hingga 57.44 % dan 51.90 % hingga 52.57 % (Lampiran 8).

Hasil uji polynomial ortogonal hubungan antara tekanan operasi dan efisiensi penyebaran air pada tingkat kecepatan angin 4 - 6 m/det adalah kuadratik untuk masing-masing jenis nozel $\phi = 2.0$ mm dan 2.5 mm dengan persamaan regresi dalam Tabel 11.

Tabel 11. Persamaan hubungan antara tekanan operasi dan efisiensi penyebaran air untuk beberapa jenis nozel pada tingkat kecepatan angin 4 - 6 m/det

Jenis nozel	Persamaan
$\phi = 2.0$ mm	$Y = 67.23016 - 0.24210 X + 0.00093 X^2$ $r = 0.9999$
$\phi = 2.5$ mm	$Y = 52.40999 - 0.00650 X + 0.000066 X^2$ $r = 0.9968$

Lampiran 24 dan 25, menunjukkan pola kecenderungan efisiensi yang semakin menurun seiring dengan peningkatan tekanan operasi. Tingkat kecepatan angin 4 - 6 m/det terlihat memberi pengaruh terhadap nilai efisiensi penyebaran air yang semakin kecil walau diikuti dengan peningkatan tekanan operasi. Uji rentang Newman Keuls's terhadap interaksi taraf tekanan dan kecepatan angin 4 - 6 m/det menunjukkan perbedaan tidak nyata yaitu bahwa pengaruh kecepatan angin yang sangat besar tidak dapat diperbaiki dengan pengaturan tekanan operasi untuk mendapatkan efisiensi yang lebih baik (Lampiran 13 dan 20).

2. Pengaruh penempatan jarak pipa lateral terhadap efisiensi penyebaran air.

2.1 Pada kecepatan angin 0 - 2 m/det.

Efisiensi penyebaran air sistem irigasi mikro sprinkler pada kecepatan angin 0 - 2 m/det dengan penempatan jarak lateral 4, 5 dan 6 m, diperoleh nilai efisiensi penyebaran air untuk masing-masing jenis nozel $\phi = 2.0$ mm dan 2.5 mm adalah 66.47 % (Lampiran 9).

Hasil uji polynomial ortogonal hubungan antara jarak lateral dan efisiensi penyebaran

air pada tingkat kecepatan angin 0 - 2 m/det adalah kuadratik, dengan persamaan regresi yang disajikan dalam Tabel 12.

Tabel 12. Persamaan hubungan antara jarak lateral dan efisiensi penyebaran air untuk beberapa jenis nozel pada tingkat kecepatan angin 0 - 2 m/det.

Jenis nozel	Persamaan
$\phi = 2.0 \text{ mm}$	$Y = 169.56839 - 40.25294 X + 3.79829 X^2$ $r = 0.9997$
$\phi = 2.5 \text{ mm}$	$Y = - 8.93291 + 33.77072 X - 3.73808 X^2$ $r = 0.9999$

Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam perlakuan jarak lateral 4, 5 dan 6 m, memberi pengaruh nyata terhadap nilai efisiensi penyebaran air pada masing-masing jarak lateral, keadaan ini menunjukkan bahwa semakin jauh penempatan jarak lateral akan semakin rendah nilai efisiensinya (Lampiran 12 dan 19).

Berdasarkan hasil Lampiran 26 dan 27, dapat diketahui adanya bentuk kecenderungan yang semakin menurun terhadap nilai efisiensi dengan semakin jauhnya penempatan jarak lateral. Hal ini dapat terjadi jika mikro sprinkler dipasang pada jarak lateral yang

berjauhan serta kaitannya dengan kecepatan angin akan menyebabkan nilai keseragaman penyebaran air yang kurang dapat diterima untuk rancangan (Benami dan Ofen, 1984).

Pada uji rentang Newman Keuls's terhadap interaksi kecepatan angin dan jarak lateral didapat hasil tertinggi, untuk jenis nozel dengan $\phi = 2.0$ mm dan 2.5 mm adalah 73.92 % dan 70.63 % pada jarak lateral 4 m dengan kecepatan angin 0 - 4 m/det.

2.2 Pada kecepatan angin 2 - 4 m/det.

Efisiensi penyebaran air sistem irigasi mikro sprinkler pada kecepatan angin 2 - 4 m/det dengan penempatan jarak lateral 4, 5 dan 6 m, diperoleh nilai efisiensi penyebaran air untuk masing-masing jenis nozel $\phi = 2.0$ mm dan 2.5 mm adalah 67.91 % hingga 73.92 % dan 49.04 % hingga 70.63 % (Lampiran 9).

Hasil uji polynomial ortogonal hubungan antara jarak lateral dan efisiensi penyebaran air pada tingkat kecepatan angin 2 - 4 m/det adalah kuadratik, untuk jenis nozel $\phi = 2.0$ mm dan 2.5 mm dengan persamaan regresi disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Persamaan hubungan antara jarak lateral dan efisiensi penyebaran air untuk beberapa jenis nozel pada tingkat kecepatan angin 2 - 4 m/det.

Jenis nozel	Persamaan
$\phi = 2.0 \text{ mm}$	$Y = 112.22648 + 13.95767 X + 1.09527 X^2$ $r = 0.9999$
$\phi = 2.5 \text{ mm}$	$Y = 81.07101 + 2.84640 X - 1.36414 X^2$ $r = 0.9999$

Pada tingkat kecepatan angin 2 - 4 m/det terjadi kecenderungan penurunan nilai efisiensi penyebaran air seiring dengan adanya peningkatan penempatan jarak lateral yang semakin jauh. Hal ini dapat dilihat pada Lampiran 26 dan 27, untuk masing-masing jenis nozel, penurunan nilai efisiensi disebabkan akibat perubahan jarak lateral yang berpengaruh terhadap keseragaman dan diameter kebasahan (Karmeli et al., 1985), dimana pada tingkat tekanan operasi yang tetap dengan penempatan jarak lateral yang semakin jauh menyebabkan diameter kebasahan semakin kecil. Kecepatan angin 2 - 4 m/det terjadi. Karmeli et al, (1985), mengemukakan bahwa perubahan penempatan jarak lateral akan mempengaruhi

pola penyebaran air dan diameter kebasahan, dimana semakin jauh jarak lateral menyebabkan diameter kebasahan semakin kecil sehingga dapat mengakibatkan adanya areal yang tidak terairi oleh mikro sprinkler serta dapat menurunkan nilai efisiensi penyebaran air.

2.3 Pada kecepatan angin 4 - 6 m/det.

Efisiensi penyebaran air sistem irigasi mikro sprinkler pada kecepatan angin 4 - 6 m/det dengan penempatan jarak lateral 4, 5 dan 6 m, diperoleh nilai efisiensi penyebaran air untuk tiap-tiap jenis nozel $\phi = 2.0$ mm dan 2.5 mm adalah 47.13 % hingga 59.93 % dan 46.29 % hingga 58.91 % (Lampiran 9).

Hasil uji polynomial ortogonal hubungan antara jarak lateral dan efisiensi penyebaran air pada tingkat kecepatan angin 4 - 6 m/det adalah kuadratik dengan persamaan regresi disajikan dalam Tabel 14.

Tabel 14. Persamaan hubungan antara jarak lateral dan efisiensi penyebaran air untuk beberapa jenis nozel pada tingkat kecepatan angin 4 - 6 meter/detik

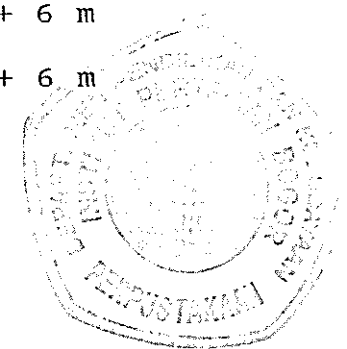
Jenis nozel	Persamaan
$\phi = 2.0 \text{ mm}$	$Y = 64.19921 + 2.48804 X - 0.88881 X^2$ $r = 0.9999$
$\phi = 2.5 \text{ mm}$	$Y = 106.23265 - 15.511076 X + 0.92011 X^2$ $r = 0.9999$

