

**UJI DESAIN SISTEM IRIGASI AEROPONIK
PADA TANAMAN SAWI (*Brassica juncea*)**



**KARYA ILMIAH TERTULIS
(SKRIPSI)**

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk
Menyelesaikan Program Pendidikan Strata Satu
Pada Jurusan Teknik Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember



Oleh

Asi

Hidayah

Pembeliana

Terima

Tgl. 30 NOV 2002

No. 1

Klass

635

H10

4

0.1

Dani Hidayaturrahman

NIM. 981710201026

**JURUSAN TEKNIK PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2002**

Dosen Pembimbing :

Ir. Suhardjo Widodo, MS (DPU)

Ir. Boedi Soesanto, MS (DPA I)

Sri Wahyuningsih, SP., MT (DPA II)

Motto :

*“.... sesungguhnya sholatku, ibadahku, hidupku, dan matiku
hanyalah untuk Allah, tuhan semesta alam.”*

(QS. Al-An'am : 162)

*“ Allah meninggikan orang yang beriman diantara kamu dan
orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan, beberapa derajat...”*

(QS. Al-Mujaadalah : 11)

*“ Sesungguhnya, setelah ada kesulitan, disitu ada kelapangan dan
sesungguhnya disamping kesulitan ada kelonggaran, karena itu bila
engkau telah selesai dari suatu pekerjaan, kerjakan pulalah urusan
yang lain dengan tekun ”*

(QS. Al-Insyirah : 5-7)

*Jangan pernah ada kata akhir, karena akhir adalah sebuah awal
yang panjang*

(Penulis)

Karya tulis ini kupersembahkan kepada :

- ❖ *Agamaku*
- ❖ *Yang terhormat Ibunda Marmiati dan Ayahanda Maryono M. Noer, yang telah merawat, mendidik, mendo'akan, dan membesarkanku dengan penuh kasih sayang, semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat-Nya*
- ❖ *Adikku tersayang Dina Wijayanti dan Jeng Cicik Yuminingsih, dan keluargaku semuanya yang telah memberikan kasih sayang, perhatian, motivasi, do'a dan juga keceriaan*
- ❖ *Bapak dan Ibu Guruku, Bapak dan Ibu Dosenku, yang telah membuka cakrawala pengetahuanku*
- ❖ *Sahabat, temen, dan orang-orang yang dekat denganku yang telah beri aku keceriaan, kesenangan, perhatian, motivasi, bantuan dan juga kasih sayang serta tempat curahan segala rasa (Helmy, mbak Dian, Aksan, Pris, Dedy, Susi, Bagus, Mol, temen kampus, temen GP & 'everyone' yang tidak dapat kusebutkan satu persatu)
Terima kasih atas semua kenangan indah yang kalian berikan*
- ❖ *Teman-teman seperjuanganku TEP '98*
- ❖ *Almamater tercinta*

Diterima Oleh :

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN UNIVERSITAS JEMBER

Sebagai Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi)

Dipertahankan pada :

Hari : Senin


Tanggal : 18 November 2002

Jam : 10.00 WIB

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

Tim Penguji


Ketua


(Ir. Suhardjo Widodo, MS)
NIP. 130 608 231

Anggota I


(Ir. Boedi Soesanto, MS)
NIP. 130 809 686

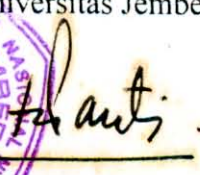
Anggota II


(Sri Wahyuningsih, SP., MT)
NIP. 132 243 340

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember




(Ir. Hj. Siti Hartanti, MS)
NIP. 130 350 763

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas rahmat dan karunianya sehingga Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi) yang berjudul “ **Uji Desain Sistem Irigasi Aeroponik Pada Tanaman Sawi (*Brassica juncea*)** ” dapat diselesaikan dengan baik.

Karya Ilmiah Tertulis ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu pada Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Dengan terselesainya Karya Ilmiah Tertulis ini, penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan kepada :

1. Ir. Hj. Siti Hartanti, MS selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember,
2. Ir. Siswijanto, MP selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian, atas persetujuan yang diberikan dalam penelitian ini,
3. Ir. Suhardjo Widodo, MS selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah memberikan bimbingan, nasehat serta saran dalam penulisan skripsi ini,
4. Ir. Boedi Soesanto, MS selaku Dosen Pembimbing Anggota I yang telah memberikan bimbingan, nasehat serta saran selama penulisan skripsi ini,
5. Sri Wahyuningsih, SP.,MT., selaku Dosen Pembimbing Anggota II yang telah memberikan bimbingan, nasehat serta saran bagi penulisan skripsi ini,
6. Dr. Ir. Sony Suwasono, MApp. Sc selaku dosen Wali,
7. Ir. Bambang Soegianto dan Pak Joko, serta pihak Politani Negeri Jember atas masukan dan bantuannya,
8. Semua kru akademik FTP (Mas Dwi, Mas Dodik, mbak Aniek, mbak Sri) yang telah memberikan bantuan selama kuliah,

9. Semua Teknisi di Lab. TP terutama jurusan TEP (Mas Agoes, Pak Saguwan dan Mas Hardi) yang telah memberikan bantuan selama penelitian,
10. Teman-teman TEP '97 (Helmy, mbak Dian, Mas Dedy, Andik, mbak Titiek, Mbak Yoana, Dadang, Tatok dan semuanya) yang telah memberikan dorongan, semangat, dan bantuan hingga terselesainya penulisan ini,
11. Teman-teman TEP '98, '99 dan '00 (Aksan, Pris, Dedy, Agi', Yuli, May, Suprihatin, Titin, Khafidz, I'in, Bashofi, Anom, Eko, Rismawan, Tanuri, Andy Wicak, Andy, Iwan, Reza, Widya, Syaiful, Ikrar, Ira, Ipe, Hasim, Ari, Somad, Fitri, Yuliman, Ika', Ken, Feny, Luthfi, Dion, Tiyas dan semuanya) yang telah memberikan dorongan, semangat, dan bantuan hingga terselesainya penulisan ini,
12. Teman-teman GP (Bagus, Helmi, Sukardi, Yuli, Alex, Dodik, Joe, mas Yohni, Ma'il, dkk) yang selalu menemani suka dan dukaku,
13. Semua pihak yang telah membantu hingga terselesainya skripsi ini.

Penulis berharap semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Semoga Allah SWT senantiasa memberikan rahmat dan karunianya bagi kita semua.

Jember, Oktober 2002

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PEMBIMBING.....	ii
MOTTO.....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
ABSTRAK.....	xiii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tanaman Sawi.....	4
2.1.1 Taksonomi Tanaman Sawi.....	4
2.1.2 Morfologi Tanaman Sawi.....	4
2.2 Aeroponik.....	5
2.2.1 Sejarah Aeroponik.....	5
2.2.2 Pengembangan Sistem Aeroponik.....	7
2.3 Saluran Irigasi.....	9
2.3.1 Saluran Terbuka.....	9
2.3.2 Saluran Pipa.....	9
2.4 Sistem Pemberian Air.....	10
2.4.1 Sistem Tetes.....	10
2.4.2 Sistem Bubbler.....	10

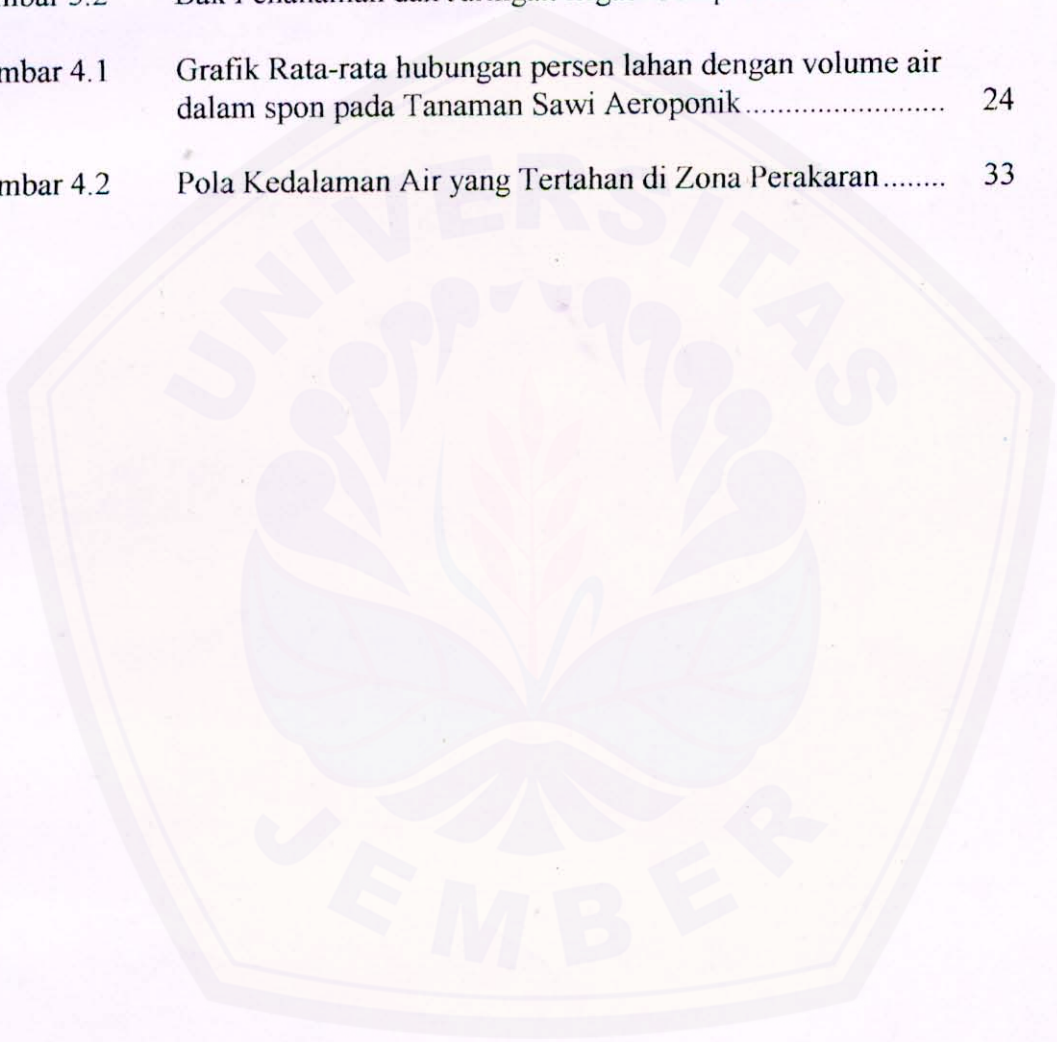
2.4.3	Sistem Sprayer.....	10
2.4.4	Sistem Sprinkler.....	11
2.4.5	Sistem Irigasi Permukaan (Subsurface).....	11
III.	METODOLOGI PENELITIAN.....	12
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	12
3.2	Bahan dan Alat Penelitian.....	12
3.2.1	Bahan.....	12
3.2.2	Alat.....	12
3.3	Desain Penelitian.....	13
3.4	Cara Kerja.....	15
3.5	Pengamatan dan Analisa.....	17
3.5.1	Penentuan Persediaan/Kecukupan Irigasi untuk Tanaman ..	17
3.5.2	Keseragaman Pemberian Air.....	17
3.5.3	Perhitungan Efisiensi Air Irigasi	18
3.5.1.1	Efisiensi Tangki Reservoir.....	19
3.5.1.2	Efisiensi Penyaluran Air.....	19
3.5.1.3	Efisiensi Pemakaian Air.....	20
3.5.4	Efisiensi Tenaga Listrik.....	20
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	21
4.1	Kecukupan Irigasi.....	21
4.2	Keseragaman Pemberian Irigasi	22
4.3	Efisiensi Irigasi	27
4.4	Efisiensi Tenaga Listrik.....	32
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	34
5.1	Kesimpulan.....	34
5.2	Saran.....	34
	DAFTAR PUSTAKA.....	36
	LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	37

DAFTAR TABEL

	Judul	Halaman
Tabel 4.1	Efisiensi <i>Storage</i> pada Sistem Irigasi yang Diterapkan untuk Tanaman Sawi (<i>Brassica juncea</i>) Aeroponik.....	22
Tabel 4.2	Data Perhitungan Koefisien Keceragaman Christiansen (Cu) Pada Sistem Irigasi Aeroponik	23
Tabel 4.3	Distribusi Keceragaman Irigasi Pada Tanaman Sawi (<i>Brassica juncea</i>) Aeroponik.....	23
Tabel 4.4	Nilai Koefisien Korelasi (R^2) Rata-rata untuk Berat Air yang Tertahan dalam Zona Perakaran.....	25
Tabel 4.5	Data Hasil Perhitungan Efisiensi Reservoir (Er).....	27
Tabel 4.6	Data Hasil Perhitungan Efisiensi Penyaluran (Ec).....	29
Tabel 4.8	Data Hasil Perhitungan Efisiensi Pemakaian Air (Ea) pada Tanaman Sawi (<i>Brassica Juncea</i>).....	30
Tabel 4.6	Tenaga Listrik yang Digunakan pada Sistem Irigasi Aeroponik.	33

DAFTAR GAMBAR

	Judul	Halaman
Gambar 3.1	Desain Jaringan Irigasi Aeroponik	13
Gambar 3.2	Bak Penanaman dan Jaringan Irigasi Semprot	14
Gambar 4.1	Grafik Rata-rata hubungan persen lahan dengan volume air dalam spon pada Tanaman Sawi Aeroponik	24
Gambar 4.2	Pola Kedalaman Air yang Tertahan di Zona Perakaran	33



DAFTAR LAMPIRAN

	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Data Perhitungan Kecukupan Irigasi.....	37
Lampiran 2.	Data Perhitungan Keseragaman Pemberian Irigasi.....	38
Lampiran 3.	Data Perhitungan Efisiensi Irigasi.....	43
Lampiran 4.	Data Perhitungan Efisiensi Tenaga Listrik	47
Lampiran 5.	Data Volume Air Drainase untuk Sirkulasi Reservoir dan Volume Air Yang Dimanfaatkan oleh Lahan (Volume <i>Sprayer</i> Rata-rata 29000 ml per 10 menit)	50
Lampiran 6.	Rekapitulasi Data Hasil Pengamatan Volume Air Drainase untuk Sirkulasi Reservoir dan Volume Air yang Dimanfaatkan oleh Lahan	52
Lampiran 7.	Data Berat Air (dalam gram) yang Tertahan dalam Spon dan Akar Tanaman Setelah Pemberian Irigasi Selama 10 menit.....	58
Lampiran 8.	Gambar Pola Kedalaman Air yang Tertahan di Zona Perakaran.....	61
Lampiran 9.	Grafik Distribusi Frekuensi Kumulatif Keseragaman Pemberian Irigasi	57
Lampiran 10.	Layout Desain Irigasi Aeroponik pada Tanaman Sawi	73
Lampiran 11.	Data Berat Spon Setelah Penyiraman 10 menit dan setelah Istirahat 10 Menit	75

Dani Hidayaturrahman, NIM. 9817110201026, **Uji Desain Sistem Irigasi Aeroponik Pada Tanaman Sawi (*Brassica juncea*)**, dibimbing oleh Ir. Suhardjo Widodo, MS (DPU), Ir. Boedi Soesanto, MS (DPA I) dan Sri Wahyuningsih, SP., MT (DPA II).

ABSTRAK

Teknik pertanaman Aeroponik merupakan sistem pertanaman modern yang paling sedikit diterapkan oleh pekebun dunia, hal ini dikarenakan sistem tersebut masih relatif baru. Secara harfiah, aeroponik berarti bercocok tanam di udara. Perbedaannya dengan bercocok tanam biasa (yang sudah lama diketahui menumbuhkan batang dan daun di udara), pada aeroponik akar juga dibiarkan tumbuh menggantung di udara. Pupuk dan mineral dicampur dan dilarutkan dengan menggunakan air yang kemudian dengan desain irigasi bertekanan tersebut, air disemprotkan ke tanaman dalam bentuk kabut sehingga kebutuhan tanaman akan nutrisi tercukupi. Sehingga penekanannya adalah pada sistem irigasinya. Tanaman Sawi merupakan tanaman yang memiliki daya penyesuaian yang luas terhadap berbagai keadaan lingkungan tumbuh, mudah dalam pemeliharannya dan relatif murah dalam penyediaan biaya usaha taninya. Penelitian yang telah dilakukan bertujuan untuk menentukan efisiensi sistem irigasi aeroponik pada tanaman Sawi, menentukan keseragaman pemberian air pada sistem irigasi aeroponik pada tanaman Sawi, menentukan kecukupan pemberian air irigasi aeroponik pada tanaman Sawi dan untuk menentukan efisiensi tenaga listrik yang digunakan untuk sistem irigasi aeroponik. Pembuatan dan uji coba model sistem irigasi aeroponik dilakukan mulai bulan Juli sampai dengan September 2002 dan pengambilan data dilakukan pada bulan September 2002 di gedung *workshop* Universitas Jember. Analisa data yang digunakan rumus-rumus kecukupan irigasi yang dinyatakan sebagai efisiensi *storage* (E_s), koefisien keseragaman Christiansen (C_u), distribusi keseragaman (D_U), efisiensi irigasi (E_i), efisiensi reservoir (E_r), efisiensi penyaluran (E_c), efisiensi pemakaian air (E_a), dan efisiensi tenaga listrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai kecukupan irigasi pada sistem aeroponik sebesar 87,416 %. Untuk nilai keseragaman dengan metode koefisien keseragaman Christiansen sebesar 94,684 % dan nilai distribusi keseragamannya adalah sebesar 84,804 %. Hasil efisiensi irigasi aeroponik untuk tanaman Sawi adalah sebesar 77,879 % dengan efisiensi reservoir sebesar 94,039 %, efisiensi penyaluran sebesar 94,246 % dan efisiensi pemakaian air oleh tanaman sebesar 87,416 %. Sedangkan nilai efisiensi tenaga listrik yang digunakan adalah sebesar 53,874 %.



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keadaan alam Indonesia ditinjau dari aspek klimatologis memungkinkan dilakukannya pembudidayaan berbagai jenis tanaman sayuran, baik yang lokal maupun yang didatangkan dari luar negeri. Hal tersebut menyebabkan Indonesia sangat potensial dalam usaha bisnis sayur-sayuran. Salah satu diantara bermacam-macam jenis sayuran yang dapat dibudidayakan tersebut adalah sawi (mustard) yang memiliki nilai komersial dan prospek yang cukup bagus. Selain ditinjau dari aspek klimatologis, aspek teknis, ekonomis serta sosialnya juga sangat mendukung, sehingga memiliki kelayakan untuk dibudidayakan di Indonesia (Eko Haryanto, 1995).

Dengan meningkatnya kesadaran akan kebutuhan gizi, menyebabkan bertambahnya permintaan akan sayuran pada umumnya dan sawi pada khususnya. Untuk memenuhi permintaan yang tinggi tersebut, ditambah dengan peluang internasional yang cukup besar bagi komoditas tersebut, sawi layak diusahakan ditinjau dari aspek ekonomis atau bisnis. Saat ini yang menjadi tuntutan konsumen terbesar adalah rasa sayuran yang renyah dan tidak pahit, tidak ada lubang bekas hama dan gizinya lebih tinggi serta harganya terjangkau. Oleh karena saat ini sudah banyak dikembangkan sistem pertanaman modern yang dianggap mampu mengatasi permasalahan tersebut.

