Efisiensi Keseragaman Distribusi Air dari Variasi Ketinggian Pipa pada Sistem Irigasi Curah

(Efficiency of Water Distribution Uniformity of The Various Riser for Sprinkler Irrigation System)

Ariswandi Putra¹, Ichwana¹, Susi Chairani^{1*}

¹Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

Abstrak. Sistem irigasi curah pada penerapannya dapat menghemat air serta waktu yang dibutuhkan untuk menyiram tanaman. Sistem irigasi curah mendistribusikan air dari pompa air sebagai sumber tekanan melalui sistem perpipaan hidrolika dalam bentuk curahan air yang disemprotkan ke udara, kemudian curahan air tersebut jatuh ke tanah maupun akar-akar tanaman. Ketinggian pipa merupakan salah satu faktor penting yang dapat menentukan kinerja sistem irigasi curah terhadap keseragaman distribusi atau penyebaran curahan air ke tanaman. Hasil penelitian ini menjelaskan bahwa ketinggian pipa memberi pengaruh terhadap semua parameter yang diamati, yakni koefisien keseragaman distribusi air (CU), laju penyiraman air dan jarak lempar air. Nilai rata-rata debit *nozzle* yang diperoleh adalah 3,4007 liter/menit dan nilai rata-rata laju penyiraman air 4897,032 mm/hari. Nilai koefisien keseragaman distribusi air adalah sebesar 99,017 % pada riser 15 cm, 99,015 % pada riser 20 cm dan 99,016 % pada riser 25 cm. Kemudian nilai rata-rata jarak lempar air 127,33 cm. Adapun untuk mengetahui pengaruh ketinggian pipa pada sistem irigasi curah adalah dengan menggunakan persamaan regresi linear. Maka nilai regresi linear yang dihasilkan adalah sebesar 75,4 % dari seluruh parameter yang diamati, yakni koefisien keseragaman distribusi air (CU), laju penyiraman air dan jarak lempar air.

Kata kunci : Sistem irigasi curah, ketinggian pipa.

Abstract. The sprinkler irrigation system in the application of bulk can save water as well as the time needed for watering plants. The sprinkler irrigation system to distribute the water from the water pump as the source pressure through the piping system hydraulics in the form of a drink of water that is sprayed into the air, then the water flow fell to the ground and the roots of plants. The riser is one of the important factors that can determine the performance of irrigation systems bulk of the uniform distribution or dissemination of water flow into the plant. The results of this study explains that the height of the pipe to give effect to all parameters were observed, namely water distribution coefficient of uniformity (CU), the rate of watering and water throwing distance. The average value obtained discharge nozzle is 3.4007 liters / min and the average value of the rate of watering 4897.032 mm / day. The coefficient of uniformity of water distribution is equal to 99.017% at 15 cm riser, the riser 99.015% 99.016% 20 cm and 25 cm on the riser. Then the average value of 127.33 cm water throwing distance. As for the height of the pipe to determine the effect on the bulk of irrigation systems is to use linear regression equation. Then the resulting linear regression value is equal to 75.4 % of all observed parameters, ie water distribution coefficient of uniformity (CU), the rate of watering and water throwing distance.

Keywords : The sprinkler irrigation system, the riser.

PENDAHULUAN

Menurut Sudjarwadi (1990), beberapa jenis metode pemberian air dengan sistem irigasi mikro yaitu dengan irigasi tetes (*trickle/drip irrigation*), irigasi curah (*sprinkler irrigation*) dan irigasi kendi (*pitcher irrigation*). Peluang untuk meningkatkan produksi tanaman pangan maupun tanaman tahunan yang berpotensi mendukung ketahanan pangan secara tidak langsung dilahan kering sangat besar melalui penerapan teknologi irigasi mikro.

Salah satu contoh irigasi yang dapat diaplikasikan terhadap lahan pertanian adalah irigasi curah. Sistem irigasi bertekanan atau irigasi curah (*sprinkler*) adalah salah satu metode irigasi dimana pemberian air dilakukan dengan menyemprotkan air ke udara kemudian jatuh ke permukaan tanah seperti air hujan dan mampu meningkatkan produktivitas air karena dapat

menghindari aliran permukaan (*run-off*) dimana air yang diberikan langsung ke daerah perakaran tanaman dengan debit yang kecil sesuai dengan kebutuhan tanaman (Schwab et.al, 1981).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di halaman Laboratorium Penelitian Tanah dan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala pada bulan Agustus 2016.