Uji rentang Newman Keuls's menunjukkan pengaruh yang nyata pada interaksi perlakuan kecepatan angin dan jarak lateral untuk kedua jenis nozel, dimana nilai terendah dihasilkan pada interaksi kecepatan angin 4 - 6 m/det dan jarak lateral 6 m, dengan nilai 47.13 % (nozel $\phi = 2.0 \text{ mm}$) dan 46.29 % (nozel $\phi = 2.5 \text{ mm}$). Lampiran 26 dan 27, menunjukkan kecenderungan yang menurun terhadap efisiensi dimana keadaan ini dapat disebabkan oleh pengaruh kecepatan angin yang tinggi serta pemampatan jarak lateral yang semakin jauh.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Laju pemberian air sistem irigasi mikro sprinkler, untuk jenis nozel $\phi = 2.0$ mm berkisar antara 3.26 - 7.41 mm/jam, jenis nozel $\phi = 2.5$ mm berkisar antara 4.62 - 10.05 mm/jam. Nilai tersebut relatif lebih tinggi dari laju infiltrasi di daerah lokasi penelitian yaitu 3.0 mm/jam.
2. Efisiensi penyebaran air yang dihasilkan oleh dua nozel yang berbeda menghasilkan nilai yang bervariasi antara 45.50 % hingga 84.91 % untuk jenis nozel $\phi = 2.0$ mm serta antara 43.57 % hingga 83.19 % untuk jenis nozel $\phi = 2.5$ mm.
3. Rancangan terbaik yang dihasilkan dengan nilai efisiensi diatas 80 % adalah kombinasi antara kecepatan angin, tekanan operasi dan jarak lateral sebagai berikut :
 - a. Kombinasi rancangan terbaik untuk jenis nozel berdiameter = 2.0 mm :
 1. Kombinasi 0 - 2 m/det + 150 kPa + 4 m
 2. Kombinasi 0 - 2 m/det + 150 kPa + 5 m
 3. Kombinasi 0 - 2 m/det + 150 kPa + 6 m
 4. Kombinasi 2 - 4 m/det + 150 kPa + 6 m



Hak Cipta, Merek Dagang, dan Logo adalah milik IPB University dan tidak boleh digunakan untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari IPB University. Penggunaan hak cipta ini tidak mengimplikasikan persetujuan atau penyetoran oleh IPB University terhadap isi atau kualitas dari dokumen ini. IPB University tidak bertanggung jawab atas kerugian yang timbul akibat penggunaan dokumen ini.

b. Kombinasi rancangan terbaik untuk jenis nozel berdiameter = 2.5 mm :

1. Kombinasi 0 - 2 m/det + 150 kPa + 4 m
 2. Kombinasi 0 - 2 m/det + 150 kPa + 5 m
4. Peningkatan taraf perlakuan kecepatan angin, tekanan operasi dan jarak lateral memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai efisiensi penyebaran air.
5. Pada kedua jenis nozel, interaksi kecepatan angin dan tekanan operasi menunjukkan beda yang nyata pada tingkat kecepatan angin 0 - 4 m/det, sedangkan pada tingkat kecepatan angin 4 - 6 m/det tidak memberi pengaruh yang nyata. Interaksi antara kecepatan angin dan jarak lateral serta intraksi tekanan operasi dan jarak lateral memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai efisiensi penyebaran air.

Pengaruh tidak nyata ditunjukkan pada kecepatan angin 4 - 6 m/det bagi kedua jenis nozel, yang berarti bahwa perubahan taraf perlakuan tekanan operasi dan jarak lateral tidak dapat memperbaiki nilai efisiensi penyebaran air karena tingkat kecepatan angin yang terlalu kencang.

B. SARAN

1. Rancangan terbaik dapat untuk diterapkan pada penyiraman tanaman guna mengetahui hasil produksinya serta kajian ekonomis terhadap rancangan terbaik tersebut.
2. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut hubungan efisiensi penyebaran air (CU) dan fungsi kebutuhan air tanaman, untuk mengetahui berapa banyak penambahan air yang diperlukan sebagai akibat ketidakseragaman penyebaran air dari mikro sprinkler pada luasan tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Benami, A dan A. Ofen. 1984. Irrigation Engineering. Irrigation Engineering Scientific Publications (IESP), Haifa.
- Booher, L. J. 1974. Surface Irrigation. Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome. Italy.
- Gray, A. S. 1961. Sprinkler Irrigation Handbook. Rain Bird Sprinkler Mfg. Corporation Glendora, California. USA.
- Hansen, V.E, O. W. Israelsen and G. E. Springham. 1979. Dasar-Dasar dan Praktek Irigasi. Terjemahan. Erlangga, Jakarta.
- Jensen, M. E. 1983. Design and Operation of Farm Irrigation System, ASAE. St Joseph, Mich. USA.
- Karmeli, D, G. Peri dan M. Todes. 1985. Irrigation System Design and Operation. Oxford University Press, Cape Town. South Africa.
- Keller, J dan R. D. Bleisner. 1990. Sprinkler and Trickle Irrigation. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Michael, A. M. 1978. Irrigation Theory and Practices. Vicas Publishing House Limited, New Delhi.
- Pair, C. H, W. W. Hinz, C. Reid and K. R. Frost. 1969. Sprinkler Irrigation 3th Edition. Editor's Press, Hyattsaville, USA.
- Partowijoto, A. 1974. Beberapa Aspek Teknis dalam Perencanaan dan Tata Letak Irigasi Curah. Report II Bantuan Teknis Bagian Teknik Tanah dan Air pada PNP XXIV (tidak diterbitkan). Fatemeta, IPB. Bogor.
- Pillsbury et al. 1968. Sprinkler Irrigation. Food and Agriculture Organization, United Nations, Rome. Italy.
- Schwab, G. O, R. K. Frevert, T. W. Eidminster and K. K. Barnes. 1981. Soil and Water Conservation Engineering. John Wiley and Sons Inc, New York. USA.

Sosrodarsono, S dan K. Takeda. 1978. Hidrologi untuk Pengairan. Pradnya Paramita, Jakarta.

Withers, B and S. Vipond. 1980. Irrigation Design and Practice. Second Edition. Cornell University Press, Ithaca, New York.

Yanto, F. 1988. Penentuan Jumlah dan Kombinasi Jarak nozel berdasarkan Alat dan Kebutuhan Air di Kebun Bangelan PT Perkebunan XXIII. Skripsi (tidak diterbitkan). Fateta, IPB. Bogor.



LAMPIRAN

Hack Cipta: Peningkatan Kualitas Lulusan

1. Ongoing monitoring sebagai salah satu faktor yang bisa berperan meningkatkan dan memprediksi output

2. Peningkatan hasil belajar melalui kompetensi yang dibutuhkan, penulisan kerja ilmiah, penemuan ilmiah, penemuan karya atau penelitian untuk masalah

3. Berperannya tidak hanya sebagai kompetensi yang keluar IPB University

4. Dengan menggunakan hasil penelitian yang relevan akan dapat karya tulis ini dalam bentuk laporan karya tulis IPB University

Lampiran 1. Pengukuran dan Pendugaan Akumulasi dan Laju Infiltrasi

Waktu t (menit)	Tinggi muka air (cm)	Akumulasi infiltrasi F (cm)	Log t	Log F
0	9.3	0		
1	8.4	0.9	0	-0.04575
3	8.3	1	0.477121	0
6	8.1	1.2	0.778151	0.079181
10	8.0	1.3	1	0.113943
15	7.8	1.5	1.176091	0.176091
20	7.5	1.8	1.301029	0.255272
30	6.8	2.5	1.477121	0.397940
45	6.5	2.8	1.653212	0.447158
75	6.2	3.1	1.875061	0.491361
120	5.8	3.5	2.079181	0.544068
180	5.6	3.7	2.255272	0.568201
240	5.6	3.7	2.380211	0.568201

Persamaan Kostiakov : $F = C t^a$

Persamaan logaritma : $\text{Log } F = \text{Log } C + a \text{ Log } t$

dari grafik diperoleh persamaan sebagai berikut :

$$\text{Log } F = -0.121 + 0.307 \text{ Log } t$$

$$\text{Log } C = -0.121$$

$$C = 0.757$$

$$a = 0.307$$

maka didapat persamaan akumulasi infiltrasi :

$$F = 0.757 t^{0.307} \quad (\text{cm})$$

turunan pertama dari persamaan akumulasi infiltrasi

merupakan persamaan laju infiltrasi, didapat :

$$f = 0.232 t^{-0.693} \quad (\text{cm/menit})$$

jika $t = 240$ menit, maka :

$$F = 4.07 \text{ cm} = 40.7 \text{ mm}$$

$$f = 0.005 \text{ cm/menit} = 3 \text{ mm/jam}$$

Lampiran 1. (lanjutan)

Tabel pendugaan Kostiakov

Waktu t (menit)	Tinggi muka air (cm)	Akumulasi infiltrasi F (cm)	Pendugaan	
			F (cm)	L (cm/men)
0	9.3	0		
1	8.4	0.9	0.757	0.232
3	8.3	1.0	1.060650	0.108353
6	8.1	1.2	1.312164	0.067023
10	8.0	1.3	1.534955	0.047042
15	7.8	1.5	1.738424	0.035518
20	7.5	1.8	1.898943	0.029098
30	6.8	2.5	2.150661	0.021970
45	6.5	2.8	2.435746	0.016588
75	6.2	3.1	2.849309	0.011643
120	5.8	3.5	3.291580	0.008406
180	5.6	3.7	3.727902	0.006347
240	5.6	3.7	4.072121	0.005199