Menurut Utami K.P (1998), ada tiga macam tipe pertanaman modern yang dikembangkan saat ini yaitu, sistem media anorganik, sistem media organik, dan pemakaian sistem air. Pemakaian sistem media anorganik banyak diterapkan oleh pekebun hidroponik dunia sebesar 79 % yaitu dengan menggunakan rockwool dan pasir. Sistem media organik biasanya menggunakan bahan seperti serbuk gergaji, humus, serabut kelapa dan ada pula yang menggabungkan dua media sekaligus misalnya humus dengan perlit. Sistem ini dianut oleh 12 % pekebun dunia. Sedangkan yang ketiga, yaitu pemakaian sistem air yang baru diterapkan oleh sebagian kecil pekebun dunia, diantaranya adalah sistem Nutrient Film Technique (5%), Kultur Air (3%), Kultur kerikil halus (1%), dan Sistem Aeroponik (0,2 %).

Teknik pertanaman Aeroponik merupakan sistem pertanaman modern yang paling sedikit diterapkan oleh pekebun dunia, hal ini dikarenakan sistem tersebut masih relatif baru. Secara harfiah, aeroponik berarti bercocok tanam di udara. Perbedaannya dengan bercocok tanam biasa (yang sudah lama diketahui menumbuhkan batang dan daun di udara), pada aeroponik akar juga dibiarkan tumbuh menggantung di udara. Untuk mengusahakan sebuah model pertanaman aeroponik, kunci utamanya terletak pada desain irigasi. Secara umum prinsipnya sama dengan irigasi tetes, yaitu irigasi bertekanan, karena air yang nantinya akan disemprotkan ke akar tanaman melalui *spray jet* merupakan media bagi nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman. Sehingga penekanannya adalah pada sistem irigasinya, dalam hal ini mencakup tentang efisiensi irigasi, keseragaman penyiraman dan tercukupinya kebutuhan air oleh tanaman.

1.2 Permasalahan

Dari uraian di atas dapat diangkat beberapa masalah, yaitu :

1. Bagaimana mendesain sebuah sistem irigasi aeroponik.
2. Bagaimana menentukan dan menghitung kecukupan pemberian air irigasi pada tanaman.
3. Bagaimana menentukan keseragaman pemberian air yang ditunjukkan oleh koefisien keseragaman Christiansen (Cu) dan distribusi keseragaman (DU).
4. Bagaimana menghitung dan menentukan efisiensi sistem irigasi aeroponik, yang terdiri dari efisiensi tangki reservoir, efisiensi penyaluran air, dan efisiensi pemakaian air.
5. Bagaimana menentukan besarnya nilai efisiensi listrik yang digunakan dalam sistem irigasi aeroponik.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menguji desain sistem irigasi aeroponik.
2. Menentukan kecukupan pemberian air irigasi pada tanaman.

3. Menentukan keseragaman pemberian air yang ditunjukkan oleh koefisien keseragaman Christiansen (Cu) dan distribusi keseragaman (DU).
4. Menentukan efisiensi sistem irigasi aeroponik yang terdiri dari efisiensi tangki reservoir, efisiensi penyaluran air, dan efisiensi pemakaian air.
5. Menentukan efisiensi tenaga listrik yang digunakan dalam sistem irigasi aeroponik.

1.4 Ruang Lingkup dan Batasan Permasalahan

Berdasarkan keterbatasan waktu, biaya, dan tenaga, maka penelitian ini kami batasi pada :

1. Penelitian ini dilaksanakan di Workshop Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.
2. Data yang diambil antara lain debit pompa, debit sprayer, volume air drainase, volume air yang tertahan di zona perakaran, voltase dan arus listrik.
3. Analisa data yang digunakan antara lain, analisa rumus, penggunaan regresi lengkung dan peta kontour sebagai untuk menunjukkan keseragaman irigasi.
4. Analisa ekonomi tidak dibahas, jadi penelitian ini terbatas hanya pada desain sistem irigasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai tambahan pengetahuan bagi para pekebun atau pembaca yang masih belum mengetahui tentang sistem pertanaman aeroponik sehingga dapat dikembangkan untuk kepentingan bisnis (komersial) atau sekedar hobi.
2. Sebagai pedoman untuk membuka peluang bisnis baru dengan prospek yang menjanjikan bagi para pekebun yang ingin mencoba sistem aeroponik dan untuk mengoptimalkan hasil panen dengan menggunakan sistem irigasi yang lebih efektif dan efisien bagi para pekebun yang telah menerapkan sistem aeroponik.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Sawi

Tanaman sawi masih satu keluarga dengan kubis-krop, kubis-bunga, broccoli, dan lobak atau rades, yakni famili Cruciferae (Brassicaceae). Oleh karena itu, sifat morfologis tanamannya hampir sama, terutama pada sistem perakaran, struktur batang, bunga, buah (polong) maupun bijinya. (Rahmat rukmana, 1994).

2.1.1 Taksonomi Tanaman Sawi

Menurut klasifikasi dalam tatanama (sistematika) tumbuhan, tanaman sawi termasuk ke dalam :

Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Angiospermae
Sub kelas	: Dicotyledonae
Ordo	: Rhoadales (Brassicales)
Famili	: Cruciferae atau Brassicaceae
Genus	: <i>Brassica</i>
Spesies	: <i>Brassica juncea</i> L

Pada klasifikasi yang lebih detail, tingkat-tingkat klasifikasi tersebut masih dibagi lebih lanjut menjadi bagian-bagian yang lebih kecil lagi yakni sub-sub tingkatan. Spesies dapat dibagi lagi menjadi beberapa varietas seperti yang kita kenal. Secara umum tanaman sawi biasanya mempunyai daun lonjong, halus, tidak berbulu, dan tidak berkrop. Petani Indonesia di masa lalu hanya mengenal tiga jenis sawi yang biasa dibudidayakan yaitu sawi putih, sawi hijau, dan sawi huma. Sekarang ini masyarakat lebih mengenal caisim atau sawi bakso. Selain itu masih ada pula jenis sawi kriting dan sawi monumen (Eko Haryanto, 1995).

2.1.2 Morfologi Tanaman Sawi

Sistem perakaran tanaman sawi memiliki akar tunggang (*radix primaria*) dan cabang-cabang akar yang bentuknya bulat panjang (*silindris*) menyebar ke

semua arah pada kedalaman 30-50 cm. Akar-akar ini berfungsi antara lain menghisap air dan zat makanan dari media tanam. Serta menguatkan berdirinya batang tanaman.

Batang (caulis) tanaman sawi pendek sekali dan beruas-ruas, sehingga hampir tidak kelihatan. Batang ini berfungsi sebagai alat pembentuk dan penopang daun. Pada umumnya daun sawi bersayap dan bertangkai panjang yang bentuknya pipih. Tanaman sawi pada umumnya tumbuh baik di dataran tinggi maupun di dataran rendah. Biasanya sawi dapat dipanen setelah daun-daun muda berukuran besar (maksimal) dan berumur antara 20-30 hari setelah tanam (Rahmat Rukmana, 1994).

2.2 Aeroponik

2.2.1 Sejarah Aeroponik

Pada tahun 1983, Richard Stoner mendaftarkan hak paten Metode Aeroponik beserta segala peralatannya yang telah dia kembangkan. Nutrien akan dibawa melalui mikroprosesor hidrokontrol yang bergerak melalui semprotan hidroatom yang telah diatur waktu penyemprotannya untuk tanaman dan benih yang ditanam dalam ruangan polistirin yang steril. Hal ini didukung oleh struktur tanaman itu sendiri. Penyakit tidak akan muncul dikarenakan pada sistem ini tidak ada tanaman yang berhubungan, atau dengan kata lain tidak ada yang melakukan kontak dengan tanaman lain dan setiap spray selalu dalam keadaan steril. Namun hal ini tidak berlaku pada kasus tanah atau media agregat dimana penyakit dapat menyebar melalui media dan menyerang tanaman. Keuntungan lain dari teknologi aeroponik, yaitu tanaman apabila terserang hama penyakit dapat langsung dipindahkan tanpa memisah atau menginfeksi tanaman lain. Sebagai tambahan, ruangan aeroponik mudah dibersihkan dengan penyemprotan sejumlah desinfektan.

Stoner mulai menjual patennya pada sejumlah perusahaan dan menjual teknologi aeroponik. Genesis Tech. Inc, membeli hak paten aeroponik dan peralatannya pada tahun 1985. Dan segera terbentuk Aeroponik Internasional pada tahun 1988 dan pada tahun tersebut terdapat lebih dari 1500 instalasi

aeroponik yang digunakan pada greenhouse, penelitian universitas dan sekolah pertanian. Teknologi aeroponik membuktikan bahwa terdapat akselerasi pengembangan akar dan pertumbuhan tanaman. Lebih dari setahun, Stoner melakukan kontak dengan pengguna teknologi aeroponik untuk melihat hasil dari teknologi aeroponik yang telah dia ciptakan. Data pada Aeroponik Internasional menunjukkan bahwa perbanyak tanaman secara aeroponik sangat sesuai bagi ribuan spesies tanaman. Aeroponik internasional telah menunjukkan kemampuannya dalam meningkatkan hasil pertanian melalui teknik aeroponik.

Hak paten metode aeroponik dan peralatannya dikembangkan oleh Aeroponik Internasional untuk meningkatkan peran dan fungsi dari teknik aeroponik itu sendiri. Hasil pengembangan tersebut dapat mengontrol penyebaran penyakit dan kelangsungan tanaman dibandingkan dengan yang telah dilakukan oleh penelitian lain. Pada penelitian Tibbits menyimpulkan bahwa sistem kegagalan pada peralatan aeroponik dapat merusak atau mematikan tanaman (Tibbits, dkk., 1994).

Tibbits menggunakan penguapan yang dibawa secara simultan pada akar dan batang tanaman. Teknik ini memiliki keterbatasan yaitu interupsi pada penguapan akan mematikan tanaman dan mengurangi kandungan air. Keterbatasan atau kekurangan lainnya adalah penguapan dapat menimbulkan jamur dan pertumbuhan bakteri dalam tanaman. Kekurangan lainnya adalah kesulitan dalam penyebaran nutrisi pada suhu yang tinggi dalam ruangan aeroponik (Coston, dkk., 1983).

Aeroponik Internasional dapat mengatasi kesulitan ini, sistem yang digunakan adalah dengan penyerapan osmosis (PO) air. Peralatan yang digunakan dalam sistem PO ini mampu memisahkan 99,9 % mineral dan 100 % bakteri dan virus dari suplai air. Air PO disalurkan pada sistem aeroponik melalui tekanan tinggi dan menyemprotkan nutrisi yang steril pada setiap semprotannya dengan durasi pendek antara 3 - 6 detik.

Air dialirkan pada hidrojet oleh hidrokontrol pada posisi paling rendah dari ruangan aeroponik. Jet ini menghasilkan semprotan hidroatom yang dapat mencapai batang dan akar tanaman. Air disemprotkan dengan tekanan ke dalam

batang dan akar tanaman. Keuntungan dari metode ini adalah ; pertama, setiap tanaman menerima makanan secara merata. Kedua, tekanan semprotan dapat mencuci semua kontaminasi patogen pada batang dan akar. Injektor mikronutrien dapat difungsikan untuk mencuci tanaman dan mempertahankan kebersihan sistem. Lingkungan yang sesuai bagi sistem aeroponik adalah :

1. Perubahan (sirkulasi) udara dan air yang terjaga
2. Cukup air bersih yang bebas sulfur dan kalsium
3. Cukup cahaya (matahari ataupun lampu)
4. Suhu udara seimbang antara panas dan dingin (temperatur minimal 65°F dan temperatur maksimal 90°F)
5. Sanitasi terjaga (bebas patogen dan serangga) (Coston, dkk., 1983).

2.2.2 Pengembangan Sistem Aeroponik

Aeroponik merupakan salah satu pengembangan dari sistem irigasi hidroponik. Sistem irigasi Hidroponik merupakan metode dan sistem bertanam tanpa tanah yang pertama kali dikembangkan. Sampai saat ini sudah banyak metode dan sistem yang telah dikembangkan dalam hidroponik antara lain : (1) sistem budidaya air; (2) sistem irigasi aeroponik, dimana akar tanaman dibiarkan tumbuh berkembang diudara; (3) sistem budidaya pasir; (4) sistem budidaya kerikil; (5) sistem vermikulaponik, akar tanaman ditumbuhkan dalam bahan lempung vermikulit murni atau dicampur dengan bahan anorganik lain, (6) sistem budidaya serabut batuan (*rockwool*) dan (7) sistem hidrokultur. (Notohadiprawiro, T.,1994).

Dalam Utami K.P, 1998 dijelaskan bahwa sistem irigasi aeroponik merupakan salah satu modifikasi hidroponik terbaru. Teknik ini menempatkan tanaman sedemikian rupa hingga akar tampak menggantung. Nutrisi yang diberikan dengan cara pengkabutan secara merata di daerah perakaran. Beragam bentuk yang berprinsip pada teknik telah diciptakan selama lebih dari 20 tahun. Aeroponik melahirkan konsep baru, dimana tanaman tidak perlu ditanamkan di media tanam (tanah atau air), namun dibiarkan menggantung di udara.

Secara harfiah, aeroponik berarti bercocok tanam di udara. Perbedaannya dengan bercocok tanam biasa (yang sudah lama diketahui menumbuhkan batang dan daun di udara), pada aeroponik akar juga dibiarkan tumbuh menggantung di udara. Dari bawahnya saja disemprotkan larutan pupuk yang harus bisa membasahi akar. Tidak perlu terus menerus, melainkan secara berkala saja (Slamet Suseno, 1999).

Menurut Lindsey J. du Toit, 1997, sistem irigasi aeroponik terdiri dari ruangan yang berkabut, jam elektronik atau timer, kaleng anti karat sebagai reservoir dan suplai tekanan air. Jika dibandingkan dengan sistem irigasi lain, kelembaban yang diperoleh dengan sistem aeroponik lebih efektif, perkembangan dan pertumbuhan benih lebih baik dari pada menggunakan media tanah serta tidak terlalu dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari karena sistem irigasi aeroponik dapat diterapkan dalam ruangan atau greenhouse.

Sistem irigasi aeroponik memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan sistem irigasi lain, yaitu : (1) tidak menggunakan media tanah dalam penanamannya, (2) sayuran terhindar dari hama penyakit dan tidak memerlukan pestisida, (3) lebih mudah dalam pengoperasiannya yaitu hanya "tanam dan panen", (4) kemampuan menyimpan air dan nutrisi yang baik, (5) Pemanenan yang diperoleh lebih banyak dan cepat, (6) berbagai jenis sayuran dapat ditanam dalam jangka waktu yang relatif sama, (7) lebih efisien jika dibandingkan dengan sistem hidroponik (Anonim, 2001).

Untuk mengusahakan sebuah model pertanaman aeroponik, kunci utamanya terletak pada desain irigasi. Secara umum prinsipnya sama dengan irigasi tetes, yaitu irigasi bertekanan, karena air yang nantinya akan disemprotkan ke akar tanaman melalui spray jet merupakan media bagi nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman. Pupuk dan mineral dicampur dan dilarutkan dengan menggunakan air yang kemudian dengan desain irigasi bertekanan tersebut, air disemprotkan ke tanaman sehingga kebutuhan tanaman akan nutrisi tercukupi.

Air yang berasal dari sumber air, masuk ke bak penampungan. Air tersebut lalu dipompa dan dialirkan ke tangki pupuk. Dalam tangki pupuk, air dicampur dengan bahan nutrisi. Sampai terbentuk larutan dengan komposisi

makro-mikro sesuai kebutuhan jenis tanaman. Larutan pupuk itu lalu dipompakan dengan tekanan 1 atm ke lahan berisi wadah penanaman. Nutrisi dibagi secara merata melalui pipa utama dan lateral. Dari pipa, larutan masuk ke wadah dan dipancarkan keluar melalui *spray jet* sehingga membasahi perakaran tanaman yang menggantung. Waktu penyiraman diatur sedemikian rupa sesuai dengan kebutuhan. Bak penanaman memang ditata agak miring ke satu sisi, untuk memudahkan air mengalir keluar. Setelah 5 menit nutrisi yang telah terkumpul dialirkan dan dipancarkan lagi. Begitu seterusnya berulang kali (Utami K.P, 1999).

2.3 Saluran Irigasi

Melalui saluran irigasi air dialirkan dari sumber air menuju daerah tanaman dalam jaringan saluran terbuka dan atau saluran pipa. Saluran terbuka dapat terhubung atau tidak terhubung sedangkan saluran pipa, sebagian terbuka di udara atau bertekanan (Larry G. James, 1988).

2.3.1 Saluran terbuka

Saluran terbuka adalah saluran yang mengalirkan air dengan permukaan bebas. Menurut asalnya, saluran dapat digolongkan menjadi saluran alam dan saluran buatan. Saluran terbuka biasanya digolongkan dalam aliran langsung dan mungkin salah satu terhubung atau tidak terhubung.

Saluran terbuka biasanya digunakan pada sistem pemakaian air untuk pertanian. Saluran terbuka dibatasi oleh permukaan yang kasar seperti beton, dinding terbuka atau tertutup untuk menekan biaya pemeliharaan, ukuran saluran dan kehilangan karena rembesan melalui dinding saluran (Larry G. James, 1988).

2.3.2 Saluran pipa

Sistem saluran pipa digolongkan menjadi dua, yaitu saluran pipa terbuka (*low head*) dan saluran pipa tertutup (bertekanan). Kedua tipe saluran pipa ini dapat dipasang pada permukaan tanah dan di dalam tanah (dipendam).

Pipa yang dipasang dipermukaan tanah memiliki kemudahan dalam pemasangannya dan lebih praktis, sedangkan pada pipa bawah tanah memiliki kelebihan dapat terhindar dari kerusakan yang diakibatkan oleh mesin pertanian dan kendaraan bermotor (Larry G. James, 1988).

2.4 Sistem Pemberian Air

2.4.1 Sistem Tetes

Definisi irigasi sistem tetes / *drip* adalah irigasi bertekanan untuk mengairi tanaman hortikultura dengan prinsip hemat air. Keuntungan teknologi dan ekonomi dari irigasi sistem tetes adalah paling hemat air dan non perkolasi, dapat digunakan secara serba guna untuk pemupukan pupuk cair / cocok untuk irigasi tanaman di dalam *greenhouse*, dapat dijalankan dengan teknik *automat* (I. Tribowo, 2001).

Prinsip pengairannya sebenarnya tidak rumit, yakni dengan mengalirkan air dari sumbernya menuju tanaman melewati beberapa pipa saluran. Agar air dapat keluar saluran dengan cara tetesan, ujung saluran penetes 'disumbat' dengan alat berlubang kecil yang disebut *emiter*. Debit air yang keluar dapat disesuaikan dengan kebutuhan tanaman. Caranya dengan mengatur ukuran lubang *emiter* dan lamanya pengaliran air (Fendy RP, 1995).

2.4.2 Sistem Bubbler

Irigasi *bubbler* merupakan sebuah sistem irigasi dimana air dialirkan ke permukaan tanah dengan aliran kecil melalui pipa yang berdiameter 10 mm atau lebih. Debit masing-masing pipa dikontrol oleh diameter atau panjang pipa. Karena diameter pipa cukup besar maka sistem *bubbler* ini tidak mudah tersumbat dan biasanya memiliki debit yang lebih besar dari pada sistem *drip* (tetes). Rata-rata debitnya kurang dari 225 lt/jam (1 lt/gpm) (Larry G. James, 1988).