MATERI DAN METODE

Sistem Irigasi Curah

Sistem irigasi curah dirancang sesuai persyaratan perpipaan hidrolika. Alat dan bahan rancangan sistem irigasi curah dibeli dari toko bangunan terdekat yang berada di sekitar wilayah Kampus Unsyiah, Darussalam, Kota Banda Aceh.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah experimental, yaitu untuk melihat pengaruh perbedaan ketinggian pipa (*riser*) pada sistem irigasi curah yakni sebesar 15 cm, 20 cm dan 25 cm dari permukaan tanah. Jarak *sprinkler* yakni 100 cm dengan tekanan air sebesar 15 Psi. Waktu yang diperlukan untuk mengetahui pengaruh perbedaan ketinggian pipa (*riser*) adalah 10-60 menit.

Pelaksanaan Penelitian dan Analisis Data

a. Persiapan Lahan

Penetapan lahan penelitian yang mencakup penataan lokasi, seperti pembersihan area dari sampah dan bebatuan yang ada disekitar area. Luas area/lahan penelitian yang digunakan ialah 3 m x 4 m dan sumber air yang dipakai untuk penelitian ini adalah air sumur/air tanah.

b. Pemasangan Alat *Micro Sprinkler*

Langkah pertama yang dilakukan adalah pemasangan pompa dari bak penampungan air atau sumur yang ada ditempat penelitian. Langkah kedua yang dilakukan adalah pemasangan pipa utama (*mainline*) menuju ke pipa lateral. Langkah ketiga yang dilakukan adalah proses pemasangan *nozzle* di pipa lateral. Langkah keempat yang dilakukan adalah proses pemasangan *riser* ke *micro sprinkler* di pipa lateral. Langkah kelima yang dilakukan adalah proses pemasangan *micro sprinkler* pada *riser* dengan ketinggian 15 cm, 20 cm dan 25 cm melalui *nozzle*. Langkah keenam yang dilakukan adalah pemasangan *manometer* di ujung pipa lateral.

c. Pengolahan dan Analisa Data

Perhitungan rancangan irigasi *sprinkler* meliputi:

1. Debit Air

Untuk mengukur debit aliran air tersebut, dapat dihitung dengan persamaan 1 di bawah ini :

$$Q = \frac{V}{t} \dots \dots \dots (1)$$

Dimana:

v = volume air (liter)

t = waktu (detik)

2. Kehilangan Tekanan (*Head Loss*)

Besarnya nilai kehilangan di dalam pipa dapat dihitung dengan persamaan 2 berikut ini :

$$H_L = f \times \frac{l}{d} \times \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

H_L = kerugian yang disebabkan oleh gesekan aliran fluida dan pipa

f = koefisien gesekan

l = panjang pipa

d = diameter pipa

v = kecepatan aliran

g = gravitasi

3. Laju Penyiraman Air (mm/hari)

Laju penyiraman air dihitung dengan menggunakan persamaan 3 berikut ini :

$$I = \frac{k \cdot q}{Se \cdot Si} \dots\dots\dots (3)$$

Dimana:

I = laju penyiraman rata-rata (mm/jam)

k = faktor konversi sebesar 60

q = debit *sprinkler* (L/menit)

Se = jarak antar *sprinkler* sepanjang lateral (m)

Si = jarak antara lateral (m)

4. Koefisien Keseragaman Distribusi Air (*Coefficient of Uniformity*)

Besarnya nilai dari koefisien keseragaman distribusi air (CU) dapat dihitung dengan persamaan 4 dibawah ini :

$$Cu = 100 - \left[1 - \frac{\sum |X_i - X_r|}{X_r \cdot n} \right] \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

Cu = koefisien keseragaman (%)

X_i = pengukuran air dalam pengamatan ke-I ($I = 1, 2, \dots n$)(ml)

X_r = nilai rata- rata pengamatan (ml)

n = jumlah titik atau wadah pengamatan

$\sum |X_i - X_r|$ = jumlah *deviasi absolute* dari rata- rata pengukuran

Nilai CU = 100% menunjukkan bahwa irigasi benar-benar seragam dan mustahil dicapai

5. Jarak Lempar Air (cm)

Jarak lempar air diukur dari pangkal tegak *sprinkler* ke jarak lempar air terjauh oleh *nozzle* dengan menggunakan meteran (*roll meter*). Jarak wadah penampung air yang ditetapkan adalah 10 cm.