Lampiran 2. Hubungan debit nozel dan tekanan pada beberapa jenis nozel

jenis nozel $\phi = 2.0$ mm

Jarak lateral (m)	Tekanan operasi (kPa)	Debit (q) (l/jam)	Diameter Curahan ϕ (m)	Log q	Log ϕ
4	50	93.0	3.8	1.968482	0.579783
	100	122.4	4.3	2.087781	0.633468
	150	148.2	5.2	2.170848	0.716003
5	50	88.2	3.3	1.945468	0.518513
	100	120.6	4.0	2.081347	0.602059
	150	161.4	4.6	2.207903	0.662757
6	50	97.8	3.0	1.990338	0.477121
	100	128.4	4.0	2.108565	0.602059
	150	160.2	4.5	2.204662	0.653212

jenis nozel $\phi = 2.5$ mm

Jarak lateral (m)	Tekanan operasi (kPa)	Debit (q) (l/jam)	Diameter Curahan ϕ (m)	Log q	Log ϕ
4	50	114.6	3.5	2.059184	0.544068
	100	160.2	4.5	2.204662	0.653212
	150	201.0	5.6	2.303196	0.748188
5	50	126.6	3.4	2.102433	0.531478
	100	165.6	4.3	2.219060	0.633468
	150	194.4	5.5	2.288696	0.740362
6	50	138.7	3.2	2.142076	0.505149
	100	166.2	4.3	2.220631	0.633468
	150	202.4	4.8	2.306210	0.681241

Lampiran 2. (lanjutan)

Tabel percobaan pendahuluan, hubungan tekanan dan diameter curahan air

Tekanan operasi (kPa)	Diameter curahan air (m)			rata-rata (m)
	1	2	3	
a. Jenis nozel $\phi = 2.0$ mm				
50	3.0	3.3	3.8	3.5
100	4.3	4.0	4.0	4.1
150	5.2	4.5	4.6	4.8
200	5.4	4.6	4.8	4.9
b. Jenis nozel $\phi = 2.5$ mm				
50	3.4	3.5	3.2	3.4
100	4.4	4.3	4.5	4.4
150	4.8	5.5	5.6	5.3
200	5.2	5.6	5.5	5.4



Lampiran 3. Data pengukuran tinggi air dalam tabung penangkap curahan dan perhitungan nilai koefisien keseragaman penyebaran air

◆	5.6	6.4	5.5	6.6	6.8	◆
	5.6	7.9	8.5	7.7	7	
	5.6	9.4	9.9	9.7	7.9	
	5.8	8.4	9.9	10.8	7	
	6.7	6.8	7.9	7.4	6.4	
◆						◆

Jumlah keseluruhan = 186.6 mm

Jumlah pengamatan = 25

Nilai rata-rata = $187.2/25 = 7.46$ mm

Jumlah selisih mutlak pengamatan nilai rata-rata dengan nilai pengamatan sebenarnya

$$= (5.6 - 7.46) + \dots + (6.4 - 7.46) .$$

$$= 31.78 \text{ mm}$$

Koefisien keseragaman penyebaran air (Cu) = 82.97 %

lampiran 4. Efisiensi penyebaran air untuk jenis nozel berdiameter 2.0 mm

Kec. Angin (m/det)	Tekanan operasi (kPa)	Jarak lateral (m)	Hasil (persen)	
			I	II
0 - 2	50	4	46.55	44.76
0 - 2	50	5	45.72	45.29
0 - 2	50	6	46.86	45.16
0 - 2	100	4	77.90	76.93
0 - 2	100	5	62.82	64.47
0 - 2	100	6	66.80	67.92
0 - 2	150	4	85.28	84.55
0 - 2	150	5	80.00	81.27
0 - 2	150	6	80.51	81.51
2 - 4	50	4	69.32	72.58
2 - 4	50	5	65.63	62.74
2 - 4	50	6	64.30	59.83
2 - 4	100	4	73.15	70.24
2 - 4	100	5	69.25	64.68
2 - 4	100	6	60.36	62.46
2 - 4	150	4	78.92	79.33
2 - 4	150	5	79.63	77.01
2 - 4	150	6	81.57	78.96
4 - 6	50	4	65.89	60.02
4 - 6	50	5	58.76	61.27
4 - 6	50	6	50.12	48.38
4 - 6	100	4	57.85	60.10
4 - 6	100	5	50.34	53.48
4 - 6	100	6	47.36	44.54
4 - 6	150	4	54.50	61.24
4 - 6	150	5	50.18	52.47
4 - 6	150	6	45.31	46.84

Lampiran 5. Efisiensi penyebaran air sistem irigasi mikro sprinkler jenis nozel berdiameter 2.5 mm

Kec. Angin (m/det)	Tekanan operasi (kPa)	Jarak lateral (m)	Hasil (persen)	
			I	II
0 - 2	50	4	54.03	53.36
0 - 2	50	5	49.86	52.3
0 - 2	50	6	44.65	45.6
0 - 2	100	4	57.07	67.22
0 - 2	100	5	66.50	65.02
0 - 2	100	6	61.36	64.20
0 - 2	150	4	83.48	82.91
0 - 2	150	5	82.21	82.97
0 - 2	150	6	68.90	70.00
2 - 4	50	4	72.50	67.92
2 - 4	50	5	67.23	61.45
2 - 4	50	6	50.77	54.13
2 - 4	100	4	67.58	70.82
2 - 4	100	5	59.72	54.08
2 - 4	100	6	44.67	49.91
2 - 4	150	4	73.66	71.31
2 - 4	150	5	64.32	60.39
2 - 4	150	6	49.22	45.53
4 - 6	50	4	60.40	56.37
4 - 6	50	5	52.04	42.85
4 - 6	50	6	50.12	46.65
4 - 6	100	4	59.25	60.53
4 - 6	100	5	52.05	48.93
4 - 6	100	6	46.00	47.81
4 - 6	150	4	60.43	56.64
4 - 6	150	5	52.77	54.46
4 - 6	150	6	43.05	44.10

Lampiran 6. Analisis keragaman data nilai efisiensi penyebaran air sistem irigasi mikro sprinkler untuk jenis nozel berdiameter 2.5 mm

Sumber	DF	JK	RJK	F	F .05	F .01
Blok	1	1.672	1.672	0.245	4.23	7.72
Perlakuan	26	6078.156	233.775	34.246	1.95	2.58
A	2	1284.906	643.453	94.114	3.37	5.53
B	2	709.313	354.656	51.954	3.37	5.53
C	2	1740.563	870.281	127.489	3.37	5.53
AB	2	1784.594	446.148	65.357	2.74	4.14
AC	4	359.469	89.867	13.165	2.74	4.14
BC	4	112.813	28.203	4.132	2.74	4.14
ABC	8	86.500	10.813	1.584	2.32	3.29
Kesalahan	26	177.484	6.826			
Total	35	6257.313	118.063			

Lampiran 7. Analisis keragaman data nilai efisiensi penyebaran air sistem irigasi mikro sprinkler untuk jenis nozel berdiameter 2.0 mm

Sumber	DF	JK	RJK	F	F .05	F .01
Blok	1	0.906	0.906	0.215	4.23	7.72
Perlakuan	26	8520.422	327.709	77.569	1.95	2.58
A	2	2673.797	1336.898	316.444	3.37	5.53
B	2	1969.594	984.797	233.101	3.37	5.53
C	2	566.688	283.344	67.067	3.37	5.53
AB	2	2941.047	735.262	174.036	2.74	4.14
AC	4	160.875	40.219	9.520	2.74	4.14
BC	4	82.344	20.586	4.873	2.74	4.14
ABC	8	126.078	15.760	3.730	2.32	3.29
Kesalahan	26	109.844	4.225			
Total	35	8631.172	162.852			

Lampiran 8. Analisis regresi hubungan antara tekanan operasi dengan efisiensi penyebaran air pada berbagai kecepatan angin 0 - 2, 2 - 4 dan 4 - 6 m/det

jenis nozel $\phi = 2.5$ mm

V (m/det)	P (kPa)	Ef (%)	Persamaan
0 - 2	50	49.97	$Y = 37.64087 + 0.23397 X + 0.00025 X^2$ $r = 0.9999$
	100	63.56	
	150	78.41	
2 - 4	50	62.33	$Y = 74.33045 - 0.31471 X + 0.00149 X^2$ $r = 0.9999$
	100	57.80	
	150	60.74	
4 - 6	50	52.57	$Y = 52.40999 + 0.00650 X - 0.000066 X^2$ $r = 0.9968$
	100	52.40	
	150	51.90	

jenis nozel $\phi = 2.0$ mm

V (m/det)	P (kPa)	Ef (%)	Persamaan
0 - 2	50	45.72	$Y = 10.92981 + 0.80620 X - 0.00221 X^2$ $r = 0.9999$
	100	69.47	
	150	82.18	
2 - 4	50	65.73	$Y = 76.36086 - 0.32852 X + 0.00232 X^2$ $r = 0.9999$
	100	66.69	
	150	79.24	
4 - 6	50	57.44	$Y = 67.23016 - 0.24210 X + 0.00093 X^2$ $r = 0.9999$
	100	52.28	
	150	51.75	