2.4.3 Sistem Sprayer

Sistem tetes tipe *spray* mempunyai kemungkinan yang lebih besar terhadap penyumbatan daripada sistem *drip* (irigasi tetes) dan *subsurface*. Pada

irigasi *spray*, sprinkler kecil (sering disebut mikro sprinkler) menyemprotkan air seperti kabut diatas permukaan tanah. Mikro sprinkler dapat dipasang untuk memberi irigasi di seluruh permukaan tanah sebagaimana sistem sprinkler konvensional atau sebagian permukaan tanah seperti sistem tetes. Kecepatan rata-rata biasanya kurang dari 115 lt/jam (0,5 gpm). Kelebihan utama irigasi *spray* yang melebihi irigasi *bubbler* adalah kecepatan pengaliran yang lebih rendah yang akan mengurangi kemungkinan run off dan erosi. Kehilangan yang disebabkan karena arus angin dan evaporasi, bagaimanapun juga lebih besar pada irigasi *spray* daripada sistem tetes lainnya (Larry G. James, 1988).

2.4.4 Sistem Sprinkler

"*Sprinkler Irrigation*" telah mulai dikenal semenjak tahun 1900. Semula menggunakan alat penyemprot yang bersifat permanen dan dengan ditemukannya pipa dari bahan ringan dan "*nozzle*" yang dapat berputar, maka sistem ini menjadi lebih praktis dengan efisiensi yang lebih baik.

"*Sprinkler Irrigation*" sering disebut juga sebagai "*overhead irrigation*" atau irigasi curah, mengingat bahwa pemberian air diberikan dari atas tanaman dan diusahakan mendekati keadaan hujan. Sistem irigasi curah biasanya terdiri atas unit pompa air untuk penyediaan air dengan cukup tekanan, jaringan pipa-pipa untuk penyaluran dan pembagian air, serta alat "*nozzle*" sebagai alat penyemprot. Komponen yang terpenting dari sistem irigasi *sprinkel* adalah "*sprinkel head*". Sifat pengoperasiannya di bawah kondisi iklim dan tekanan air optimum, terutama kecepatan angin akan menentukan kesesuaian dan efisiensi sistem (Larry G. James, 1988).

2.4.5 Sistem Irigasi Permukaan (*Subsurface*)

Kebanyakan sistem irigasi yang ada adalah sistem irigasi dengan teknik permukaan. Sistem irigasi permukaan ini biasanya membutuhkan modal awal yang lebih rendah, jumlah tenaga kerja yang besar, dan efisiensinya lebih rendah dari pada sistem irigasi lainnya (Larry G. James, 1988).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2002 di Work Shop Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tanaman sawi yang sudah siap pindah dari persemaian untuk dikembangkan lebih lanjut.

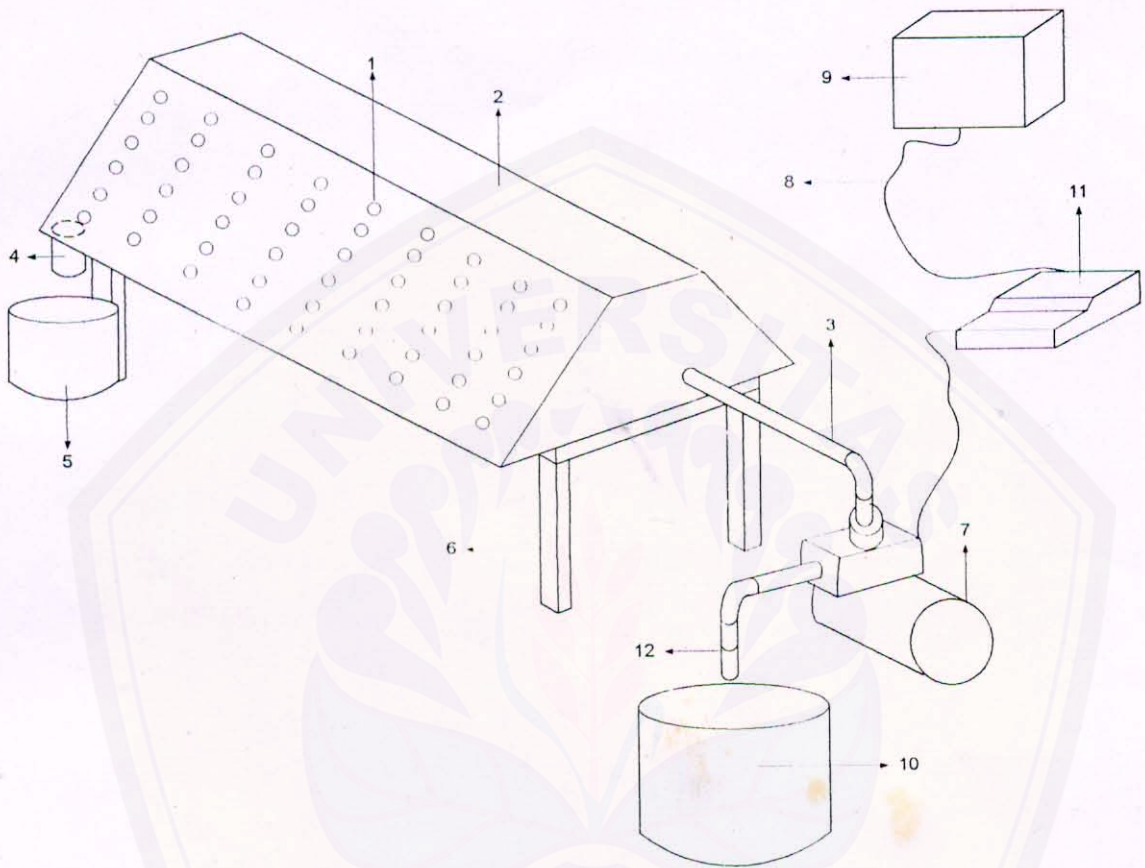
3.2.2 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

- | | |
|---------------------|------------------|
| a) Bak penanaman | j) sprayer |
| b) Pipa PVC | k) Styrofoam |
| c) Pompa | l) End plug |
| d) Saluran Drainase | m) Penyangga |
| e) Bak Penampungan | n) Filter |
| f) Timer | o) Voltmeter |
| g) Clampmeter | p) Gelas plastik |
| h) Reservoir | |
| i) Kabel | |

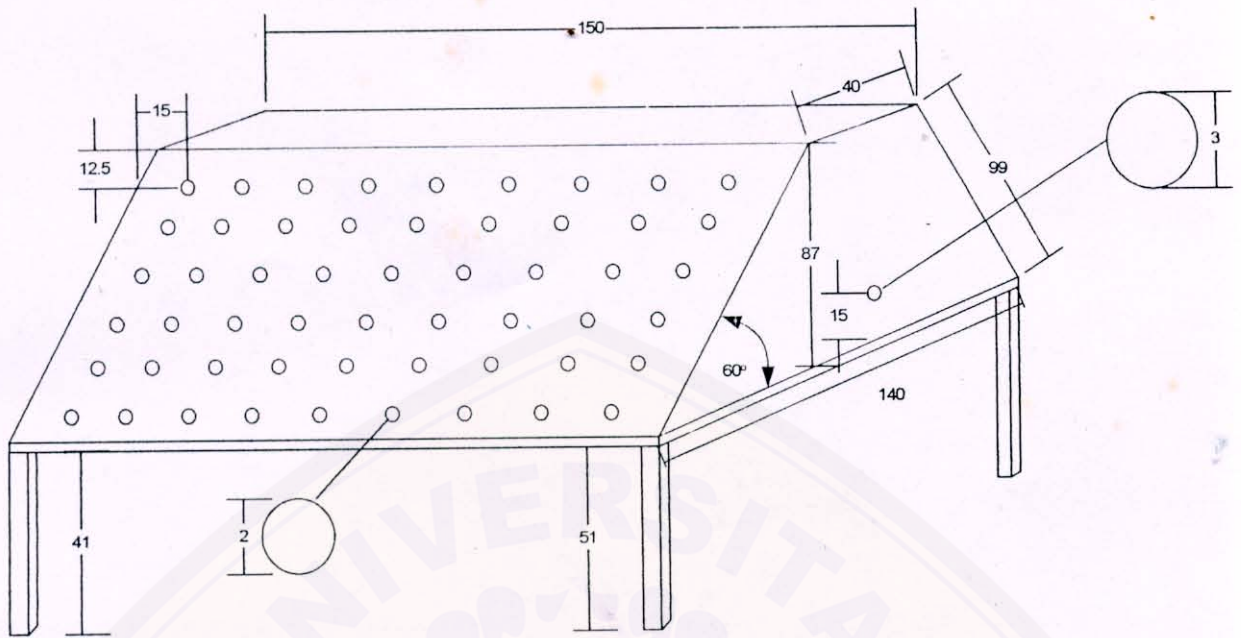


3.3 Desain Penelitian

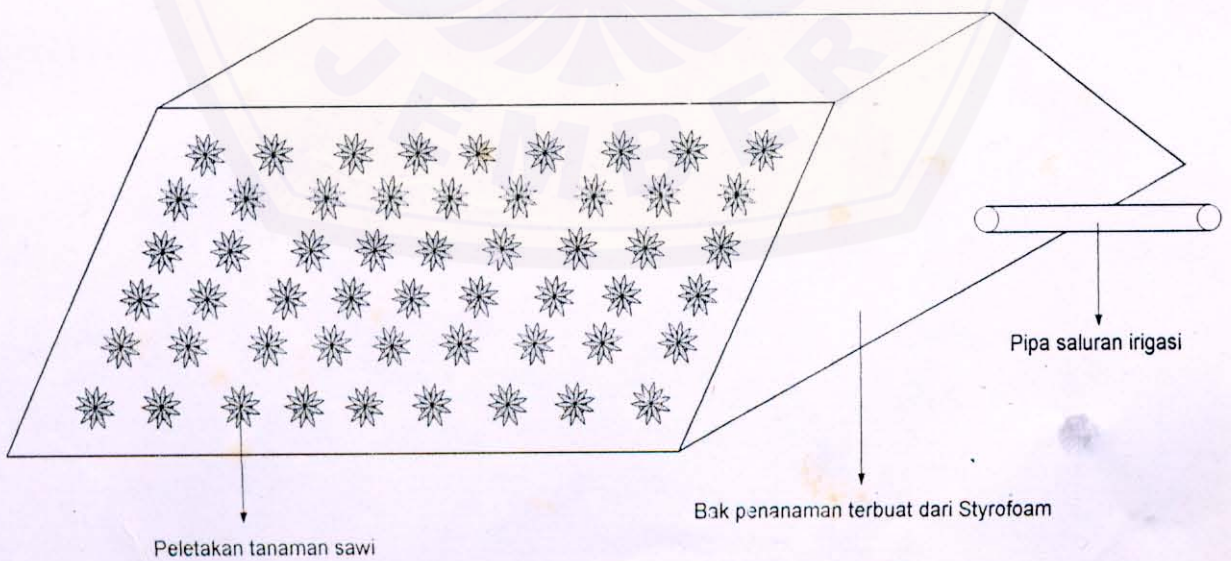
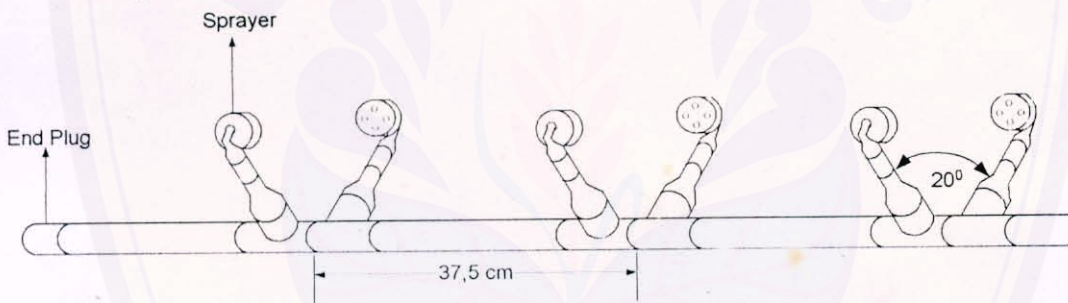


Gambar 3.1. Desain jaringan irigasi Aeroponik

- | | |
|-------------------------------|---------------|
| 1. Lubang tempat tanaman sawi | 7. Pompa |
| 2. Bak penanaman | 8. Kabel |
| 3. Pipa PVC | 9. KWH meter |
| 4. Lubang drainase | 10. Reservoir |
| 5. Tangki drainase | 11. Timer |
| 6. Penyangga | 12. Filter |



Keterangan : satuan dalam cm



Gambar 3.2. Bak penanaman dan jaringan irigasi semprot

3.4 Cara Kerja

- a) Membuat bak penanaman yang berbentuk prisma segitiga sama sisi seperti pada desain penelitian dan sekaligus membuat lubang-lubang dengan diameter 2 cm dan jarak antar lubang 15 cm sebagai tempat penanaman
- b) Memasang pompa dan menghubungkannya ke bak penanaman yang telah diberi lubang pada kedua sisi dengan pipa (seperti gambar pada desain penelitian).
- c) Memasang timer pada pompa agar proses penyiraman dapat berjalan secara otomatis.
- d) Pada jalur lateral, dipasang pipa sekunder dan bagian ujungnya dipasangi dengan emiter / sprayer dimana sprayer diatur sedemikian rupa sehingga air yang disemprotkan dalam bentuk kabut bisa didistribusikan secara merata ke bak penanaman.
- e) Menutup bagian ujung pipa utama dengan menggunakan *end plug*.
- f) Bak penanaman dipasang agak miring dengan menggunakan penyangga dan dibagian sisi bawah diberi lubang drainase.
- g) Mengisi air sesuai dengan kapasitas reservoir dan memberi tanda pada level permukaan air mula-mula pada reservoir (sebagai datum).
- h) Melakukan pengaliran irigasi selama interval waktu 60 detik dengan memasang sprayer pada jaringan irigasi dan menampung air yang keluar melalui sprayer dengan bak penampung.
- i) Menghitung volume air dalam bak penampung dan mengasumsikan sebagai volume air yang dihasilkan oleh sprayer.
- j) Menghitung volume air dalam bak reservoir dan mengasumsikan sebagai volume air yang disedot oleh pompa.
- k) Melakukan perhitungan data untuk menentukan debit air dan efisiensi penyaluran.
- l) Meletakkan tanaman sawi siap tanam (sawi bermedia spon dari lahan hidroponik) pada lubang-lubang yang telah tersedia pada bak penanaman.
- m) Penyiraman dilakukan dengan dua interval waktu yaitu, interval pertama dari pukul 06.00 – 18,00 penyiraman dilakukan selang 10 menit (10 menit

penyiraman dan 10 menit istirahat). Pada pukul 18.00 – 06.00 penyiraman aktif dilakukan selama 10 menit selang 1 jam.

- n) Melakukan pengaliran air irigasi dan mencatat interval waktu pada setiap pengaliran irigasi dan menampung air drainase pada bak penampungan kemudian memasukkan kembali air drainase tersebut ke dalam reservoir (sirkulasi).
- o) Mengukur tambahan air yang harus diberikan hingga level permukaan air pada reservoir seperti semula.
- p) Melakukan perhitungan data untuk menentukan efisiensi reservoir.
- q) Mengukur volume air drainase dan menentukan volume air yang tertahan dalam akar.
- r) Mengukur berat air yang tertahan dalam akar tanaman, yaitu dengan cara tanaman sawi dan spon diperas hingga spon dan akar dianggap kering kemudian memasukkannya ke dalam gelas-gelas plastik dan ditimbang sebagai berat awal.
- s) Memasukkan tanaman sawi yang telah tersebut ke lubang-lubang pada bak penanaman dan melakukan pengaliran irigasi dengan interval waktu 10 menit, kemudian segera memindahkannya kembali ke dalam gelas plastik.
- t) Menimbang gelas-gelas plastik yang telah diisi dengan tanaman sawi yang telah diberi air tersebut sebagai berat akhir.
- u) Melakukan perhitungan data untuk mengetahui koefisien keseragaman (Cu) dan distribusi keseragaman (DU).

3.5 Pengamatan dan Analisa

3.5.1 Penentuan Efisiensi Kecukupan Air Irigasi untuk Tanaman

Efisiensi kecukupan air (efisiensi storage) menunjukkan apakah air irigasi yang diberikan sudah memenuhi kebutuhan tanaman. Kecukupan irigasi adalah persen lahan yang mendapat air yang cukup untuk mempertahankan kuantitas dan kualitas produksi tanaman pada kondisi yang menguntungkan.

Efisiensi *storage* (E_s) dihitung dengan rumus :

$$E_s = 100 \left[\frac{S_{rz}}{S_{fc}} \right] \dots \dots \dots (3.1)$$

- dimana : S_{rz} = jumlah air yang tersimpan di zona perakaran (ml)
 S_{fc} = jumlah air yang mengisi zona perakaran hingga kapasitas lapang (ml)
 E_s = efisiensi storage (%)

3.5.2 Keseragaman Pemberian Air

Keseragaman pemberian air menggambarkan seberapa rata distribusi air pada sistem pemberian air yang disalurkan ke lahan. Keseragaman pemberian air dihitung dengan menggunakan koefisien keseragaman Christiansen (C_u).

Jika daerah pada masing-masing pengamatan sama, rumus yang digunakan sebagai berikut :

$$C_u = 100 \left[1,00 - \frac{\sum |d|}{n\bar{X}} \right] \dots \dots \dots (3.2a)$$

$$d = X_i - \bar{X} \dots \dots \dots (3.2b)$$

- dimana : n = jumlah pengamatan
 \bar{X} = rata-rata kedalaman / volume air yang diserap oleh akar (ml)
 X_i = jumlah air yang tertahan dalam zona perakaran (ml)
 C_u = koefisien keseragaman Christiansen (%)

Distribusi keseragaman (DU) merupakan salah satu Indeks keseragaman pada penerapan sistem irigasi. DU merupakan rasio, yang ditunjukkan dalam %, antara rata-rata nilai lima terendah (*low quarter*) volume air yang tertahan dalam spon setelah periode pemberian irigasi selama 10 menit terhadap rata-rata nilai volume air yang tertahan dalam zona perakaran keseluruhan dalam sekali ulangan. Penentuan distribusi keseragaman dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$DU = 100 \left(\frac{\bar{X}_{LQ}}{\bar{X}} \right) \dots \dots \dots (3.3)$$

dimana : \bar{X}_{LQ} = rata-rata nilai lima terendah volume air yang tertahan dalam spon (ml)
 \bar{X} = rata-rata volume air yang tertahan dalam spon (ml)
 DU = distribusi keseragaman (%)

3.5.3 Perhitungan Efisiensi Air Irigasi

Efisiensi penyaluran air adalah suatu angka yang menunjukkan persentase air yang hilang di saluran pemberian air. Kehilangan air ini dapat disebabkan oleh evaporasi perembesan, dan kebocoran-kebocoran. Dalam Larry G. James (1988), efisiensi secara keseluruhan meliputi efisiensi tangki reservoir, efisiensi pengaliran (*conveyance*) air dan efisiensi pemakaian air.