6. Regresi Linear

Persamaan umum Regresi Linier adalah sebagai berikut :

$$\hat{Y} = a + bX \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

$\hat{Y}$ = variabel terikat

X = variabel bebas

a = intersep

b = koefisien regresi/slop

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Keceragaman Distribusi Air

Hal yang perlu diperhatikan pada sistem irigasi curah adalah distribusi penyebaran air dan hubungan antara laju penyiraman air dari *nozzle* dengan laju infiltrasi air ke dalam tanah atau lahan. Sesuai persyaratan perpipaan hidrolika, jarak *sprinkler* yang baik ialah 1 meter per pipa lateral. Hal ini dikarenakan agar keceragaman distribusi air, laju penyiraman air dan jarak lempar air pada irigasi curah tidak mengalami penurunan terhadap intensitas pola penyebaran air. Selain itu, jarak antar pipa lateral yang baik yakni 1-1,5 meter. Sebagai parameter penelitian ini, maka ada beberapa faktor yang mempengaruhi keceragaman distribusi air pada sistem irigasi curah, yaitu debit, kehilangan tekanan, laju penyiraman air, koefisien keceragaman distribusi air dan jarak lempar air.

4.1.1. Debit

Hasil pengamatan pada data sistem irigasi curah (*sprinkler irrigation*) dalam penelitian ini, dapat dilihat data debit pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Nilai debit pipa PVC dan pipa lateral

Diameter Pipa		Panjang Pipa	Waktu (t)	Volume (V)	Debit (Q)
Inchi	meter	meter	menit	liter	m ³ /s
1	0,0254	5,10	10	216	0,00036
¾	0,01905	2,50			

Sumber : Hasil pengolahan data

Pada Tabel 1 dijelaskan bahwa pipa yang digunakan pada sistem irigasi curah (*sprinkler irrigation*) adalah pipa PVC berdiameter 1 inchi = 0,0254 m dengan panjang total 5,10 meter. Kemudian, panjang pipa lateral ¾ inchi adalah 2,50 meter dengan total panjang pipa lateral yakni 7,50 meter karena pipa lateral yang digunakan adalah sebanyak 3 buah sehingga dikalikan 3. Adapun waktu yang ditetapkan untuk mengukur debit adalah 10 menit (600 detik). Volume dan nilai debit air yang dihasilkan adalah sebesar 216 liter dan 0,00036 m³/s.

4.1.2. Kehilangan Tekanan (*Head Loss*)

Hasil pengamatan pada penelitian sistem irigasi curah (*sprinkler irrigation system*) ini, data kehilangan tekanan (*head loss*) dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 2. Nilai kehilangan tekanan (*head loss mayor*).

Diameter Pipa		Panjang Pipa	Koefisien Gesekan (f)	Kecepatan (v) ²	Head Loss
Inchi	meter	meter		m/s	(cm)
1	0,0254	5,10	0,0685	0,1185	0,0984
¾	0,01905	2,50	0,0286	0,2106	0,0085
Total <i>head loss mayor</i> = 0,1069 cm					

Sumber : Hasil pengolahan data

Tabel 3. Nilai kehilangan tekanan (*head loss minor*).

Komponen pipa	Koefisien Kehilangan Tenaga (KL)	Kecepatan (v) ²	Gravitasi (g)	Jumlah Bahan	Head loss (cm)
Sambungan	0,08	0,1646	9,81	12	0,0013
Elbow	0,3			13	0,0053
Stop kran	5,5			8	0,0608
Tee	1,8			15	0,0360
Tee <i>manometer</i>	0,4			8	0,0044
Total <i>head loss minor</i> = 0,1078 cm					
Total <i>head loss</i> = 0,2147 cm					

Sumber : Hasil pengolahan data

Tabel diatas menunjukkan nilai kehilangan tekanan (*head loss mayor*) yang dihasilkan yakni sebesar 0,1069 cm dan nilai kehilangan tekanan (*head loss minor*) adalah sebesar 0,1078 cm. Kemudian, secara keseluruhan nilai kehilangan tekanan (*head loss*) yang didapatkan setelah dijumlahkan yaitu sebesar 0,2147 cm. Tekanan air sebesar 15 Psi atau 103,42 Kpa diukur dengan menggunakan alat pengukur tekanan, yakni *manometer*.

4.1.3. Laju Penyiraman Air

Menurut hasil analisa penelitian tentang sistem irigasi curah sebelumnya yang dilakukan oleh Tawardi (2013), bila tekanan air yang digunakan sama besar pada ukuran ketinggian pipa (*riser*) yang berbeda panjangnya, maka nilai kehilangan tekanan (*head loss*) juga semakin tinggi. Hal tersebut bisa dilihat dari data nilai *head loss mayor* dan *head loss minor*. Artinya, tidak terjadi peningkatan tekanan air dengan diameter *sprinkler* yang tetap.