Lampiran 9. Analisis regresi hubungan antara jarak pipa lateral dengan efisiensi penyebaran air pada berbagai kecepatan angin 0 - 2, 2 - 4, 4 - 6 m/det

jenis nozel $\phi = 2.5$ mm

V (m/det)	P (kPa)	Ef (%)	Persamaan
0 - 2	4	66.34	$Y = -8.93291 + 33.77072 X - 3.7380 X^2$ $r = 0.9999$
	5	66.47	
	6	59.12	
2 - 4	4	70.63	$Y = 81.07101 + 2.84640 X - 1.36414 X^2$ $r = 0.9999$
	5	61.2	
	6	49.04	
4 - 6	4	58.91	$Y = 106.23265 - 15.511076 X + 0.92011 X^2$ $r = 0.9999$
	5	51.63	
	6	46.29	

jenis nozel $\phi = 2.0$ mm

V (m/det)	Sm (m)	Ef (%)	Persamaan
0 - 2	4	69.33	$Y = 169.56839 - 40.25294 X + 3.79829 X^2$ $r = 0.9997$
	5	63.26	
	6	64.79	
2 - 4	4	73.92	$Y = 112.22648 - 13.95767 X + 1.09527 X^2$ $r = 0.9999$
	5	69.82	
	6	67.91	
4 - 6	4	59.93	$Y = 64.19921 + 2.48804 X - 0.88881 X^2$ $r = 0.9999$
	5	54.42	
	6	47.13	

Lampiran 10. Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam perlakuan kecepatan angin untuk jenis nozel $\phi = 2.0$ mm

Kecepatan angin (m/det)	Rata-rata (%)	Rangking (*)	
		F0.05	F0.01
0 - 2	70.55	A	A
2 - 4	65.79	B	B
4 - 6	53.82	C	C

*) Huruf yang sama dalam kolom rangking menunjukkan tidak ada perbedaan peningkatan taraf kecepatan angin

Lampiran 11. Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam perlakuan tekanan operasi untuk jenis nozel $\phi = 2.0$ mm

Tekanan operasi (kPa)	Rata-rata (%)	Rangking (*)	
		F0.05	F0.01
50.00	71.06	A	A
100.00	62.81	B	B
150.00	56.30	C	C

*) Huruf yang sama dalam kolom rangking menunjukkan tidak ada perbedaan peningkatan taraf tekanan operasi

Lampiran 12. Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam perlakuan jarak lateral untuk jenis nozel $\phi = 2.0$ mm

Jarak Lateral (m)	Rata-rata (%)	Rangking (*)	
		F0.05	F0.01
4.00	70.55	A	A
5.00	65.79	B	B
6.00	53.82	C	C

*) Huruf yang sama dalam kolom rangking menunjukkan tidak ada perbedaan peningkatan taraf kecepatan angin

Lampiran 13. Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam interaksi perlakuan kecepatan angin dan tekanan operasi jenis nozel $\phi = 2.0$ mm

Interaksi	Rata-rata (%)	Rangking (*)	
		F0.05	F0.01
A1B3	82.18	A	A
A2B3	79.24	B	A
A1B2	69.47	C	B
A2B2	66.69	D	B
A2B1	65.73	D	B
A3B1	57.44	E	C
A3B2	52.28	F	D
A3B3	51.75	F	D
A1B1	45.72	G	E

*) Huruf yang sama dalam kolom rangking menunjukkan tidak ada perbedaan taraf interaksi kecepatan angin dan tekanan operasi

Lampiran 14. Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam interaksi perlakuan kecepatan angin dan jarak lateral jenis nozel $\phi = 2.0$ mm

Interaksi	Rata-rata (%)	Rangking (*)	
		F0.05	F0.01
A2C1	73.92	A	A
A2C2	69.82	B	B
A1C1	69.32	B	B
A2C3	67.91	B	BC
A1C3	64.79	C	CD
A1C2	63.26	C	D
A3C1	59.93	D	E
A3C2	54.41	E	F
A3C3	47.13	F	G

*) Huruf yang sama dalam kolom rangking menunjukkan tidak ada perbedaan interaksi taraf kecepatan angin dan jarak lateral

Lampiran 15. Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam interaksi perlakuan tekanan operasi dan jarak lateral jenis untuk nozel $\phi = 2.0$ mm

Interaksi	Rata-rata (%)	Rangking (*)	
		F0.05	F0.01
B3C1	73.97	A	A
B3C2	70.09	B	B
B2C1	69.36	B	B
B3C3	69.11	B	B
B2C2	60.84	C	C
B1C1	59.85	C	CD
B2C3	58.24	CD	CD
B1C2	56.56	D	D
B1C3	52.47	E	E

*) Huruf yang sama dalam kolom rangking menunjukkan tidak ada perbedaan interaksi taraf tekanan operasi dan jarak lateral

Lampiran 16. Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam interaksi perlakuan kecepatan angin, tekanan operasi dan jarak lateral jenis untuk nozel $\phi = 2.0$ mm

Interaksi	Rata-rata (%)	Rangking (*)	
		F0.01	F0.05
A1B3C1	84.91	A	A
A1B3C3	81.00	A	AB
A1B3C2	80.63	A	AB
A2B3C3	80.26	A	AB
A2B3C1	79.12	A	AB
A2B3C2	78.32	A	B
A1B2C1	77.41	AB	B
A2B2C1	71.69	BC	C
A2B1C1	70.95	BCD	C
A1B2C3	67.36	CDE	CD
A2B2C2	66.96	CDE	CD
A2B1C2	64.18	CDEF	DE
A1B2C2	63.64	DEF	DE

Lampiran 16. (lanjutan)

Interaksi	Rata-rata (%)	Rangking (*)	
		F0.01	F0.05
A3B1C1	62.95	EF	DE
A2B1C3	62.06	EF	DE
A2B2C3	61.41	EF	DE
A3B1C2	60.01	EF	E
A3B2C1	58.97	EF	E
A3B3C1	57.81	F	E
A3B2C2	51.91	G	F
A3B3C2	51.32	G	F
A3B1C3	49.36	G	FG
A3B3C3	46.07	G	G
A1B1C3	46.00	G	G
A3B2C3	45.95	G	G
A1B1C1	45.65	G	G
A1B1C2	45.50	G	G

*) Huruf yang sama dalam kolom rangking menunjukkan tidak ada perbedaan interaksi taraf kecepatan angin, tekanan operasi dan jarak lateral



Lampiran 17. Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam perlakuan kecepatan angin untuk jenis nozel $\phi = 2.5$ mm

Kecepatan angin (m/det)	Rata-rata (%)	Rangking (*)	
		F0.05	F0.01
0 - 2	63.98	A	A
2 - 4	60.28	B	B
4 - 6	52.29	C	C

*) Huruf yang sama dalam kolom rangking menunjukkan tidak ada perbedaan peningkatan taraf kecepatan angin

Lampiran 18. Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam perlakuan tekanan operasi untuk jenis nozel $\phi = 2.5$ mm

Tekanan operasi (kPa)	Rata-rata (%)	Rangking (*)	
		F0.05	F0.01
50.00	63.98	A	A
100.00	57.91	B	B
150.00	54.95	C	C

*) Huruf yang sama dalam kolom rangking menunjukkan tidak ada perbedaan peningkatan taraf tekanan operasi

Lampiran 19. Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam perlakuan jarak lateral untuk jenis nozel $\phi = 2.5$ mm

Jarak Lateral (m)	Rata-rata (%)	Rangking (*)	
		F0.05	F0.01
4.00	65.29	A	A
5.00	59.78	B	B
6.00	51.48	C	C

*) Huruf yang sama dalam kolom rangking menunjukkan tidak ada perbedaan peningkatan taraf kecepatan angin

Lampiran 20. Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam interaksi perlakuan kecepatan angin dan tekanan operasi jenis nozel $\phi = 2.5$ mm

Interaksi	Rata-rata (%)	Rangking (*)	
		F0.05	F0.01
A1B3	78.41	A	A
A1B2	63.56	B	B
A2B1	62.33	B	BC
A2B3	60.73	BC	BC
A2B2	57.79	C	C
A3B1	52.57	D	D
A3B2	52.39	D	D
A3B3	51.90	D	D
A1B1	49.96	D	D

*) Huruf yang sama dalam kolom rangking menunjukkan tidak ada perbedaan taraf interaksi kecepatan angin dan tekanan operasi

Lampiran 21. Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam interaksi perlakuan kecepatan angin dan jarak lateral jenis nozel $\phi = 2.5$ mm

Interaksi	Rata-rata (%)	Rangking (*)	
		F0.05	F0.01
A2C1	70.63	A	A
A1C2	66.47	B	A
A1C1	66.34	B	A
A2C2	61.19	C	B
A1C3	59.11	C	B
A3C1	58.90	C	B
A3C2	51.68	D	C
A2C3	49.03	DE	CD
A3C3	46.28	E	D

*) Huruf yang sama dalam kolom rangking menunjukkan tidak ada perbedaan interaksi taraf kecepatan angin dan jarak lateral

Lampiran 22. Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam interaksi perlakuan tekanan operasi dan jarak lateral untuk jenis nozel $\phi = 2.5$ mm