Efisiensi irigasi dihitung dengan rumus berikut :

$$Ei = \left[\frac{Er}{100} \right] \left[\frac{Ec}{100} \right] \left[\frac{Ea}{100} \right] [100] \dots \dots \dots (3.4)$$

dimana : Ei = efisiensi irigasi dalam %
 Er = efisiensi tangki reservoir dalam %
 Ec = efisiensi penyaluran air dalam %
 Ea = efisiensi pemakaian air dalam %

3.5.3.1 Efisiensi tangki reservoir

Efisiensi air dalam reservoir dikurangi dengan evaporasi dan kehilangan karena rembesan. Dalam hal ini air rembesan dan evaporasi dari reservoir diasumsikan sebagai volume *outflow* dari reservoir.

Efisiensi tangki reservoir dihitung dengan rumus :

$$E_r = 100 \left[1 - \frac{V_o}{V_i} \right] \dots\dots\dots (3.5)$$

dimana : E_r = efisiensi reservoir storage dalam %

V_i = volume air yang masuk ke reservoir selama suatu interval waktu (ml)

V_o = volume *outflow* dari reservoir selama suatu interval waktu (ml)

3.5.3.2 Efisiensi penyaluran air

Efisiensi penyaluran air (E_c) adalah rasio, dalam %, jumlah air yang dihasilkan oleh kanal atau pipa saluran terhadap jumlah air yang disalurkan.

Efisiensi penyaluran air (E_c) dihitung dengan rumus :

$$E_c = 100 \left[\frac{V_{co}}{V_{ci}} \right] \dots\dots\dots (3.6)$$

dimana : E_c = efisiensi penyaluran dalam %

V_{co} = volume air yang dihasilkan dari sistem penyaluran air (*outflow*) (ml)

V_{ci} = volume air yang dihasilkan untuk penyaluran air (*inflow*) (ml)

Volume air yang dihasilkan oleh sistem penyaluran air adalah volume air yang dihasilkan oleh *sprayer* selama suatu interval waktu tertentu. Sedangkan volume air yang dihasilkan untuk penyaluran air merupakan volume air yang dihisap oleh pompa, yang diketahui dari perubahan volume air dalam reservoir selama suatu interval waktu tertentu.

3.5.3.3 Efisiensi pemakaian air

Efisiensi pemakaian air untuk daerah irigasi (E_a) adalah rasio, dalam %, dari volume air yang dimanfaatkan oleh tanaman terhadap air yang disalurkan. Efisiensi pemakaian air dihitung dengan rumus :

$$E_a = 100 \left[\frac{\nabla a}{\nabla c} \right] \dots\dots\dots (3.7)$$

dimana : E_a = efisiensi pemakaian air dalam %

∇a = volume air yang dimanfaatkan oleh tanaman (ml)

∇c = volume air yang disalurkan ke tanaman (ml)

3.5.4 Efisiensi Tenaga Listrik

Efisiensi tenaga listrik dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.8)$$

dimana : η = efisiensi tenaga listrik (%)

P_{out} = daya *output*, tenaga listrik yang dimanfaatkan untuk keperluan irigasi (Watt)

P_{in} = daya *input*, tenaga / daya listrik yang tersedia untuk keperluan irigasi (Watt)



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil penelitian dan pengamatan yang dilakukan diketahui bahwa desain sistem irigasi aeroponik ini masih perlu disempurnakan lagi agar dapat berfungsi lebih efektif dan efisien.
2. Nilai kecukupan irigasi pada sistem irigasi aeroponik ini adalah sebesar 87,416 %, hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar lahan sudah tercukupi kebutuhan airnya.
3. Keseragaman irigasi dengan menggunakan metode koefisien keseragaman Christiansen (Cu) diperoleh nilai keseragaman sebesar 96,811 %, sedangkan dengan menggunakan metode distribusi keseragaman (DU) diperoleh nilai keseragaman sebesar 84,808 %.
4. Nilai efisiensi irigasi pada tanaman sawi (*Brassica juncea*) dengan sistem aeroponik adalah sebesar 77,879 %, dengan nilai efisiensi reservoir sebesar 94,039 %, efisiensi penyaluran sebesar 94,246 %, dan efisiensi pemakaian air oleh tanaman sebesar 87,416 %.
5. Pada penelitian ini diperoleh nilai efisiensi tenaga listrik sebesar 53,874 %.
6. Penggunaan *timer* dan filter pada sistem irigasi aeroponik sangat dibutuhkan untuk menaikkan tingkat ketelitian dan nilai efisiensi irigasi.

5.2 Saran

Pada penelitian mengenai uji desain sistem irigasi aeroponik ini masih banyak hal yang harus diperhatikan dan diperbaiki. Penentuan waktu pemberian irigasi dengan waktu 10 menit penyiraman dan 10 menit istirahat untuk siang hari dan tiap 10 menit selang 1 jam pada malam hari, masih perlu dikaji ulang untuk menentukan selang waktu yang lebih tepat sehingga penggunaan air dapat diatur lebih efisien. Sedangkan untuk desain sistem irigasi, juga masih perlu dilakukan adanya penelitian yang lebih lanjut, terutama mengenai jarak antar *sprayer* dan

sudut kemiringan *sprayer* terhadap bidang tanam. Hal ini sangat penting untuk menghindari terjadinya *overlapping* yang terlalu besar pada saat penyiraman dan memperbesar nilai keseragaman pemberian irigasi. Perhitungan mengenai efisiensi listrik juga masih perlu dikaji ulang, apakah masih terjadi kesalahan pada pengamatan atau pada penggunaan alat ukur arus listrik, sehingga nantinya bisa diperoleh nilai daya listrik yang masuk ke pompa benar-benar sesuai dengan besarnya kapasitas pompa yang ada.

Penelitian uji desain irigasi aeroponik pada tanaman sawi ini sudah memperoleh nilai efisiensi irigasi yang cukup baik, tetapi nilai efisiensi tersebut masih perlu ditingkatkan lagi untuk memperoleh hasil yang maksimal. Hal ini dapat dilakukan dengan cara memperbanyak populasi tanaman untuk memperkecil jumlah kehilangan air pada saat pemberian irigasi. Selain itu, faktor *human error* pada saat melakukan sirkulasi air drainase juga sangat berpengaruh pada besarnya nilai efisiensi, hal ini dapat diatasi dengan membuat suatu sistem sirkulasi otomatis, sehingga sirkulasi air drainase ke tangki reservoir dapat berjalan lebih praktis dan efisien, serta tidak ada air yang terbuang karena kesalahan operator.

Desain sistem irigasi pada irigasi aeroponik merupakan faktor utama yang harus diperhatikan, karena bentuk desain sistem irigasi sangat berpengaruh terhadap besarnya nilai keseragaman pemberian irigasi dan secara otomatis akan mempengaruhi nilai efisiensi irigasi keseluruhan. Oleh karena itu diperlukan penelitian lebih lanjut guna mengoptimalkan desain sistem irigasi, sehingga bisa diperoleh nilai keseragaman pemberian irigasi dan efisiensi irigasi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2001. **Teknologi Aeroponik**. TaniNet. Halaman Pertanian Anda.
- Coston, D.C., Krewer, G.W., Owing, R.C., and Denny, E.G. 1983. **Air Rooting of Peach Semiharwood Cutting**. Hort Science Vol. 18(3) 323-323.
- Eko Haryanto. 1995. **Sawi dan Selada**. Penerbit Penebar Swadaya. Jakarta.
- James, Larry G. 1988. **Principles of Farm Irrigation System Design**. John Wiley & Sons. New York.
- Lindsey J. Du Toit., H. Walker Kirby., and Wayne L. Pedersen. 1997. **Evaluation of an Aeroponics System to Screen Maize Genotypes for Resistance to *Fusarium graminearum* Seedling Blight**. Department of Plant Pathology, University of Illinois at Urbana – Champaign. Urbana 61801
- Notohadiprawiro, T. 1994. **Mari Memahami Bertanam Secara Hidroponik**. Kedaulatan Rakyat, Edisi 17 Januari. Halaman X.
- Rukmana, Rahmat. 1994. **Bertanam Petsai dan Sawi**, Penerbit Kanisius (Anggota IKAPI). Yogyakarta.
- Soeseno, S. 1999. **Teknologi Aeroponik : Akar Tanaman Menggantung di Udara**. Trubus No. 356, Edisi Juli. Halaman 28.
- Tibbits, T.W., Cao, W., and Wheeler, R.M. 1994. **Growth of Potatoes for CELSS**. NASA Contractor Report 177646.
- Utami K.P. 1998. **Inilah Figur Hidroponik Dunia**. Trubus No. 348, Tahun XXIX, Edisi November. Halaman 43.
- _____. 1999. **Aeroponik Sayuran : Selangkah Lebih Maju**. Trubus No. 359, Edisi Oktober, Tahun XXX. Halaman 25.

Lampiran 1. Data Perhitungan Kecukupan Irigasi.

Rumus : $Es = 100 \left(\frac{Sr_z}{Sf_c} \right)$

dimana : $Es =$ Efisiensi storage

$Sr_z =$ Jumlah air yang tertahan di zona perakaran setelah pemberian irigasi selama 10 menit

$Sf_c =$ Jumlah air yang mengisi zona perakaran selama irigasi

Ulangan	Sf _c (ml)	Sr _z (ml)	Ea (%)
1	521.034	423.536	81,288
2	486.774	451.010	92,653
3	518.572	457.940	88,308
Jumlah	1.526.380	1.332.486	262,248
Rata-rata	508.793	444.162	87,416

Contoh perhitungan :

Diketahui : $Sr_z = 423,536$ ml

$Sf_c = 521.034$ ml

Hitung : Efisiensi storage (Es)

Penyelesaian : $Efisiensi\ storage\ (Es) = 100 \left(\frac{Sr_z}{Sf_c} \right)$

$$= 100 \left(\frac{423,536\ ml}{521,034\ ml} \right)$$

$$= 81,288\ %$$

Lampiran 2. Data Perhitungan Distribusi Keceragaman.

$$\text{Rumus : } DU = 100 \left(\frac{X_{1Q}}{X} \right)$$

I. Data perhitungan $|d|$

No	Ulangan I	$ d $	Ulangan II	$ d $	Ulangan III	$ d $
1	4.430	0.508	4.800	0.624	4.800	0.56
2	4.335	0.413	4.700	0.524	4.700	0.46
3	4.330	0.408	4.650	0.474	4.700	0.46
4	4.330	0.408	4.600	0.424	4.650	0.41
5	4.320	0.398	4.600	0.424	4.650	0.41
6	4.252	0.33	4.600	0.424	4.650	0.41
7	4.250	0.328	4.600	0.424	4.650	0.41
8	4.250	0.328	4.600	0.424	4.650	0.41
9	4.225	0.303	4.580	0.404	4.620	0.38
10	4.220	0.298	4.580	0.404	4.620	0.38
11	4.202	0.28	4.580	0.404	4.620	0.38
12	4.120	0.198	4.580	0.404	4.620	0.38
13	4.115	0.193	4.550	0.374	4.600	0.36
14	4.108	0.186	4.550	0.374	4.600	0.36
15	4.105	0.183	4.550	0.374	4.600	0.36
16	4.100	0.178	4.500	0.324	4.580	0.34
17	4.100	0.178	4.500	0.324	4.550	0.31
18	4.098	0.176	4.500	0.324	4.550	0.31
19	4.095	0.173	4.480	0.304	4.550	0.31
20	4.095	0.173	4.450	0.274	4.550	0.31
21	4.085	0.163	4.450	0.274	4.500	0.26
22	4.085	0.163	4.400	0.224	4.500	0.26
23	4.080	0.158	4.400	0.224	4.500	0.26
24	4.080	0.158	4.400	0.224	4.450	0.21
25	4.076	0.154	4.398	0.222	4.450	0.21
26	4.072	0.15	4.370	0.194	4.430	0.19
27	4.072	0.15	4.350	0.174	4.430	0.19
28	4.070	0.148	4.350	0.174	4.400	0.16
29	4.070	0.148	4.350	0.174	4.400	0.16
30	4.068	0.146	4.345	0.169	4.400	0.16
31	4.068	0.146	4.345	0.169	4.400	0.16
32	4.064	0.142	4.345	0.169	4.350	0.11
33	4.064	0.142	4.342	0.166	4.350	0.11
34	4.060	0.138	4.342	0.166	4.330	0.09
35	4.060	0.138	4.340	0.164	4.330	0.09
36	4.058	0.136	4.340	0.164	4.330	0.09
37	4.055	0.133	4.340	0.164	4.330	0.09
38	4.055	0.133	4.340	0.164	4.300	0.06

No	Ulangan I	d	Ulangan II	d	Ulangan III	d
39	4.055	0.133	4.338	0.162	4.300	0.06
40	4.050	0.128	4.338	0.162	4.300	0.06
41	4.050	0.128	4.335	0.159	4.260	0.02
42	4.046	0.124	4.335	0.159	4.260	0.02
43	4.045	0.123	4.320	0.144	4.250	0.01
44	4.045	0.123	4.320	0.144	4.250	0.01
45	4.042	0.12	4.320	0.144	4.250	0.01
46	4.042	0.12	4.300	0.124	4.250	0.01
47	4.040	0.118	4.300	0.124	4.250	0.01
48	4.040	0.118	4.300	0.124	4.250	0.01
49	4.035	0.113	4.300	0.124	4.250	0.01
50	4.035	0.113	4.280	0.104	4.250	0.01
51	4.032	0.11	4.280	0.104	4.240	0
52	4.032	0.11	4.264	0.088	4.240	0
53	4.030	0.108	4.250	0.074	4.240	0
54	4.030	0.108	4.220	0.044	4.240	0
55	4.024	0.102	4.200	0.024	4.235	0.005
56	4.024	0.102	4.200	0.024	4.235	0.005
57	4.020	0.098	4.200	0.024	4.230	0.01
58	4.020	0.098	4.180	0.004	4.230	0.01
59	4.015	0.093	4.150	0.026	4.230	0.01
60	4.015	0.093	4.148	0.028	4.225	0.015
61	4.008	0.086	4.145	0.031	4.225	0.015
62	4.008	0.086	4.145	0.031	4.220	0.02
63	4.000	0.078	4.140	0.036	4.220	0.02
64	4.000	0.078	4.140	0.036	4.220	0.02
65	3.940	0.018	4.135	0.041	4.220	0.02
66	3.920	0.002	4.120	0.056	4.200	0.04
67	3.920	0.002	4.120	0.056	4.200	0.04
68	3.900	0.022	4.100	0.076	4.200	0.04
69	3.900	0.022	4.095	0.081	4.200	0.04
70	3.880	0.042	4.095	0.081	4.200	0.04
71	3.880	0.042	4.094	0.082	4.200	0.04
72	3.850	0.072	4.080	0.096	4.200	0.04
73	3.850	0.072	4.075	0.101	4.200	0.04
74	3.845	0.077	4.075	0.101	4.200	0.04
75	3.845	0.077	4.070	0.106	4.180	0.06
76	3.840	0.082	4.065	0.111	4.180	0.06
77	3.840	0.082	4.065	0.111	4.150	0.09
78	3.800	0.122	4.060	0.116	4.150	0.09
79	3.800	0.122	4.045	0.131	4.150	0.09
80	3.750	0.172	4.045	0.131	4.127	0.113
81	3.750	0.172	4.030	0.146	4.125	0.115
82	3.750	0.172	4.030	0.146	4.125	0.115

No	Ulangan I	d	Ulangan II	d	Ulangan III	d
83	3.750	0.172	4.000	0.176	4.125	0.115
84	3.718	0.204	4.000	0.176	4.120	0.12
85	3.700	0.222	3.996	0.18	4.120	0.12
86	3.680	0.242	3.950	0.226	4.120	0.12
87	3.680	0.242	3.950	0.226	4.118	0.122
88	3.680	0.242	3.900	0.276	4.100	0.14
89	3.676	0.246	3.870	0.306	4.100	0.14
90	3.675	0.247	3.850	0.326	4.000	0.24
91	3.675	0.247	3.850	0.326	4.000	0.24
92	3.655	0.267	3.840	0.336	3.950	0.29
93	3.600	0.322	3.820	0.356	3.950	0.29
94	3.600	0.322	3.820	0.356	3.920	0.32
95	3.600	0.322	3.800	0.376	3.900	0.34
96	3.552	0.37	3.750	0.426	3.830	0.41
97	3.550	0.372	3.690	0.486	3.780	0.46
98	3.500	0.422	3.680	0.496	3.750	0.49
99	3.450	0.472	3.680	0.496	3.750	0.49
100	3.440	0.482	3.675	0.501	3.700	0.54
101	3.410	0.512	3.675	0.501	3.700	0.54
102	3.400	0.522	3.550	0.626	3.680	0.56
103	3.400	0.522	3.500	0.676	3.680	0.56
104	3.400	0.522	3.450	0.726	3.680	0.56
105	3.380	0.542	3.450	0.726	3.680	0.56
106	3.350	0.572	3.450	0.726	3.650	0.59
107	3.350	0.572	3.450	0.726	3.650	0.59
108	3.300	0.622	3.420	0.756	3.640	0.6
Jumlah	423.536	22.270	451.010	26.936	457.940	21.600
Rata-rata	3.922		4.176		4.240	

II. Data Perhitungan Low Quarter (LQ)

No.	LQ (ulangan 1)	LQ (ulangan 2)	LQ (ulangan 3)
1	3.400	3.460	3.680
2	3.380	3.450	3.680
3	3.350	3.450	3.650
4	3.350	3.450	3.650
5	3.300	3.420	3.640
Jumlah	16.780	17.230	18.300
Rata-rata	3.356	3.446	3.660

III. Data Perhitungan Koefisien Keseragaman Christiansen (Cu)

Ulangan	d	n	X	Cu
1	22,270	108	3,922	94,742
2	26,936	108	4,176	94,028
3	21,600	108	4,240	95,283
Jumlah	70,806	324	12,338	284,053
Rata-rata	23,602	108	4,113	94,684

Contoh perhitungan :

Diketahui : $|d| = 22,770$
 $n = 108$
 $\bar{X} = 3,922$

Hitung : Koefisien keseragaman Christiansen (Cu)

Penyelesaian : $Cu = 100 \left(1,00 - \frac{\sum |d|}{n \bar{X}} \right)$
 $= 100 \left(1,00 - \frac{22,770}{108 \times 3,922} \right)$
 $= 94,742 \%$

IV. Data Perhitungan Distribusi Keseragaman (DU)

Ulangan	Rata-rata LQ	Rata-rata volume air	DU (%)
1	3.356	3.922	85.577
2	3.446	4.176	82.519
3	3.660	4.240	86.317
Jumlah	10.462	12.338	254.412
Rata-rata	3.487	4.113	84.804