Interaksi	Rata-rata (%)	Rangking (*)	
		F0.05	F0.01
B3C1	71.40	A	A
B3C2	66.18	B	B
B2C1	63.71	BC	BC
B1C1	60.76	CD	CD
B2C2	57.71	DE	DE
B1C2	55.45	EF	EF
B3C3	53.46	F	EFG
B2C3	52.32	F	FG
B1C3	48.65	G	G

*) Huruf yang sama dalam kolom rangking menunjukkan tidak ada perbedaan interaksi taraf tekanan operasi dan jarak lateral

Lampiran 23. Uji rentang Newman Keuls's terhadap taraf dalam interaksi perlakuan kecepatan angin, tekanan operasi dan jarak lateral untuk jenis nozel $\phi = 2.5$ mm

Interaksi	Rata-rata (%)	Rangking (*)	
		F0.01	F0.05
A1B3C1	83.19	A	A
A1B3C2	82.59	A	A
A2B3C1	72.48	B	B
A2B1C1	70.21	BC	BC
A1B3C3	69.45	BC	BC
A2B2C1	69.20	BC	BC
A1B2C2	65.76	BCD	BCD
A2B1C2	64.34	BCDE	CD
A1B2C3	62.78	BCDEF	CD
A2B3C2	62.35	BCDEF	CD
A1B2C1	62.14	BCDEF	CD
A3B2C1	59.80	CDEFG	DE
A3B3C1	58.53	DEFGH	DEF

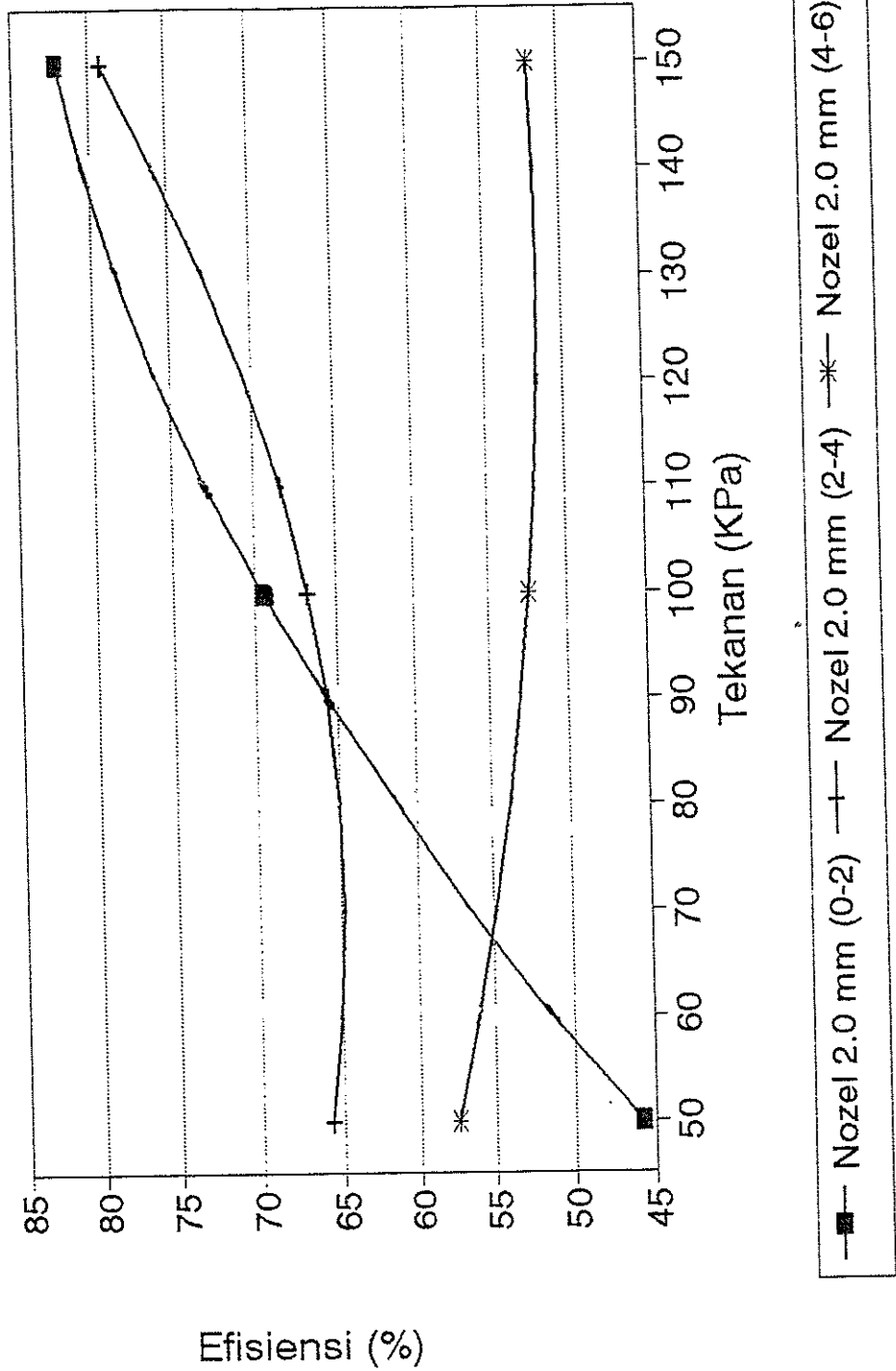
Lampiran 23. (lanjutan)

Interaksi	Rata-rata (%)	Rangking (*)	
		F0.01	F0.05
A3B1C1	58.38	DEFGH	DEF
A2B2C2	56.90	DEFGHI	DEFG
A1B1C1	53.69	DEFGHIJ	EFGH
A3B3C2	53.61	EFGHIJ	EFGH
A2B1C3	52.45	EFGHIJ	EFGHI
A1B1C2	51.08	FGHIJ	FGHI
A3B1C2	50.94	GHIJ	FGHI
A3B2C2	50.49	GHIJ	FGHI
A3B1C3	48.38	GHIJ	GHI
A2B3C3	47.37	HIJ	HI
A2B2C3	47.29	IJ	HI
A3B2C3	46.90	IJ	HI
A1B1C3	45.12	IJ	HI
A3B3C3	43.57	J	I

*) Huruf yang sama dalam kolom rangking menunjukkan tidak ada perbedaan interaksi taraf kecepatan angin, tekanan operasi dan jarak lateral

Grafik hubungan antara efisiensi penyebaran air dengan tekanan operasi pada berbagai tingkat kecepatan angin untuk jenis nozel berdiameter 2.0 mm

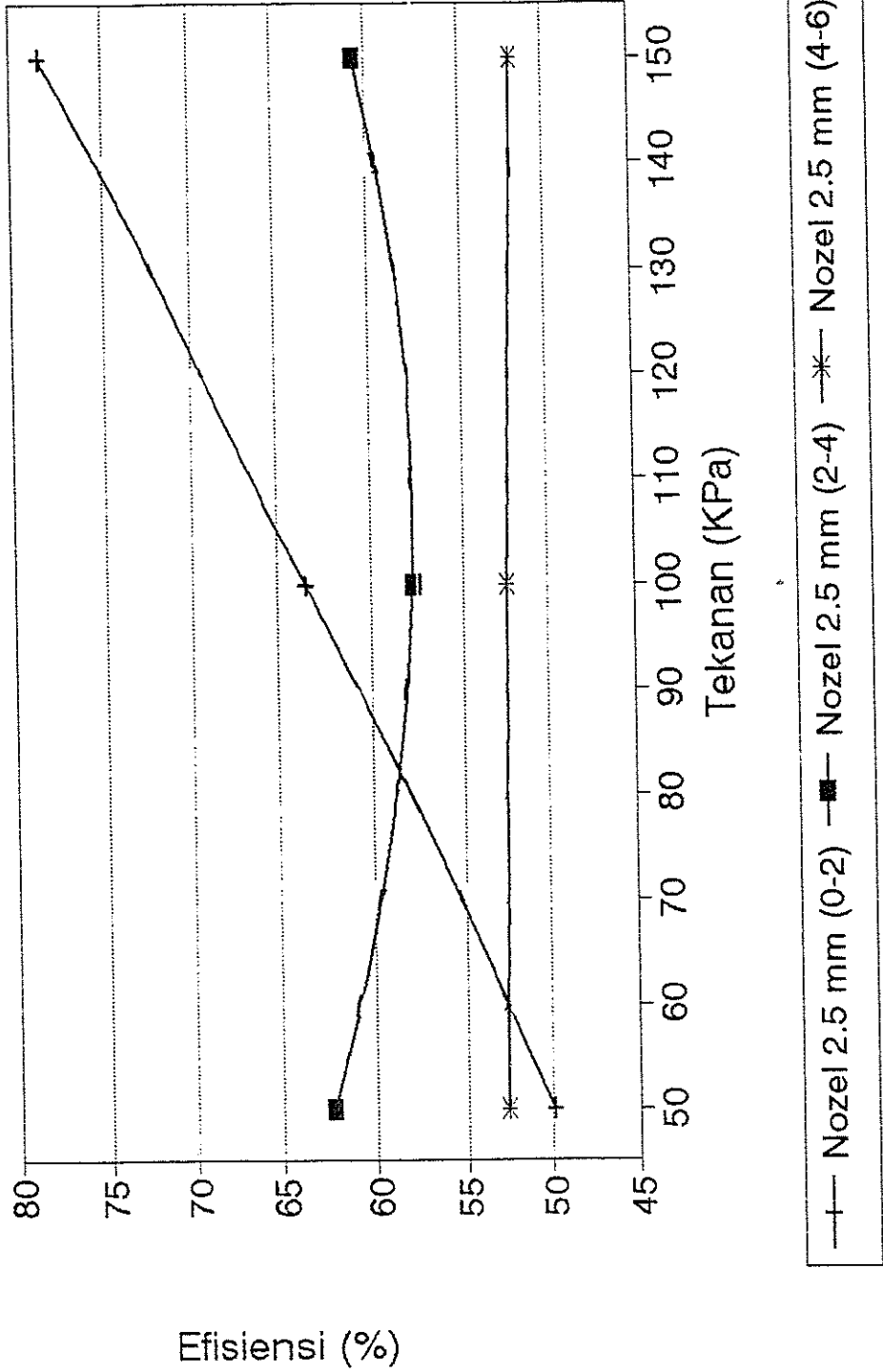
REGRESI
Tekanan dan Efisiensi penyebaran air





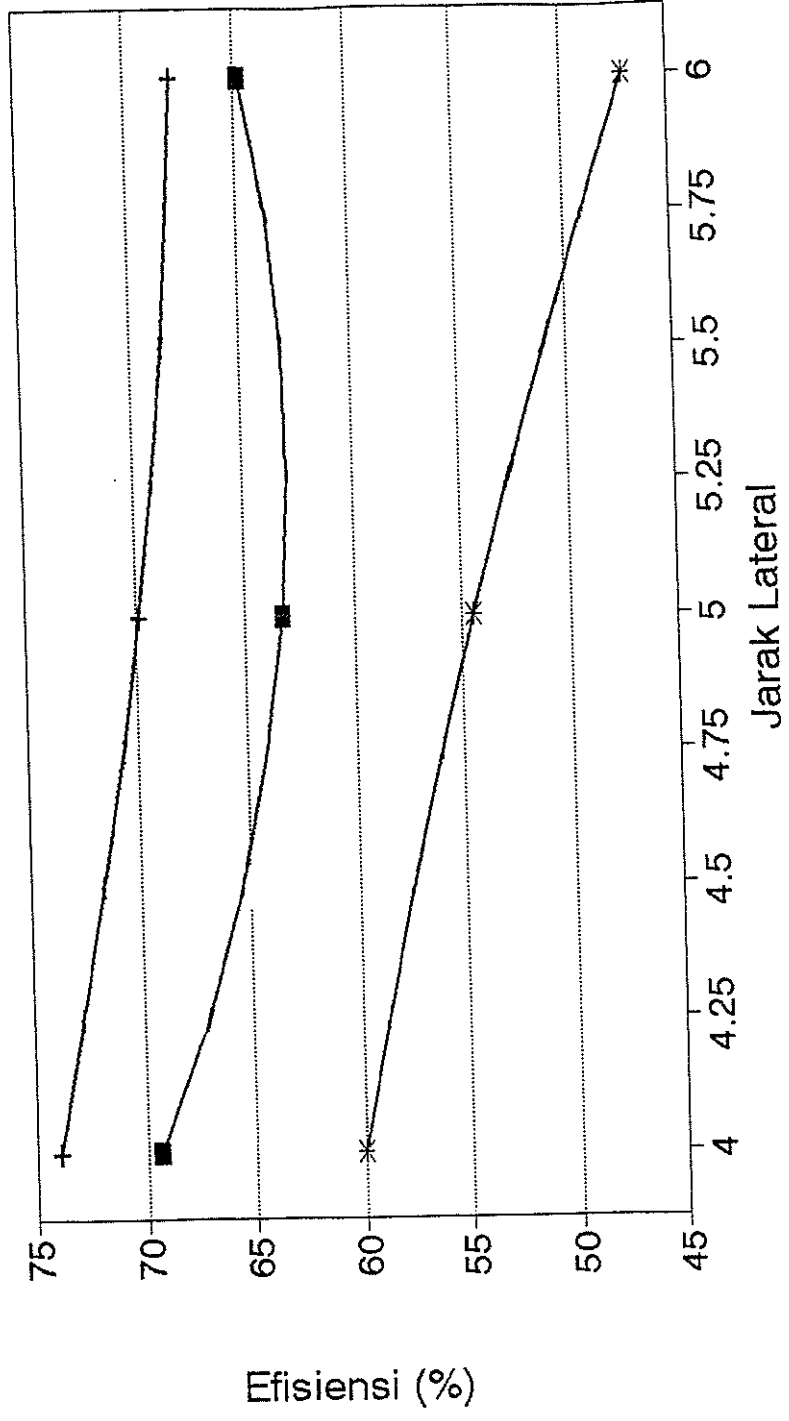
Grafik hubungan antara efisiensi penyebaran air dengan tekanan operasi pada berbagai tingkat kecepatan angin untuk jenis nozel berdiameter 2.5 mm

REGRESI
Tekanan dan Efisiensi penyebaran air



Grafik hubungan antara efisiensi penyebaran air dengan jarak lateral pada berbagai tingkat kecepatan angin untuk jenis nozel berdiameter 2.0 mm

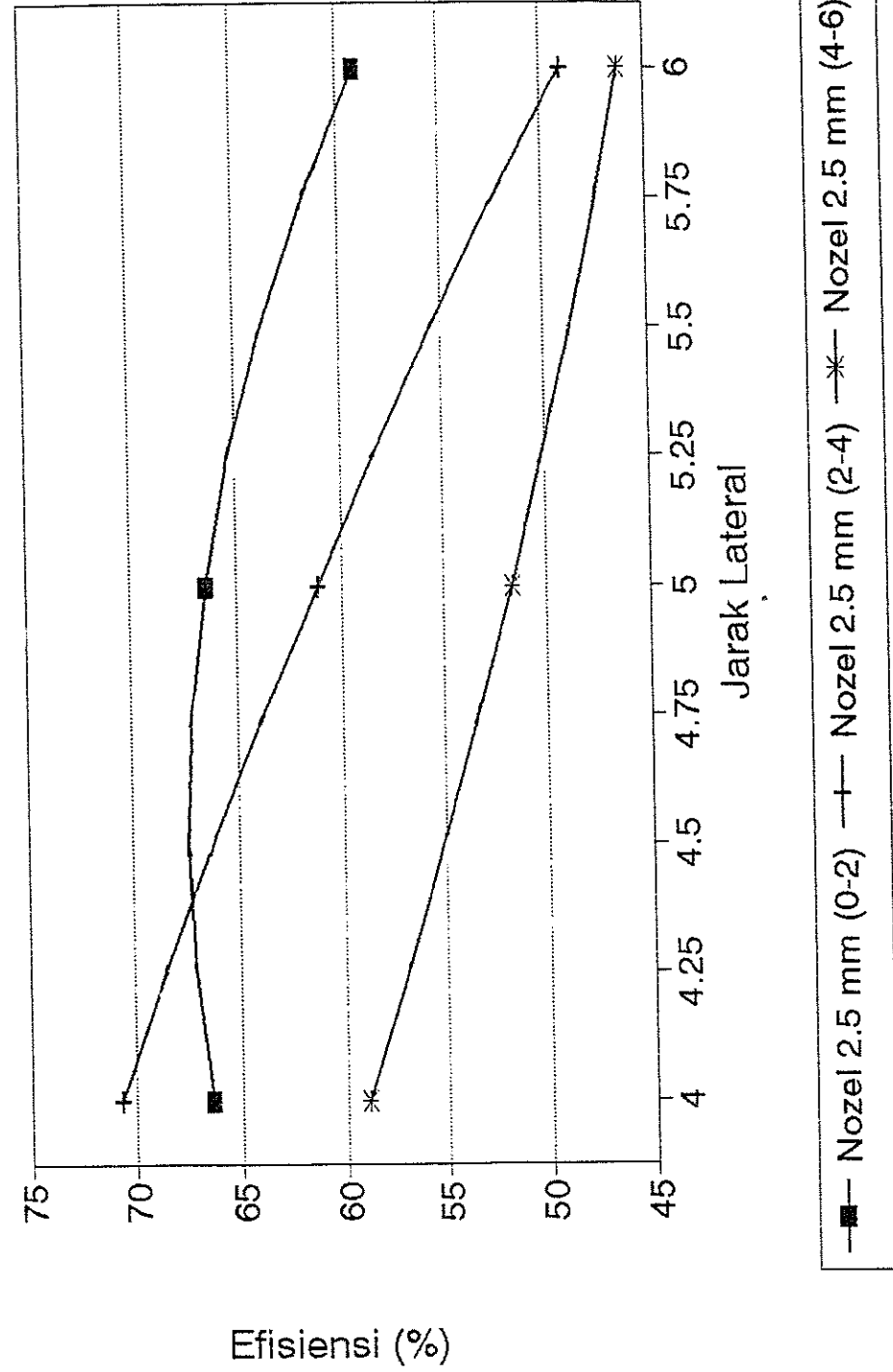
REGRESI
Jarak lateral dan Efisiensi penyebaran air