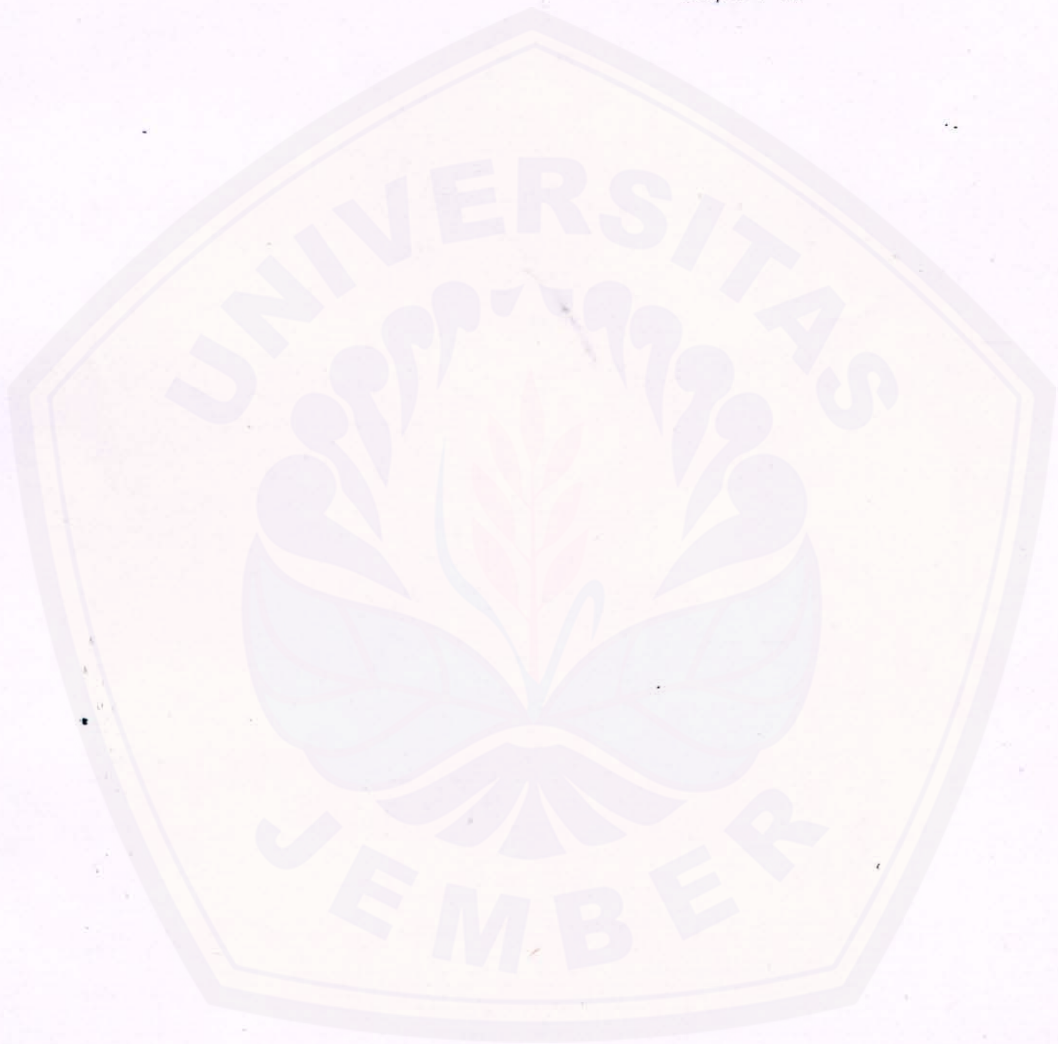
Contoh perhitungan :

Diketahui : Rata-rata nilai lima terendah ($X_{1,Q}$) = 3,356 ml
Rata-rata volume air (X) = 3,922 ml

Hitung : Distribusi keseragaman (DU)

Penyelesaian : Distribusi keseragaman (DU) = $100 \left(\frac{\overline{X_{1,q}}}{\overline{X}} \right)$

$$= \left(\frac{3,356 \text{ ml}}{3,922 \text{ ml}} \right)$$
$$= 85,557 \%$$



Lampiran 3. Data Perhitungan Efisiensi Irigasi.

I. Data untuk perhitungan efisiensi reservoir

Ulangan	Vol.input ml	Vol.output (ml)	Er %
1	85000	4650	94.52941
2	85000	4950	94.17647
3	85000	5600	93.41176
Jumlah	255000	15200	282.1176
Rata-rata	85000	5066.667	94.03922

Contoh perhitungan :

Diketahui : Volume input = 85000 ml

Volume output = 4650 ml

Hitung : Efisiensi reservoir (Er)

$$\begin{aligned}
 \text{Penyelesaian : Efisiensi reservoir (Er)} &= 100 \left(1 - \frac{\text{Volume output}}{\text{Volume input}} \right) \\
 &= 100 \left(1 - \frac{4650}{85000} \right) \\
 &= 94,529 \%
 \end{aligned}$$

II. Data perhitungan efisiensi penyaluran (Ec)

2.1 Data perhitungan debit sprayer (output)

Ulangan	Vol. pompa (ml)	Waktu (det)	Debit (ml/det)	Debit (ml/mnt)
1	2950	60	49.167	2950
2	2865	60	47.750	2865
3	2945	60	49.083	2945
4	2830	60	47.167	2830
5	2910	60	48.500	2910
Jumlah	14500	300	241.667	14500
Rata-rata	2900	60	48.333	2900

Contoh perhitungan :

Diketahui : Volume air = 2950 ml
Waktu = 60 detik

Hitung : Debit

$$\begin{aligned} \text{Penyelesaian : Debit} &= \left(\frac{\text{Volume}}{\text{Waktu}} \right) \\ &= \left(\frac{2950 \text{ ml}}{60 \text{ det}} \right) \\ &= 49,167 \text{ ml/det} \\ &= 2950 \text{ ml/mnt} \end{aligned}$$

2.2 Data perhitungan debit pompa (*input*)

Ulangan	Vol pompa (ml)	Waktu (det)	Debit (ml/det)	Debit (ml/mnt)
1	3005	60	50.083	3005
2	3015	60	50.250	3015
3	3150	60	52.500	3150
4	3175	60	52.917	3175
5	3050	60	50.833	3050
Jumlah	15395	300	256.583	15395
Rata-rata	3079	60	51.317	3079

Contoh perhitungan :

Diketahui : Volume air = 3005 ml
Waktu = 60 detik

Hitung : Debit

$$\begin{aligned} \text{Penyelesaian : Debit} &= \left(\frac{\text{Volume}}{\text{Waktu}} \right) \\ &= \left(\frac{3005 \text{ ml}}{60 \text{ det}} \right) \\ &= 50,083 \text{ ml/det} \\ &= 3005 \text{ ml/mnt} \end{aligned}$$

2.3 Data perhitungan efisiensi penyaluran (Ec)

Ulangan	Vol. Output (ml)	Vol. Input (ml)	Ec (%)
1	2950	3005	98.170
2	2865	3015	95.025
3	2945	3150	93.492
4	2830	3175	89.134
5	2910	3050	95.410
Jumlah	14500	15395	471.230
Rata-rata	2900	3079	94.246

Contoh perhitungan :

Diketahui : Volume output = 2830 ml
 Volume input = 3175 ml

Hitung : Efisiensi penyaluran (Ec)

$$\begin{aligned} \text{Penyelesaian : Efisiensi penyaluran (Ec)} &= 100 \left(\frac{\text{Volume output}}{\text{Volume input}} \right) \\ &= 100 \left(\frac{2830}{3175} \right) \\ &= 89,134 \% \end{aligned}$$

III. Data perhitungan efisiensi pemakaian air (Ea)

Ulangan	Vc (ml)	Va (ml)	Ea (%)
1	521.034	423.536	81,288
2	486.774	451.010	92,653
3	518.572	457.940	88,308
Jumlah	1.526.380	1.332.486	262,248
Rata-rata	508.793	444.162	87,416

Contoh perhitungan :

Diketahui : Volume air yang dimanfaatkan tanaman = 423,536 ml
 Volume air yang disalurkan ke lahan = 521,034 ml

Hitung : Efisiensi pemakaian air (Ea)

$$\begin{aligned}
 \text{Penyelesaian} & : E_a = 100 \left(\frac{V_a}{V_c} \right) \cdot \\
 & = 100 \left(\frac{423,536 \text{ ml}}{521,034 \text{ ml}} \right) \\
 & = 81,287 \%
 \end{aligned}$$

IV. Data perhitungan efisiensi irigasi (E_i)

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui} & : \text{Efisiensi reservoir } (E_r) & = & 94,529 \% \\
 & \text{Efisiensi penyaluran } (E_c) & = & 94,246 \% \\
 & \text{Efisiensi pemakaian air } (E_a) & = & 87,416 \%
 \end{aligned}$$

$$\text{Hitung} : \text{Efisiensi irigasi } (E_i)$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyelesaian} & : E_i = 100 \left(\frac{E_r}{100} \right) \left(\frac{E_c}{100} \right) \left(\frac{E_a}{100} \right) \\
 & = 100 \left(\frac{94,529 \%}{100} \right) \left(\frac{94,246 \%}{100} \right) \left(\frac{87,416 \%}{100} \right) \\
 & = 77,879 \%
 \end{aligned}$$

Lampiran 4. Data Perhitungan Efisiensi Tenaga Listrik

I. Perhitungan Daya Input (P_{in})

Rumus : $P = V \times I$

Dimana : P = Daya yang diperlukan pompa (Watt)

V = Voltase (Volt)

I = Arus (Ampere)

Ulangan	Voltase (volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)
1	229	1.74	398.460
2	228	1.73	394.440
3	222	1.65	366.300
4	224	1.67	374.080
5	223	1.57	350.110
6	225	1.63	366.750
7	227	1.77	401.790
8	231	1.82	420.420
9	232	1.65	382.800
10	225	1.74	391.500
Jumlah	2266	16.970	3846.650
Rata-rata	227	1.697	384.665

Contoh perhitungan :

Diketahui : $V = 229$ Volt

$I = 1,74$ Ampere

Hitung : P_{in} (daya input)

Penyelesaian : $P_{in} = V \times I$

= 229 Volt \times $1,74$ Ampere

= $398,460$ Watt

H. Perhitungan Daya Output (P_{out})

$$\text{Rumus : } P_{out} = Q \times H \times \gamma$$

Dimana : P_{out} = Daya Output (Watt)

Q = Debit (ml/mnt)

H = Head (m)

γ = Berat jenis (N/m^3)

Perhitungan :

$$\text{Diketahui : } Q = 2,9 \text{ lt/mnt} = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mnt}$$

$$\gamma = 10.000 \text{ N/m}^3$$

Hitung : P_{out} (Daya Output)

Penyelesaian :

$$\text{➤ } H = H_{hisap} + H_{dorong}$$

a. Perhitungan H_{hisap}

$$\text{Panjang pipa hisap} = 0,8 \text{ m}$$

$$H \text{ gesekan per 1 meter pipa} = 0,066 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa total} = \text{panjang pipa} + \text{panjang pipa tambahan}$$

$$= \text{panjang pipa} + 1. \text{ siku } 90^\circ$$

$$= 0,8 \text{ m} + (1 \times 0,884 \text{ m})$$

$$= 1,684 \text{ m}$$

$$H \text{ gesekan} = \frac{0,066 \text{ m}}{1 \text{ meter pipa}} \times 1,684 = 0,111 \text{ m}$$

$$\text{Jadi, } H_{hisap} = 0,8 \text{ m} + 0,111 \text{ m} = 0,911 \text{ m}$$

b. Perhitungan H_{dorong}

$$\text{Panjang pipa dorong} = 2,575 \text{ m}$$

$$H \text{ gesekan per 1 meter pipa} = 0,066 \text{ m}$$

$$\text{Panjang pipa total} = \text{panjang pipa} + \text{panjang pipa tambahan}$$

$$= \text{panjang pipa} + 1. \text{ siku } 90^\circ + 6. \text{ Tee}$$

$$= 2,575 \text{ m} + (1 \times 0,884 \text{ m}) + (6 \times 1,524 \text{ m})$$

$$= 12,603 \text{ m}$$

$$H_{\text{gesekan}} = \frac{0,066 \text{ m}}{1 \text{ meter pipa}} \times 12,603 = 0,832 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{tekanan discharge sprayer}} &= 0,7 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 9,953 \text{ Psia} \\ &= 22,992 \text{ ft} \\ &= 7,007 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{dorong}} &= 2,575 \text{ m} + 0,832 \text{ m} + 7,007 \text{ m} \\ &= 10,414 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } H_{\text{total}} &= H_{\text{hisap}} + H_{\text{dorong}} \\ &= 0,911 \text{ m} + 10,414 \text{ m} \\ &= 11,325 \text{ m} \end{aligned}$$

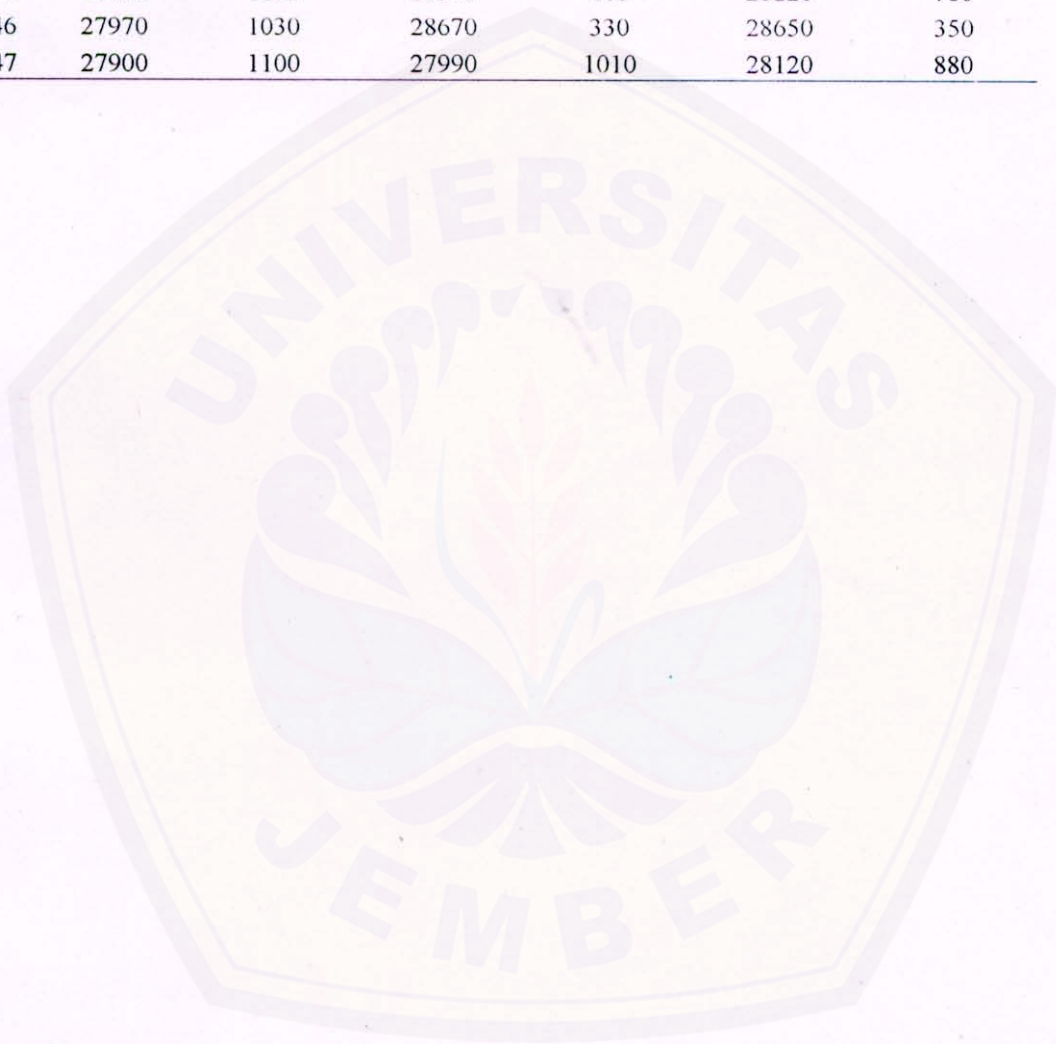
$$\begin{aligned} \text{➤ } P_{\text{out}} &= Q \times H \times \gamma \\ &= 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{mnt} \times 11,325 \text{ m} \times 10.000 \text{ N/m}^3 \\ &= 328,425 \text{ kg.m/mnt} \\ &= 328,425 \text{ kg.m/mnt} \times 0,631 \\ &= 207,236 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } \text{Eff. tenaga listrik} &= \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{in}}} \times 100\% \\ &= \frac{207,236 \text{ Watt}}{384,665 \text{ Watt}} \times 100\% \\ &= 53,874 \% \end{aligned}$$

Lampiran 5. Data volume air drainase untuk sirkulasi reservoir dan volume air yang dimanfaatkan oleh lahan (volume sprayer rata-rata 29000 ml per 10 menit).

No	Ulangan I		Ulangan II		Ulangan III	
	Vdr (ml)	Vc (ml)	Vdr (ml)	Vc (ml)	Vdr (ml)	Vc (ml)
1	28850	150	28610	390	28820	180
2	28950	50	28500	500	28830	170
3	28170	830	28450	550	28950	50
4	28990	10	28410	590	28760	240
5	28720	280	28930	70	28850	150
6	28990	10	28710	290	28790	210
7	28230	770	28840	160	28650	350
8	28540	460	28720	280	28410	590
9	28350	650	28950	50	28470	530
10	28820	180	28680	320	28550	450
11	28870	130	28850	150	28450	550
12	28670	330	28520	480	28730	270
13	28750	250	28880	120	28230	770
14	28320	680	28300	700	28720	280
15	28460	540	28540	460	28820	180
16	28350	650	28970	30	28860	140
17	28860	140	28720	280	27950	1050
18	27850	1150	27990	1010	28370	630
19	28470	530	28850	150	28250	750
20	27870	1130	28250	750	28310	690
21	28510	490	27900	1100	28750	250
22	28400	600	27900	1100	28390	610
23	28410	590	27900	1100	28120	880
24	28520	480	28650	350	28690	310
25	28210	790	28560	440	28490	510
26	28500	500	28200	800	28380	620
27	28240	760	28370	630	28300	700
28	28220	780	28930	70	28430	570
29	28250	750	28280	720	28700	300
30	28600	400	28520	480	28300	700
31	28870	130	28340	660	28800	200
32	28850	150	28350	650	28350	650
33	28770	230	28840	160	28410	590
34	28710	290	28650	350	28390	610
35	28680	320	28870	130	28250	750
36	28780	220	28600	400	28240	760
37	28950	50	28550	450	28640	360
38	28540	460	27990	1010	28530	470
39	28600	400	28520	480	28290	710

No	Ulangan I		Ulangan II		Ulangan III	
	Vdr (ml)	Vc (ml)	Vdr (ml)	Vc (ml)	Vdr (ml)	Vc (ml)
40	28470	530	28640	360	28180	820
41	27920	1080	28440	560	28640	360
42	27980	1020	28460	540	28370	630
43	28450	550	28640	360	28290	710
44	27800	1200	28470	530	28580	420
45	27870	1130	28590	410	28220	780
46	27970	1030	28670	330	28650	350
47	27900	1100	27990	1010	28120	880



Lampiran 6. Rekapitulasi data hasil pengamatan volume air drainase untuk sirkulasi reservoir dan volume air yang dimanfaatkan oleh lahan (volume sprayer rata-rata 29000 ml per 10 menit).

I. Ulangan I (Vc I)

Wilayah : 1200 - 10 = 1190
 Selang Kelas : 1190 / 9 = 132,22

Selang Kelas	Batas Kelas	Titik Tengah (xi)	Frekuensi (fi)
10 - 142	9,5 - 142,5	76	7
143 - 275	142,5 - 275,5	209	6
276 - 408	275,5 - 408,5	342	6
409 - 501	408,5 - 501,5	455	5
502 - 674	501,5 - 674,5	588	8
675 - 807	674,5 - 807,5	741	6
808 - 940	807,5 - 940,5	874	1
941 - 1073	940,5 - 1073,5	1007	0
1074 - 1206	1073,5 - 1206,5	1140	8

Simpangan Baku :

$$\sigma^2 = \left(\frac{n \sum (fixi^2) - (\sum fixi)^2}{n(n-1)} \right)$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{47(19260541) - (25257)^2}{47(47-1)} \right)$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{267329378}{2162} \right) = 123649,111$$

$$\sigma = 351,64$$

Rata-rata :

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n xi fi}{n} = \frac{25257}{47} = 537,38$$

Selang :

$$\mu \pm k. \sigma = 537,38 \pm 1. 351,64 = 185,74 \text{ sampai } 889,02$$

Data Vc Ulangan I

No	Ulangan I	
	Vdr (ml)	Vc (ml)
1	28170	830
2	28720	280
3	28230	770
4	28540	460
5	28350	650
6	28670	330
7	28750	250
8	28320	680
9	28460	540
10	28350	650
11	28470	530
12	28510	490
13	28400	600
14	28410	590
15	28520	480
16	28210	790
17	28500	500
18	28240	760
19	28220	780
20	28250	750
21	28600	400
22	28770	230
23	28710	290
24	28680	320
25	28780	220
26	28540	460
27	28600	400
28	28470	530
29	28450	550
Jumlah		15110
Rata-rata		521,034

II. Ulangan II (Vc II)

Wilayah : 1100 - 30 = 1070

Selang Kelas : 1070 / 9 = 118,89

Selang Kelas	Batas Kelas	Titik Tengah (xi)	Frekuensi (fi)
30 - 148	29,5 - 148,5	89	6
149 - 267	148,5 - 267,5	208	5
268 - 386	267,5 - 386,5	327	13
387 - 505	386,5 - 505,5	446	5
506 - 624	505,5 - 624,5	565	5
625 - 743	624,5 - 743,5	684	5
744 - 862	743,5 - 862,5	803	2
863 - 981	862,5 - 981,5	922	0
982 - 1100	981,5 - 1100,5	1041	6

Simpangan Baku :

$$\sigma^2 = \left(\frac{n \sum (fixi^2) - (\sum fixi)^2}{n(n-1)} \right)$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{47(14613242) - (22152)^2}{47(47-1)} \right)$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{686822374 - 490711104}{2162} \right) = 90708,265$$

$$\sigma = 301,18$$

Rata-rata :

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n xi fi}{n} = \frac{22152}{47} = 471,32$$

Selang :

$$\mu \pm k. \sigma = 471,32 \pm 1. 301,18 = 170,14 \text{ sampai } 772,5$$

Data Vc Ulangan II

No	Ulangan II	
	Vdr (ml)	Vc (ml)
1	28610	390
2	28500	500
3	28450	550
4	28410	590
5	28710	290
6	28720	280
7	28680	320
8	28520	480
9	28300	700
10	28540	460
11	28720	280
12	28250	750
13	28650	350
14	28560	440
15	28200	800
16	28370	630
17	28280	720
18	28520	480
19	28340	660
20	28350	650
21	28650	350
22	28600	400
23	28550	450
24	28520	480
25	28640	360
26	28440	560
27	28460	540
28	28640	360
29	28470	530
30	28590	410
31	28670	330
Jumlah		15090
Rata-rata		486,774

III. Ulangan III (Vc III)

$$\text{Wilayah} : 1050 - 50 = 1000$$

$$\text{Selang Kelas} : 1000 / 9 = 111,11$$

Selang Kelas	Batas Kelas	Titik Tengah (xi)	Frekuensi (fi)
50 – 161	49,5 – 161,5	105,5	3
162 – 273	161,5 – 273,5	217,5	8
274 – 385	273,5 – 385,5	329,5	7
386 – 497	385,5 – 496,5	441,5	3
498 – 609	497,5 – 609,5	553,5	6
610 – 721	609,5 – 720,5	665,5	11
722 – 833	721,5 – 833,5	777,5	6
834 – 945	833,5 – 945,5	889,5	2
946 – 1057	945,5 – 1057,5	1001,5	1

Simpangan Baku :

$$\sigma^2 = \left(\frac{n \sum (fixi^2) - (\sum fixi)^2}{n(n-1)} \right)$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{47(14679025,75) - (23774,5)^2}{47(47-1)} \right)$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{124687360}{2162} \right) = 57672,229$$

$$\sigma = 240,15$$

Rata-rata :

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n xi fi}{n} = \frac{23774,5}{47} = 505,84$$

Selang :

$$\mu \pm k. \sigma = 505,84 \pm 1. 240,15 = 265,69 \text{ sampai } 745,99$$

Data Vc Ulangan III

No	Ulangan III	
	Vdr (ml)	Vc (ml)
1	28650	350
2	28410	590
3	28470	530
4	28550	450
5	28450	550
6	28730	270
7	28720	280
8	28370	630
9	28310	690
10	28390	610
11	28690	310
12	28490	510
13	28380	620
14	28300	700
15	28430	570
16	28700	300
17	28300	700
18	28350	650
19	28410	590
20	28390	610
21	28640	360
22	28530	470
23	28290	710
24	28640	360
25	28370	630
26	28290	710
27	28580	420
28	28650	350
<u>Jumlah</u>		14520
<u>Rata-rata</u>		518,571

Lampiran 7. Data berat air (dalam gram) yang tertahan dalam spon dan akar tanaman setelah pemberian irigasi selama 10 menit.

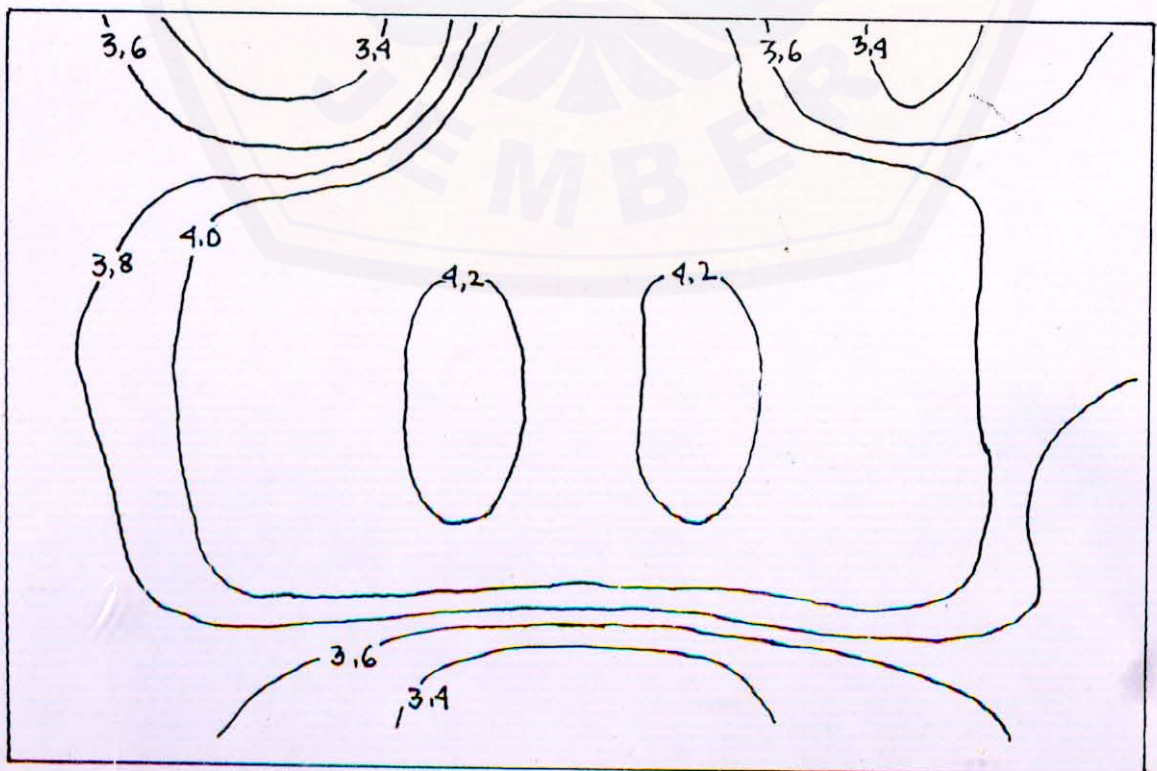
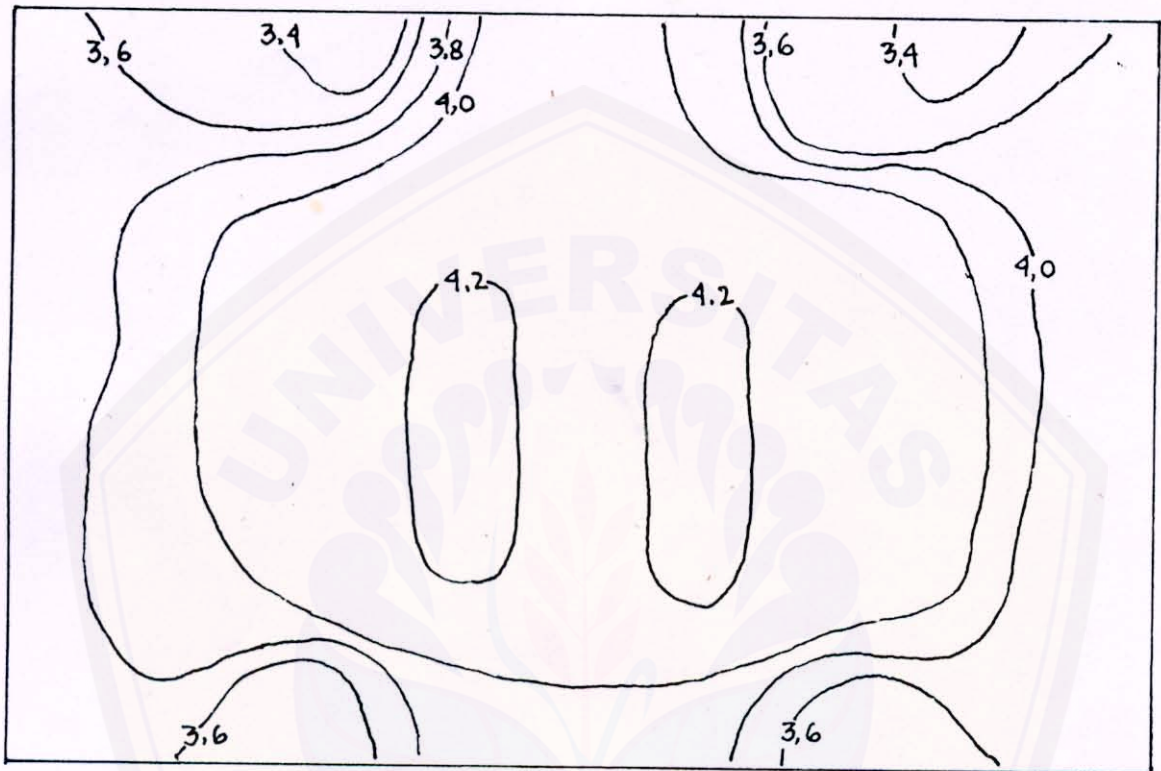
No	Ulangan I			Ulangan II			Ulangan III		
	Bo	Bt	Ba	Bo	Bt	Ba	Bo	Bt	Ba
1	6,20	9,90	3,70	6,20	9,65	3,45	6,80	10,48	3,68
2	6,40	10,25	3,85	6,80	10,49	3,69	6,50	10,33	3,83
3	7,00	10,88	3,88	7,30	11,17	3,87	7,20	11,43	4,23
4	7,80	11,80	4,00	6,60	10,60	4,00	7,30	11,53	4,23
5	7,00	10,92	3,92	7,60	11,42	3,82	8,00	11,95	3,95
6	7,00	10,80	3,80	6,30	9,98	3,68	6,50	10,20	3,70
7	6,50	10,00	3,50	7,00	11,15	4,15	6,90	11,10	4,20
8	7,10	11,18	4,08	6,70	11,05	4,35	7,20	11,60	4,40
9	6,70	10,74	4,04	6,50	11,00	4,50	6,60	11,22	4,62
10	6,20	10,23	4,03	7,70	12,15	4,45	6,60	11,15	4,55
11	6,60	10,72	4,12	7,20	11,60	4,40	7,10	11,35	4,25
12	7,50	11,18	3,68	6,80	10,92	4,12	7,70	11,85	4,15
13	6,40	9,80	3,40	7,90	12,04	4,14	7,20	11,40	4,20
14	7,20	11,27	4,07	6,80	11,14	4,34	6,50	10,83	4,33
15	6,50	10,54	4,04	6,60	11,15	4,55	7,60	12,25	4,65
16	6,80	10,83	4,03	6,70	11,28	4,58	7,70	12,20	4,50
17	6,30	10,40	4,10	6,80	11,10	4,30	6,80	11,05	4,25
18	6,30	9,90	3,60	6,80	10,89	4,09	6,00	10,13	4,13
19	7,00	11,06	4,06	7,00	11,08	4,08	7,30	11,50	4,20
20	7,00	11,07	4,07	6,30	10,64	4,34	6,90	11,20	4,30
21	6,80	11,23	4,43	6,90	11,70	4,80	6,80	11,60	4,80
22	7,70	12,02	4,32	7,70	12,30	4,60	7,20	11,65	4,45
23	6,70	10,93	4,23	6,40	10,65	4,25	6,50	10,74	4,24
24	7,50	11,50	4,00	6,70	10,73	4,03	6,50	10,62	4,12
25	6,90	10,95	4,05	6,50	10,57	4,07	6,60	10,75	4,15
26	6,80	10,87	4,07	6,70	11,02	4,32	7,00	11,26	4,26
27	6,50	10,59	4,09	6,70	11,02	4,32	6,70	11,30	4,60
28	7,00	11,01	4,01	6,60	10,92	4,32	7,30	11,70	4,40
29	7,50	11,59	4,09	6,90	11,20	4,30	6,50	10,74	4,24
30	7,50	11,51	4,01	7,70	11,76	4,06	7,40	11,40	4,00
31	6,80	10,85	4,05	7,20	11,28	4,08	6,20	10,38	4,18
32	6,80	10,87	4,07	6,80	11,14	4,34	7,00	11,30	4,30
33	6,00	10,34	4,34	6,10	10,80	4,70	6,30	11,00	4,70
34	7,10	11,35	4,25	7,20	11,80	4,60	6,80	11,23	4,43
35	6,90	11,12	4,22	7,20	11,42	4,22	7,20	11,44	4,24
36	7,80	11,80	4,00	5,90	9,93	4,03	6,80	10,92	4,12
37	7,30	10,70	3,40	6,80	10,94	4,14	6,90	11,10	4,20
38	6,60	10,67	4,07	6,90	11,24	4,34	7,20	11,53	4,33
39	6,50	10,53	4,03	6,60	11,15	4,55	7,30	11,95	4,65
40	6,00	10,02	4,02	6,90	11,48	4,58	6,50	11,00	4,50
41	6,70	10,80	4,10	6,70	10,98	4,28	6,70	10,95	4,25

No	Ulangan I			Ulangan II			Ulangan III		
	Bo	Bt	Ba	Bo	Bt	Ba	Bo	Bt	Ba
42	6,30	9,90	3,60	7,70	11,78	4,08	6,50	10,63	4,13
43	6,20	9,65	3,45	7,20	11,35	4,15	6,80	11,00	4,20
44	6,60	10,67	4,07	6,80	11,15	4,35	7,00	11,35	4,35
45	7,00	11,03	4,03	7,10	11,60	4,50	7,00	11,62	4,62
46	7,00	11,02	4,02	6,40	10,80	4,40	7,20	11,75	4,55
47	6,50	10,61	4,11	6,70	11,07	4,37	6,50	10,75	4,25
48	7,30	10,98	3,68	7,00	11,10	4,10	7,30	11,45	4,15
49	6,40	10,08	3,68	5,70	9,15	3,45	6,50	10,18	3,68
50	6,50	10,34	3,84	6,70	10,38	3,68	6,90	10,68	3,78
51	6,60	10,48	3,88	7,40	11,25	3,85	6,50	10,73	4,23
52	7,30	11,15	3,85	6,40	10,35	3,95	7,40	11,62	4,22
53	6,90	10,82	3,92	6,40	10,22	3,82	7,50	11,45	3,95
54	6,90	10,65	3,75	6,60	10,15	3,55	6,40	10,10	3,70
55	6,40	10,08	3,68	6,80	10,25	3,45	5,80	9,45	3,65
56	5,80	9,55	3,75	6,50	10,18	3,68	6,70	10,45	3,75
57	6,90	10,80	3,90	7,30	11,15	3,85	7,00	11,23	4,23
58	7,80	11,65	3,85	6,70	10,65	3,95	6,50	10,42	3,92
59	6,40	10,24	3,84	6,50	10,30	3,80	6,50	10,18	3,68
60	6,60	10,35	3,75	7,10	10,60	3,50	6,50	10,14	3,64
61	6,50	9,94	3,44	7,30	11,50	4,20	6,80	11,02	4,22
62	6,80	10,86	4,06	7,10	11,45	4,35	6,60	11,00	4,40
63	6,50	10,54	4,04	6,40	10,88	4,48	6,40	11,02	4,62
64	6,80	10,84	4,04	7,10	11,50	4,40	6,40	11,00	4,60
65	6,10	10,21	4,11	6,60	10,95	4,35	6,60	10,85	4,25
66	8,40	12,06	3,66	7,20	11,34	4,14	6,80	10,93	4,13
67	6,40	9,80	3,40	7,40	11,55	4,15	7,20	11,40	4,20
68	6,80	10,86	4,06	6,50	10,84	4,34	6,70	11,05	4,35
69	6,80	10,84	4,04	6,30	10,85	4,55	6,50	11,15	4,65
70	6,70	10,74	4,04	6,50	11,08	4,58	6,30	10,85	4,55
71	6,50	10,60	4,10	6,30	10,58	4,28	6,90	11,15	4,25
72	6,00	9,55	3,55	7,00	11,10	4,10	6,60	10,72	4,12
73	7,00	11,05	4,05	6,30	10,37	4,07	7,50	11,70	4,20
74	7,00	11,06	4,06	7,00	11,34	4,34	6,20	10,53	4,33
75	6,00	10,33	4,33	6,20	10,85	4,65	6,30	11,00	4,70
76	6,50	10,75	4,25	6,60	11,20	4,60	7,20	11,70	4,50
77	6,40	10,60	4,20	7,20	11,40	4,20	6,20	10,44	4,24
78	5,50	8,85	3,35	6,60	10,60	4,00	6,70	10,80	4,10
79	6,60	10,65	4,05	7,00	11,05	4,05	6,70	10,88	4,18
80	6,60	10,66	4,06	6,70	11,02	4,32	6,90	11,16	4,26
81	6,50	10,58	4,08	7,10	11,44	4,34	6,80	11,40	4,60
82	5,80	9,42	3,62	6,60	10,90	4,30	6,70	11,13	4,43
83	7,00	11,08	4,08	6,60	10,90	4,30	7,10	11,34	4,24
84	6,20	9,50	3,30	6,90	10,95	4,05	7,20	11,20	4,00
85	6,60	10,65	4,05	6,60	10,67	4,07	7,20	11,40	4,20