—■— Nozel 2.0 mm (0-2) —+— Nozel 2.0 mm (2-4) —*— Nozel 2.0 mm (4-6)

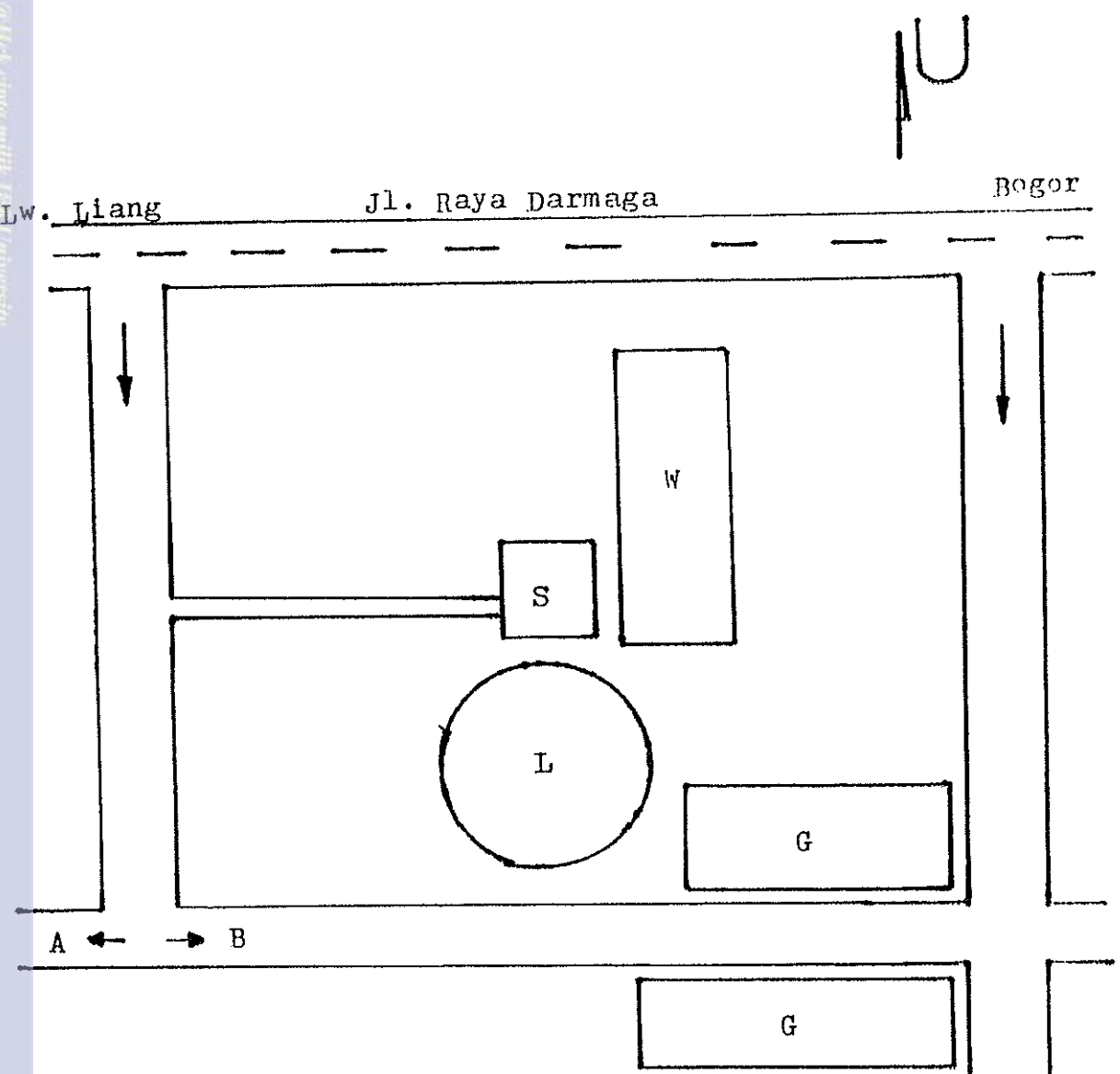
Lampiran 27. Grafik hubungan antara efisiensi penyebaran air dengan jarak lateral pada berbagai tingkat kecepatan angin untuk jenis nozel berdiameter 2.5 mm

REGRESI Jarak lateral dan Efisiensi penyebaran air



Lampiran 28. Denah lokasi penelitian

aHick cipra milik IPB University

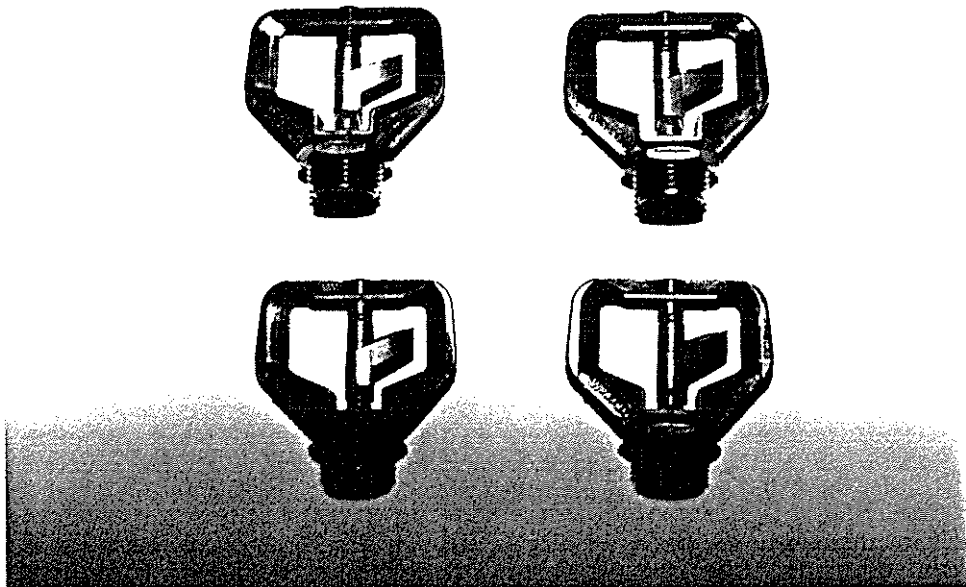
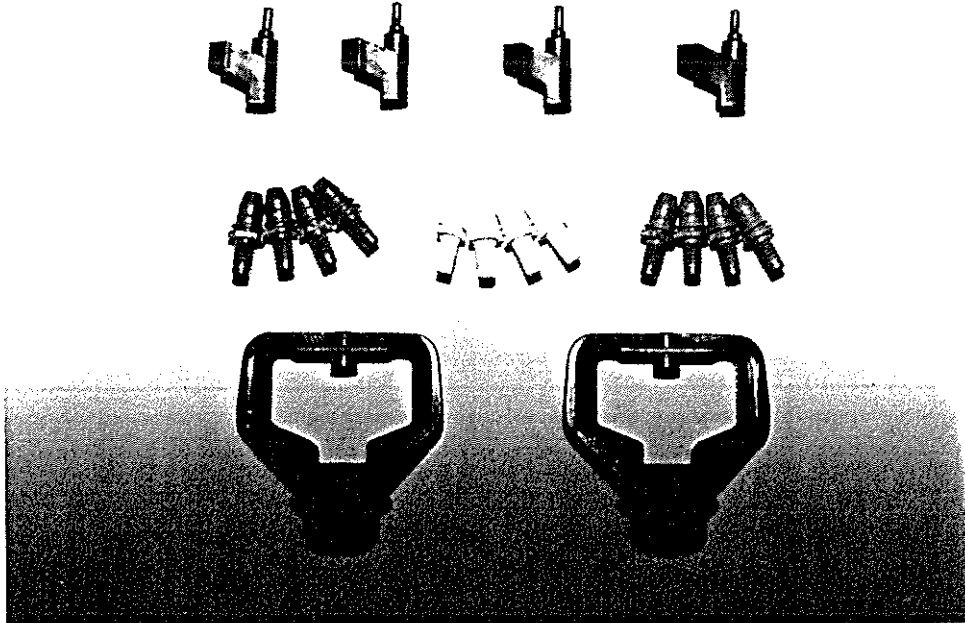


Keterangan :

- A : menuju ke Teknologi Benih
- B : menuju ke Lab. Model Infrastruktur IPB
- G : Gedung
- L : Lokasi penelitian
- S : Stasiun klimatologi
- W : waduk (sumber air)

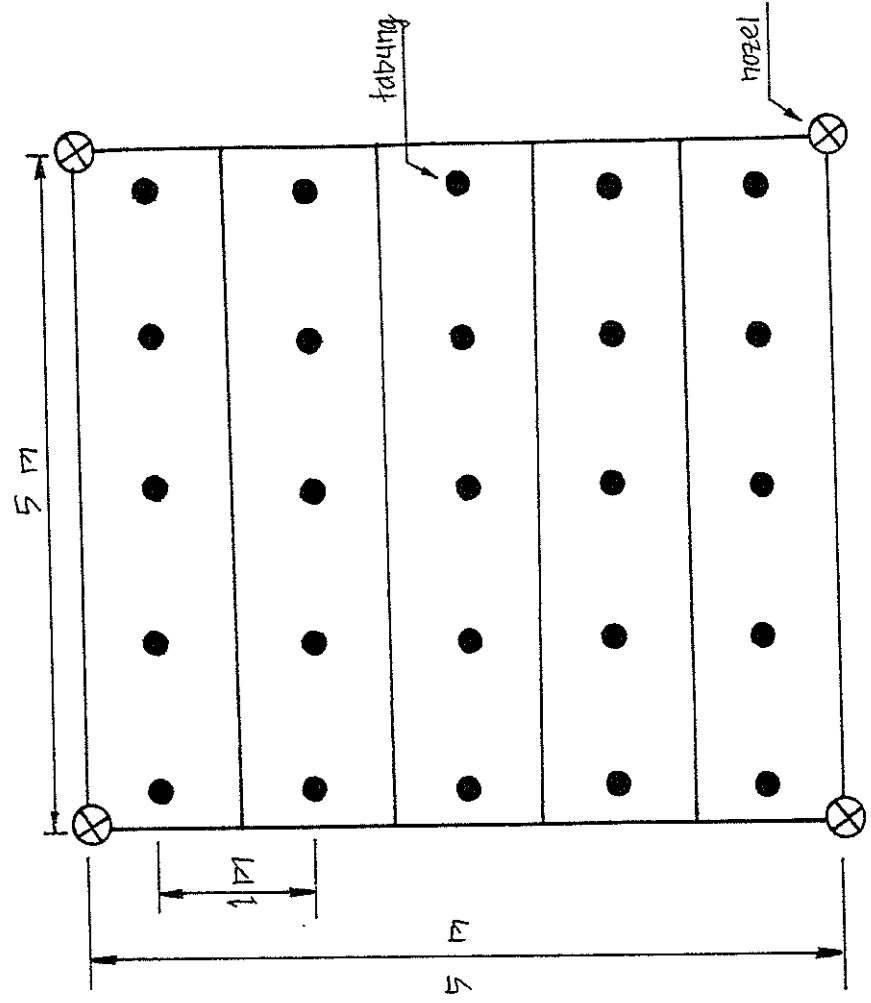
Halo, Saya adalah dosen di salah satu fakultas di IPB yang ingin melakukan penelitian di lokasi penelitian ini. Saya ingin melakukan penelitian di lokasi penelitian ini. Saya ingin melakukan penelitian di lokasi penelitian ini.

Lampiran 29. Mikro sprinkler yang digunakan dalam penelitian

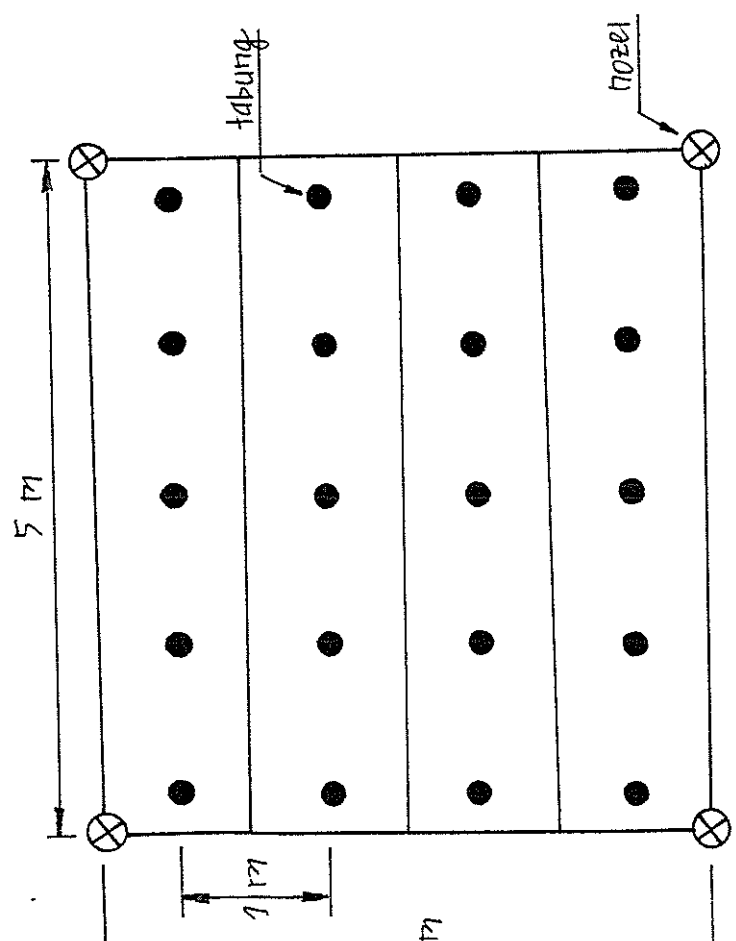


Lampiran 31. Tata letak tabung penangkapan curahan air (A, B dan C) untuk uji keseragaman penyebaran air

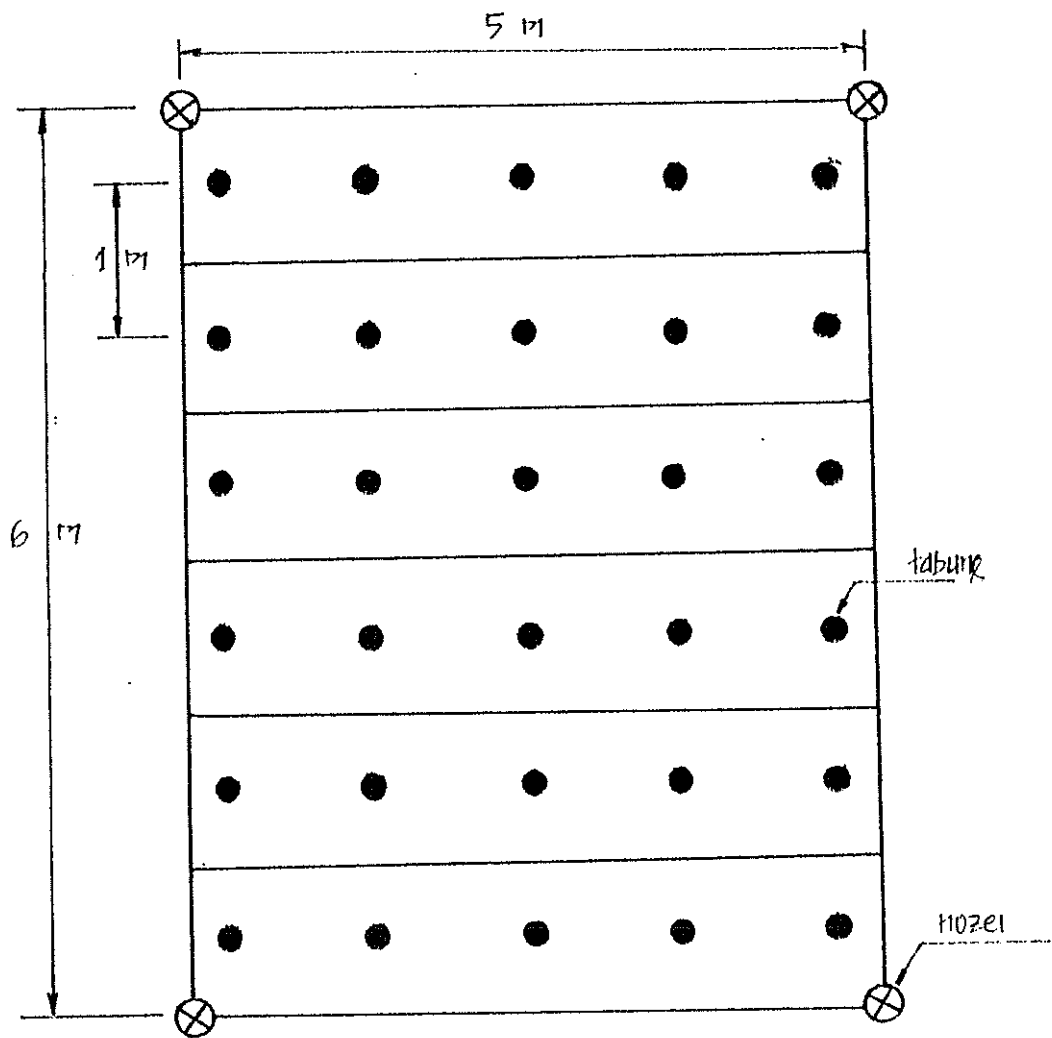
ran air



B. Jarak pipa lateral 5 meter



A. Jarak pipa lateral 4 meter



c. Jarak pipa lateral 6 meter