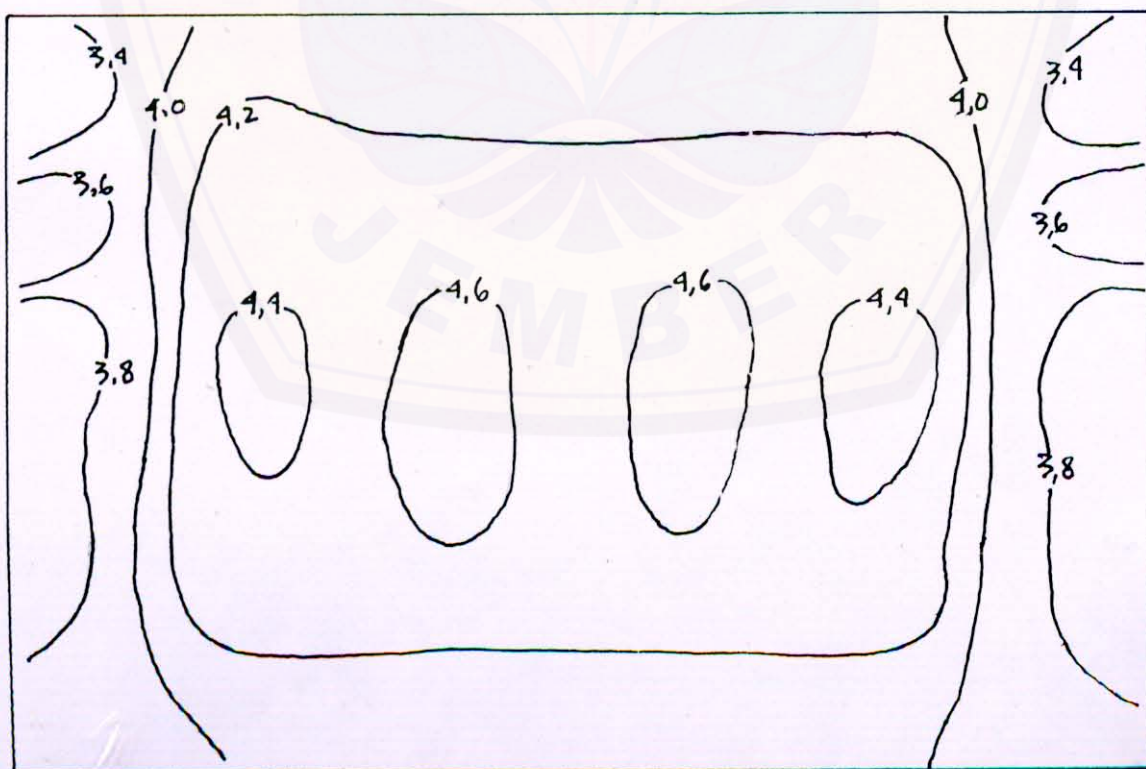
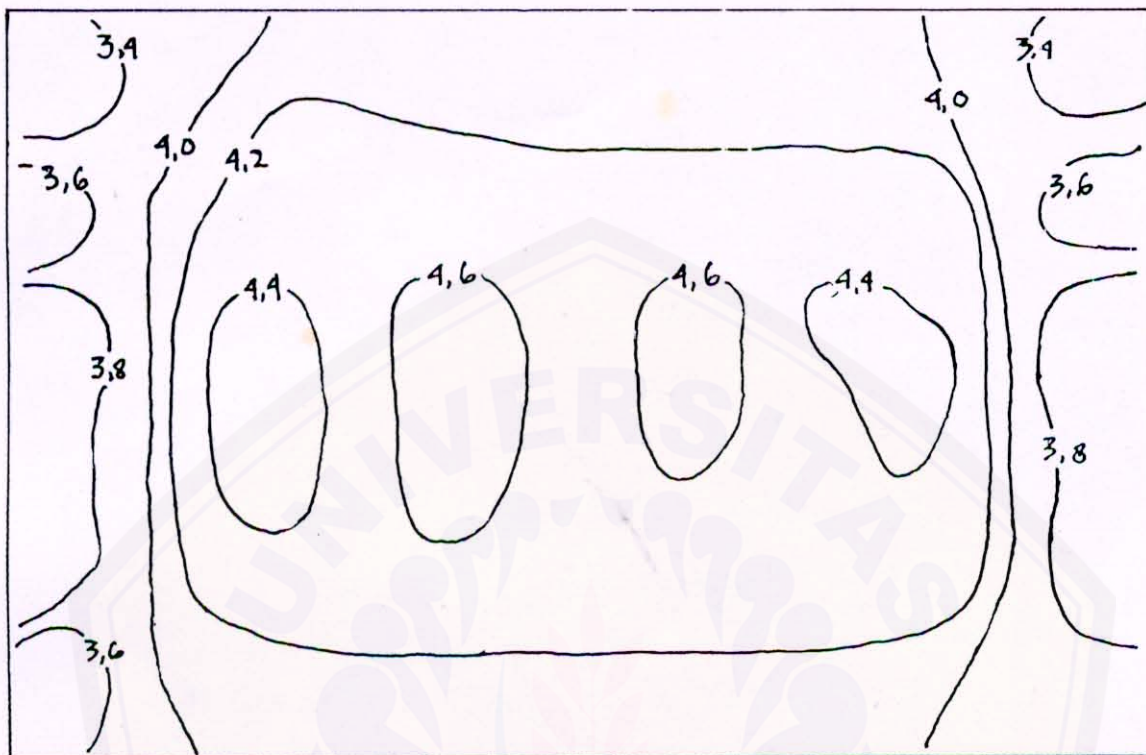
No	Ulangan I			Ulangan II			Ulangan III		
	Bo	Bt	Ba	Bo	Bt	Ba	Bo	Bt	Ba
86	6,00	10,06	4,06	6,90	11,24	4,34	6,90	11,20	4,30
87	7,10	11,43	4,33	7,10	11,70	4,60	6,90	11,52	4,62
88	6,30	10,55	4,25	6,40	11,00	4,60	6,60	11,05	4,45
89	6,80	10,92	4,12	6,40	10,60	4,20	6,80	11,04	4,24
90	6,20	9,55	3,35	6,40	10,40	4,00	7,20	11,30	4,10
91	6,00	9,38	3,38	7,30	11,45	4,15	7,10	11,30	4,20
92	6,50	10,56	4,06	7,10	11,44	4,34	6,90	11,23	4,33
93	6,20	10,22	4,02	6,30	10,80	4,50	7,10	11,75	4,65
94	6,20	10,22	4,02	6,80	11,38	4,58	6,50	11,05	4,55
95	7,00	11,10	4,10	6,70	10,96	4,26	6,70	10,95	4,25
96	6,70	10,25	3,55	7,30	11,40	4,10	6,60	10,72	4,12
97	6,20	9,61	3,41	6,40	10,58	4,18	7,20	11,42	4,22
98	6,80	10,86	4,06	6,90	11,25	4,35	6,80	11,20	4,40
99	7,20	11,22	4,02	6,50	10,95	4,45	6,60	11,25	4,65
100	6,90	10,92	4,02	6,50	10,90	4,40	6,30	10,88	4,58
101	6,00	10,10	4,10	7,20	11,55	4,35	6,80	11,05	4,25
102	7,50	11,10	3,60	6,80	10,92	4,12	6,90	11,03	4,13
103	7,20	10,88	3,68	6,40	9,82	3,42	6,90	10,55	3,65
104	6,40	10,12	3,72	6,50	10,18	3,68	6,60	10,35	3,75
105	6,90	10,80	3,90	6,50	10,30	3,80	7,30	11,53	4,23
106	6,90	10,75	3,85	6,60	10,50	3,90	7,80	12,02	4,22
107	7,50	11,30	3,80	6,30	10,05	3,75	6,70	10,60	3,90
108	6,60	10,35	3,75	6,70	10,15	3,45	7,20	10,88	3,68
Jumlah			423,536			451,010			457,940
Rata-rata			3,922			4,176			4,240

Lampiran 8. Gambar Pola Kedalaman Air yang Tertahan di Zona Perakaran

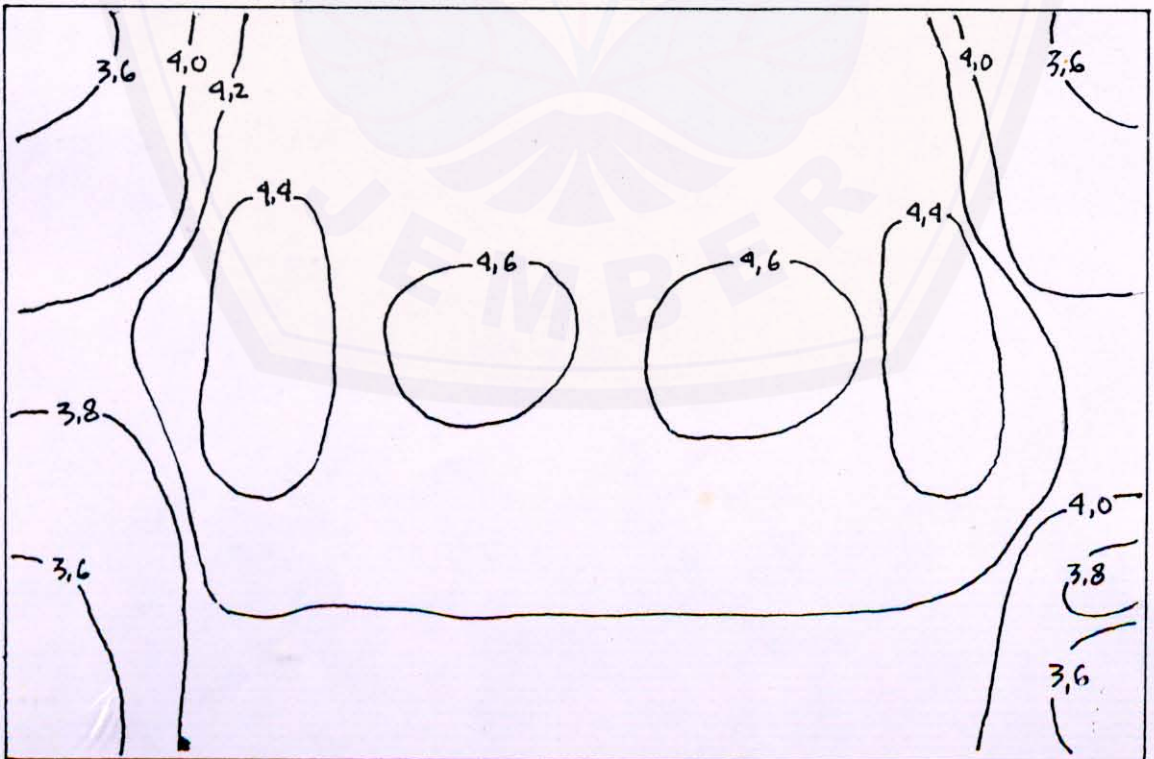
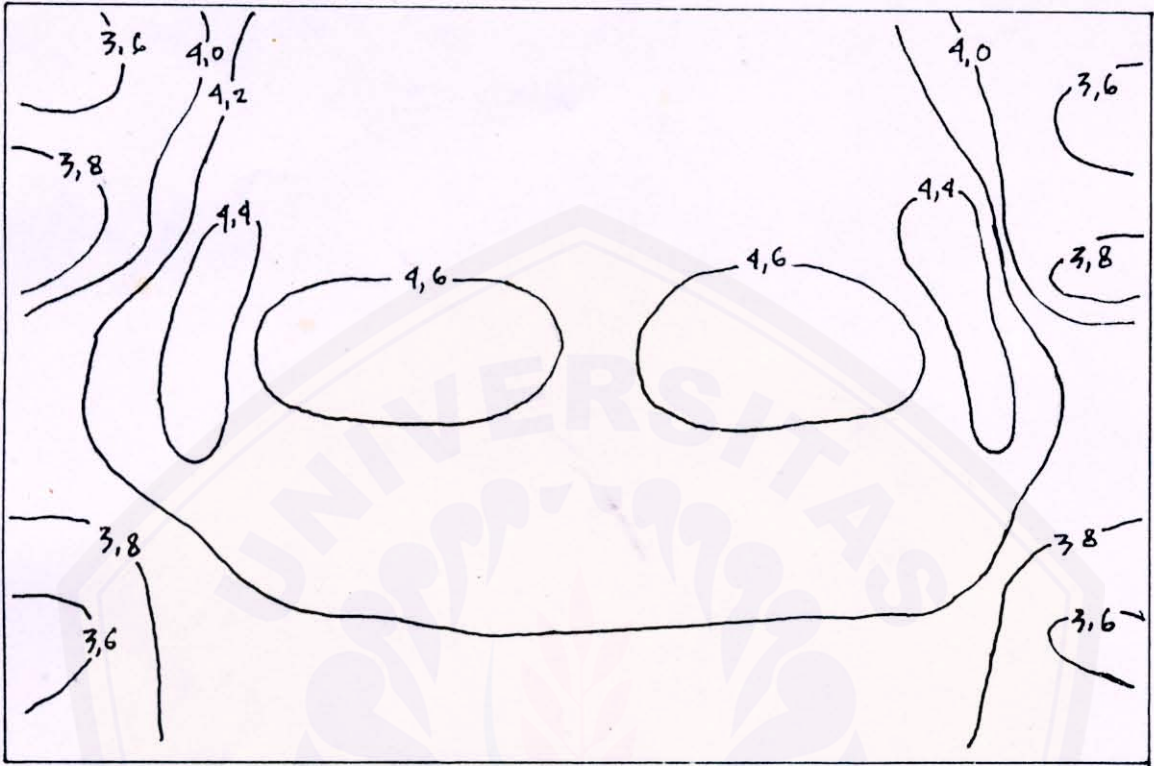
I. Ulangan I



II. Ulangan II



III. Ulangan III

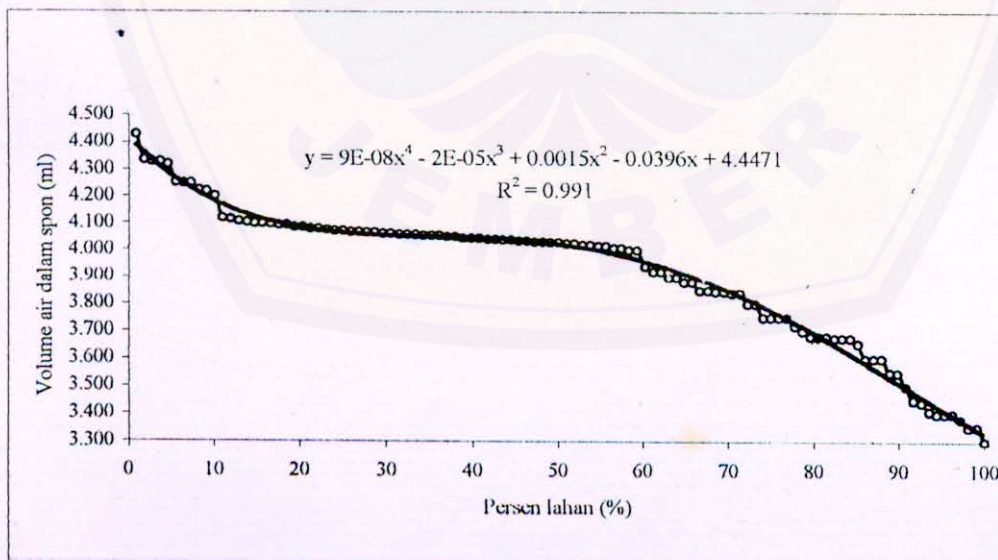


Lampiran 9. Grafik Distribusi Frekuensi Kumulatif Keseragaman

I. Ulangan I

Vol. Air (mi)	Persen lahan	Kumulatif persen lahan
4.430	0.926	0.926
4.335	0.926	1.852
4.330	0.926	2.778
4.330	0.926	3.704
4.320	0.926	4.630
4.252	0.926	5.556
4.250	0.926	6.481
4.250	0.926	7.407
4.225	0.926	8.333
4.220	0.926	9.259
4.202	0.926	10.185
4.120	0.926	11.111
4.115	0.926	12.037
4.108	0.926	12.963
4.105	0.926	13.889
4.100	0.926	14.815
4.100	0.926	15.741
4.098	0.926	16.667
4.095	0.926	17.593
4.095	0.926	18.519
4.085	0.926	19.444
4.085	0.926	20.370
4.080	0.926	21.296
4.080	0.926	22.222
4.076	0.926	23.148
4.072	0.926	24.074
4.072	0.926	25.000
4.070	0.926	25.926
4.070	0.926	26.852
4.068	0.926	27.778
4.068	0.926	28.704
4.064	0.926	29.630
4.064	0.926	30.556
4.060	0.926	31.481
4.060	0.926	32.407
4.058	0.926	33.333
4.055	0.926	34.259
4.055	0.926	35.185
4.055	0.926	36.111
4.050	0.926	37.037
4.050	0.926	37.963

Vol. Air (ml)	Persen lahan	Kumulatif persen lahan
3.680	0.926	81.481
3.676	0.926	82.407
3.675	0.926	83.333
3.675	0.926	84.259
3.655	0.926	85.185
3.600	0.926	86.111
3.600	0.926	87.037
3.600	0.926	87.963
3.552	0.926	88.889
3.550	0.926	89.815
3.500	0.926	90.741
3.450	0.926	91.667
3.440	0.926	92.593
3.410	0.926	93.519
3.400	0.926	94.444
3.400	0.926	95.370
3.400	0.926	96.296
3.380	0.926	97.222
3.350	0.926	98.148
3.350	0.926	99.074
3.300	0.926	100.000



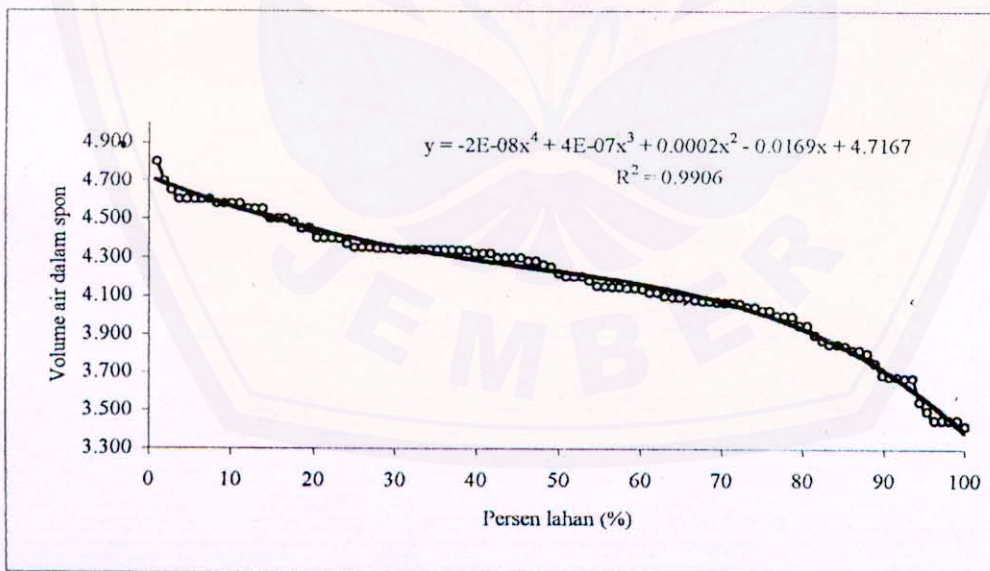
Gambar Grafik keseragaman pemberian irigasi ulangan I.

II. Ulangan II

Vol. Air (ml)	Persen lahan	Kumulatif persen lahan
4.800	0.926	0.926
4.700	0.926	1.852
4.650	0.926	2.778
4.600	0.926	3.704
4.600	0.926	4.630
4.600	0.926	5.556
4.600	0.926	6.481
4.600	0.926	7.407
4.580	0.926	8.333
4.580	0.926	9.259
4.580	0.926	10.185
4.580	0.926	11.111
4.550	0.926	12.037
4.550	0.926	12.963
4.550	0.926	13.889
4.500	0.926	14.815
4.500	0.926	15.741
4.500	0.926	16.667
4.480	0.926	17.593
4.450	0.926	18.519
4.450	0.926	19.444
4.400	0.926	20.370
4.400	0.926	21.296
4.400	0.926	22.222
4.398	0.926	23.148
4.370	0.926	24.074
4.350	0.926	25.000
4.350	0.926	25.926
4.350	0.926	26.852
4.345	0.926	27.778
4.345	0.926	28.704
4.345	0.926	29.630
4.342	0.926	30.556
4.342	0.926	31.481
4.340	0.926	32.407
4.340	0.926	33.333
4.340	0.926	34.259
4.340	0.926	35.185
4.338	0.926	36.111
4.338	0.926	37.037
4.335	0.926	37.963
4.335	0.926	38.889

Vol. Air (ml)	Persen lahan	Kumulatif persen lahan
4.320	0.926	41.667
4.300	0.926	42.593
4.300	0.926	43.519
4.300	0.926	44.444
4.300	0.926	45.370
4.280	0.926	46.296
4.280	0.926	47.222
4.264	0.926	48.148
4.250	0.926	49.074
4.220	0.926	50.000
4.200	0.926	50.926
4.200	0.926	51.852
4.200	0.926	52.778
4.180	0.926	53.704
4.150	0.926	54.630
4.148	0.926	55.556
4.145	0.926	56.481
4.145	0.926	57.407
4.140	0.926	58.333
4.140	0.926	59.259
4.135	0.926	60.185
4.120	0.926	61.111
4.120	0.926	62.037
4.100	0.926	62.963
4.095	0.926	63.889
4.095	0.926	64.815
4.094	0.926	65.741
4.080	0.926	66.667
4.075	0.926	67.593
4.075	0.926	68.519
4.070	0.926	69.444
4.065	0.926	70.370
4.065	0.926	71.296
4.060	0.926	72.222
4.045	0.926	73.148
4.045	0.926	74.074
4.030	0.926	75.000
4.030	0.926	75.926
4.000	0.926	76.852
4.000	0.926	77.778
3.996	0.926	78.704
3.950	0.926	79.630
3.950	0.926	80.556
3.900	0.926	81.481

Vol. Air (ml)	Persen lahan	Kumulatif persen lahan
3.850	0.926	83.333
3.850	0.926	84.259
3.840	0.926	85.185
3.820	0.926	86.111
3.820	0.926	87.037
3.800	0.926	87.963
3.750	0.926	88.889
3.690	0.926	89.815
3.680	0.926	90.741
3.680	0.926	91.667
3.675	0.926	92.593
3.675	0.926	93.519
3.550	0.926	94.444
3.500	0.926	95.370
3.450	0.926	96.296
3.450	0.926	97.222
3.450	0.926	98.148
3.450	0.926	99.074
3.420	0.926	100.000



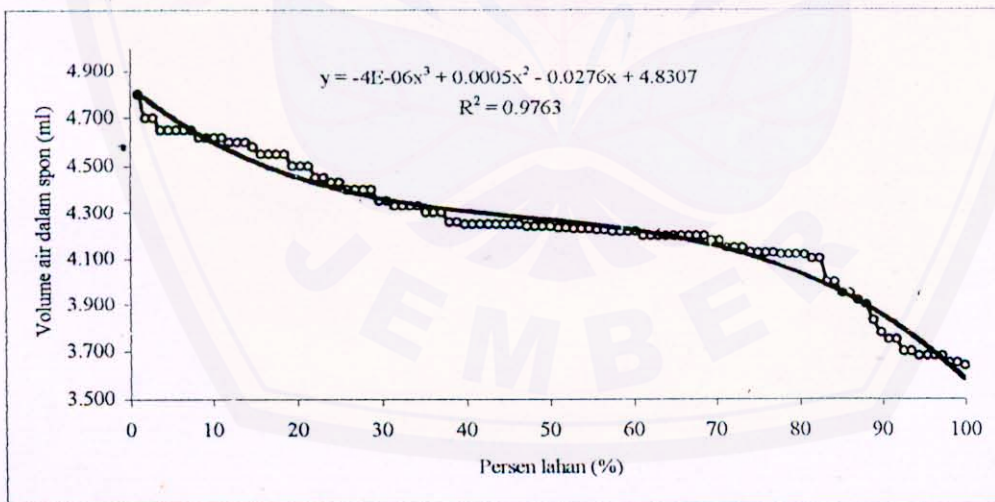
Gambar. 2 Grafik keseragaman pemberian irigasi ulangan II.

III. Ulangan III

Vol. Air (ml)	Persen lahan	Kumulatif persen lahan
4.800	0.926	0.926
4.700	0.926	1.852
4.700	0.926	2.778
4.650	0.926	3.704
4.650	0.926	4.630
4.650	0.926	5.556
4.650	0.926	6.481
4.650	0.926	7.407
4.620	0.926	8.333
4.620	0.926	9.259
4.620	0.926	10.185
4.620	0.926	11.111
4.600	0.926	12.037
4.600	0.926	12.963
4.600	0.926	13.889
4.580	0.926	14.815
4.550	0.926	15.741
4.550	0.926	16.667
4.550	0.926	17.593
4.550	0.926	18.519
4.500	0.926	19.444
4.500	0.926	20.370
4.500	0.926	21.296
4.450	0.926	22.222
4.450	0.926	23.148
4.430	0.926	24.074
4.430	0.926	25.000
4.400	0.926	25.926
4.400	0.926	26.852
4.400	0.926	27.778
4.400	0.926	28.704
4.350	0.926	29.630
4.350	0.926	30.556
4.330	0.926	31.481
4.330	0.926	32.407
4.330	0.926	33.333
4.330	0.926	34.259
4.300	0.926	35.185
4.300	0.926	36.111
4.300	0.926	37.037
4.260	0.926	37.963
4.260	0.926	38.889

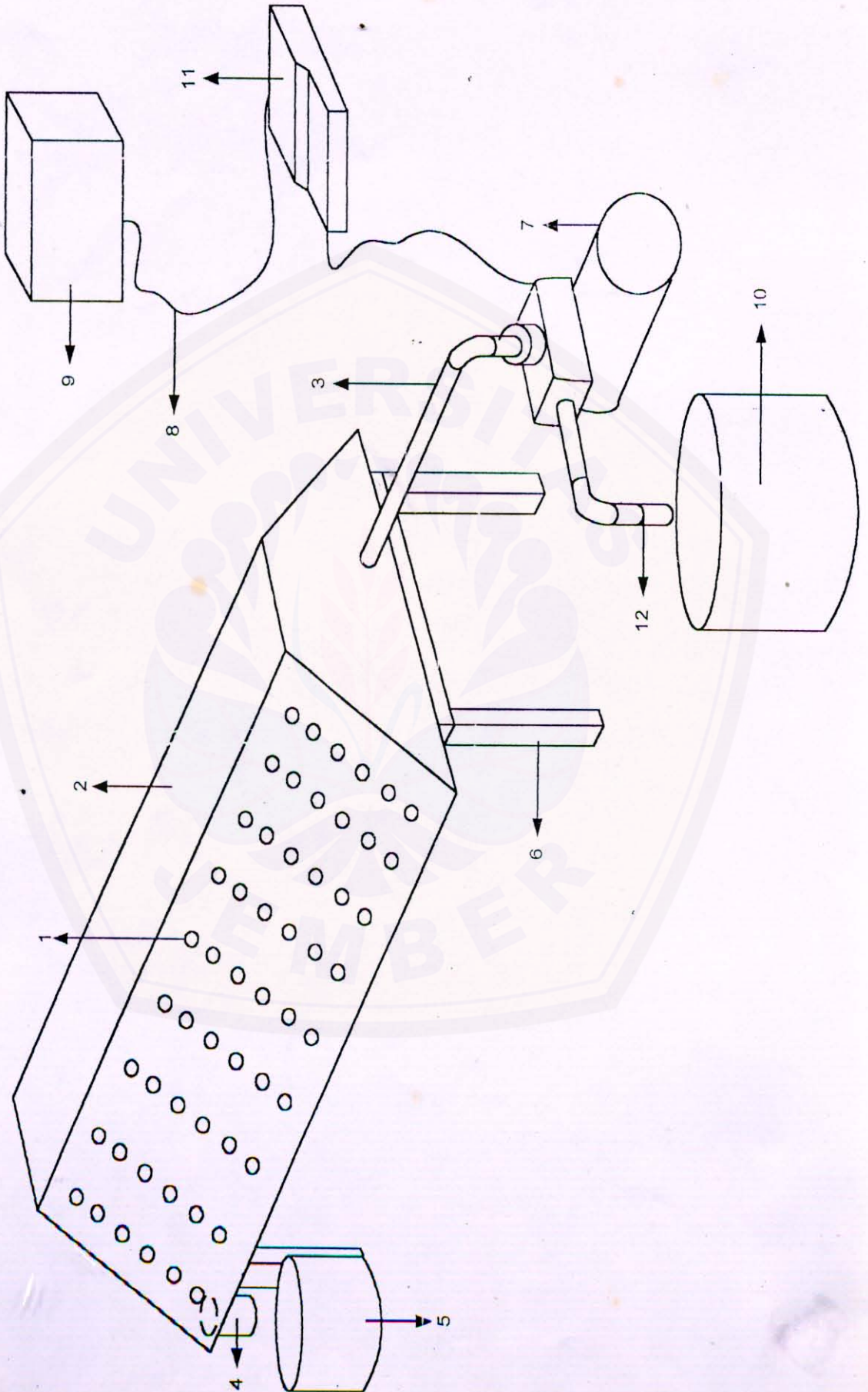
Vol. Air (ml)	Persen lahan	Kumulatif persen lahan
4.250	0.926	41.667
4.250	0.926	42.593
4.250	0.926	43.519
4.250	0.926	44.444
4.250	0.926	45.370
4.250	0.926	46.296
4.240	0.926	47.222
4.240	0.926	48.148
4.240	0.926	49.074
4.240	0.926	50.000
4.235	0.926	50.926
4.235	0.926	51.852
4.230	0.926	52.778
4.230	0.926	53.704
4.230	0.926	54.630
4.225	0.926	55.556
4.225	0.926	56.481
4.220	0.926	57.407
4.220	0.926	58.333
4.220	0.926	59.259
4.220	0.926	60.185
4.200	0.926	61.111
4.200	0.926	62.037
4.200	0.926	62.963
4.200	0.926	63.889
4.200	0.926	64.815
4.200	0.926	65.741
4.200	0.926	66.667
4.200	0.926	67.593
4.200	0.926	68.519
4.180	0.926	69.444
4.180	0.926	70.370
4.150	0.926	71.296
4.150	0.926	72.222
4.150	0.926	73.148
4.127	0.926	74.074
4.125	0.926	75.000
4.125	0.926	75.926
4.125	0.926	76.852
4.120	0.926	77.778
4.120	0.926	78.704
4.120	0.926	79.630
4.118	0.926	80.556
4.100	0.926	81.481

Vol. Air (ml)	Persen lahan	Kumulatif persen lahan
4.000	0.926	83.333
4.000	0.926	84.259
3.950	0.926	85.185
3.950	0.926	86.111
3.920	0.926	87.037
3.900	0.926	87.963
3.830	0.926	88.889
3.780	0.926	89.815
3.750	0.926	90.741
3.750	0.926	91.667
3.700	0.926	92.593
3.700	0.926	93.519
3.680	0.926	94.444
3.680	0.926	95.370
3.680	0.926	96.296
3.680	0.926	97.222
3.650	0.926	98.148
3.650	0.926	99.074
3.640	0.926	100.000



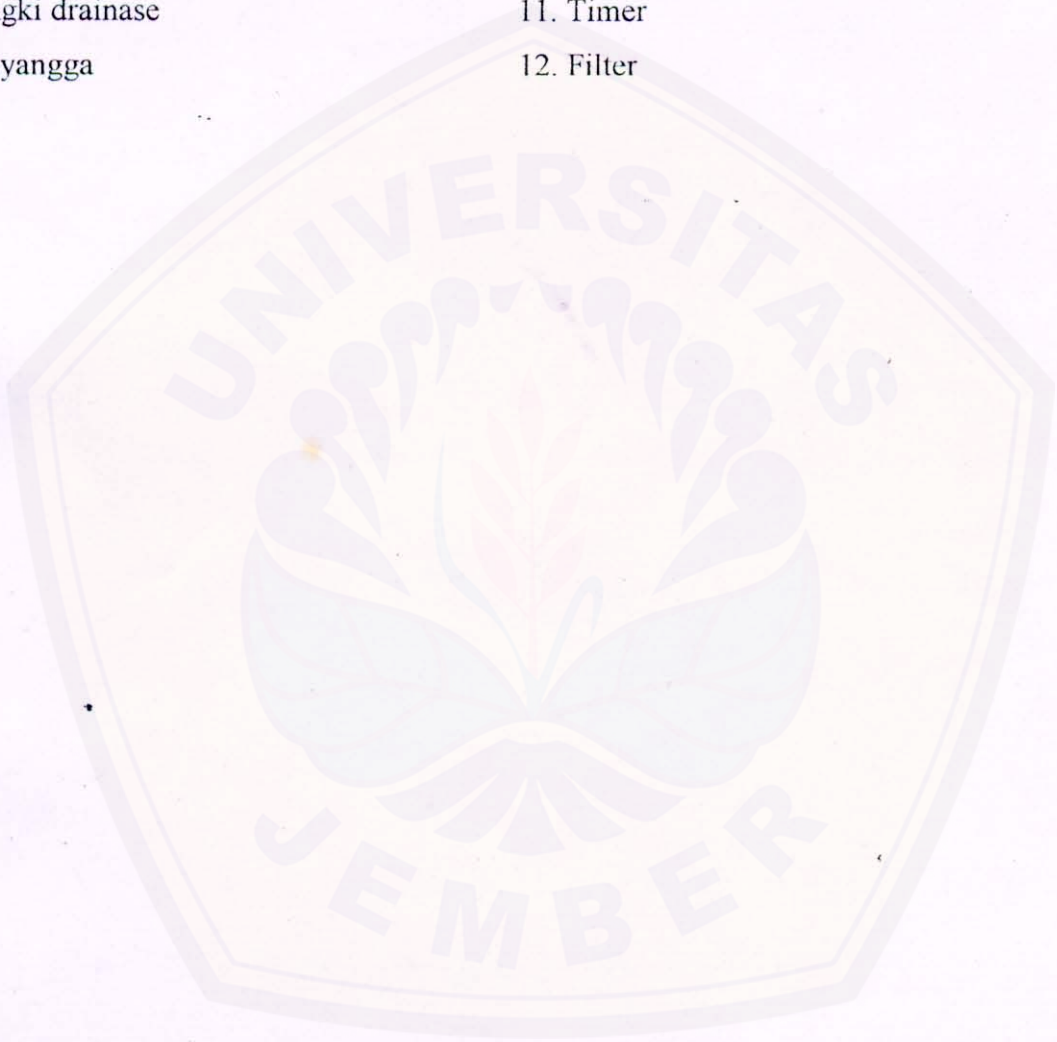
Gambar. 3 Grafik keseragaman pemberian irigasi ulangan III.

Lampiran 10. Layout desain irigasi Aeroponik pada tanaman sawi



Keterangan layout desain irigasi aeroponik pada tanaman sawi :

1. Lubang tempat tanaman sawi
2. Bak penanaman
3. Pipa PVC
4. Lubang drainase
5. Tangki drainase
6. Penyangga
7. Pompa
8. Kabel
9. KWH meter
10. Reservoir
11. Timer
12. Filter



Lampiran 11. Data berat spon setelah penyiraman 10 menit dan setelah istirahat 10 menit.

No.	Bt1 (gr)	Bt2 (gr)
1	5.10	4.80
2	4.80	4.60
3	4.80	4.60
4	4.60	4.30
5	4.50	4.30
6	4.90	4.50
7	5.60	5.30
8	6.00	6.00
9	9.40	5.80
10	5.40	5.30
11	5.40	5.30
12	5.30	5.20
13	6.50	6.30
14	6.60	6.40
15	5.50	5.40
16	7.20	7.00
17	8.70	8.10
18	6.30	6.10
19	5.30	5.20
20	6.10	5.80
21	5.00	4.80
22	6.00	5.80
23	5.20	5.00
24	5.30	5.10
25	6.10	5.90
26	6.30	6.20
27	6.30	6.20
28	7.10	6.40
29	6.20	6.10
30	6.20	6.10
31	4.80	4.60
32	5.30	5.10
33	5.30	5.00
34	5.20	5.10
35	6.20	6.10
36	5.40	5.00
37	4.80	4.50
38	5.20	5.00
39	5.00	4.80
40	5.90	5.30
41	5.50	5.20
42	5.40	5.30
43	6.20	6.00

No.	Bt1 (gr)	Bt2 (gr)
44	6.30	6.00
45	6.90	5.80
46	6.50	6.30
47	5.50	5.30
48	8.10	5.00
49	5.40	5.20
50	6.00	5.00
51	8.50	8.40
52	5.20	4.90
53	7.00	6.60
54	5.80	5.70
55	10.10	9.50
56	8.70	8.20
57	10.40	9.40
58	10.80	9.20
59	10.20	9.20
60		
61	9.00	8.90
62	9.90	8.20
63	6.50	6.20
64	11.0	9.40
65	9.30	8.00
66	5.80	5.60
67	5.40	5.20
68	5.00	5.00
69	8.00	7.30
70	6.40	6.40
71	5.80	5.80
72	6.50	6.40
73	5.60	5.60
74	6.00	5.80
75	10.8	8.40
76	6.50	6.20
77	6.00	5.70
78	6.20	6.00
79	6.00	5.80
80	5.70	5.50
81	9.20	8.90
82	10.00	8.00
83	14.50	13.50
84	10.40	10.00
85	7.40	7.10
86	8.30	7.80
87	9.00	8.70
88	9.00	8.10
89	8.00	7.70

No.	Bt1 (gr)	Bt2 (gr)
90	8.10	7.20
91	10.00	9.60
92	9.40	9.10
93	9.30	8.70
94	8.90	8.40
95	5.50	5.40
96	10.60	9.10
97	7.00	6.90
98	7.90	7.60
99	8.00	7.50
100	10.00	9.70
101	7.20	6.80
102	9.80	9.40
103	5.80	5.70
104	6.60	6.50
105	6.20	6.20
106	6.00	5.50
107	7.90	7.70
108	6.30	6.10

Keterangan :

Bt1 = berat spon setelah disiram selama 10 menit dalam gram

Bt2 = berat spon setelah istirahat selama 10 menit dalam gram