Hasil pengolahan data yang diperoleh bahwa nilai debit *nozzle* dari tekanan air sebesar 15 Psi adalah 3,4007 liter/menit dan laju penyiraman air sebesar 4892,73 mm/hari. Data debit *nozzle* dan laju penyiraman air dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5 berikut ini.

Tabel 4. Nilai perhitungan debit *nozzle*.

Nama	Tekanan		DN	Koefisien Q	Nilai q	
	15 Psi	Kpa	Mm	m ³ /s	liter/detik	liter/menit
S1 ke 1	17	117,21	0,5	0,95	0,0618	3,7083
S1 ke 2	16,5	113,76	0,5	0,95	0,0599	3,5991
S2 ke 1	15	103,42	0,5	0,95	0,0545	3,2717
S2 ke 2	15	103,42	0,5	0,95	0,0545	3,2717
S3 ke 1	15	103,42	0,5	0,95	0,0545	3,2717
S3 ke 2	14,9	103,13	0,5	0,95	0,0547	3,2640
Total Rata-rata q (liter/menit) = 3,4007						

Sumber : Hasil pengolahan data

Keterangan :

- S1 ke 1 = *Sprinkler* 1 pada lateral 1 (*riser* 15 cm)
S2 ke 1 = *Sprinkler* 2 pada lateral 1 (*riser* 15 cm)
S1 ke 2 = *Sprinkler* 1 pada lateral 2 (*riser* 20 cm)

S2 ke 2 = *Sprinkler* 2 pada lateral 2 (*riser* 20 cm)

S1 ke 3 = *Sprinkler* 1 pada lateral 3 (*riser* 25 cm)

S1 ke 3 = *Sprinkler* 2 pada lateral 3 (*riser* 25 cm)

Tabel 5. Nilai perhitungan laju penyiraman air.

Nama	Tekanan	Faktor Konversi	Nilai q liter/menit	Se m	Si M	I	
	15 Psi					mm/jam	mm/hari
S1 ke 1	17	60	3,7083	1	1	222,498	5339,95
S1 ke 2	16,5	60	3,5991	1	1	215,946	5182,70
S2 ke 1	15	60	3,2717	1	1	196,302	4711,25
S2 ke 2	15	60	3,2717	1	1	196,302	4711,25
S3 ke 1	15	60	3,2717	1	1	196,302	4711,25
S3 ke 2	14,9	60	3,2818	1	1	195,840	4700,00
Total Rata-rata Laju Penyiraman Air (mm/hari) = 4892,73							

Sumber : Hasil pengolahan data

Kemudian grafik laju penyiraman air pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.

Gambar 1. Perbandingan nilai laju penyiraman air per hari.

Pada Gambar 1, menunjukkan bahwa grafik laju penyiraman air terlihat menurun pada *riser* 15 cm. Artinya, pada *riser* 15 cm laju penyiraman air terlihat tidak stabil karena masih terlalu dekat dengan mesin pompa air yang menyebabkan tekanan air menjadi tinggi sehingga berpengaruh terhadap debit pada *nozzle* dan laju penyiraman air. Lalu pada *riser* 20 cm dan 25 cm grafik laju penyiraman air terlihat stabil dan sudah berjalan dengan baik. Grafik diatas membuktikan bahwa adanya pengaruh ketinggian pipa (*riser*) dan jarak antar pipa lateral yang telah ditentukan serta jarak *sprinkler* per lateral. Semakin jauh jarak *sprinkler*, maka tekanan pada air akan semakin berkurang pula. Hal ini juga sekaligus membuktikan bahwa adanya keseragaman terhadap distribusi air pada penelitian sistem irigasi curah ini. Waktu yang dibutuhkan untuk pengambilan data pada laju penyiraman air ini adalah 60 menit (1 jam) per lateral dengan 3 kali pengulangan percobaan.

4.1.4. Koefisien Keseragaman Distribusi Air (*Coefficient of Uniformity*)

Pada penelitian sistem irigasi curah (*sprinkler irrigation system*) ini, menyimpulkan bahwa nilai koefisien keseragaman distribusi air (CU) yang diperoleh sudah berjalan dengan baik dan melampaui batas kesesuaian yang telah ditentukan, yakni lebih besar daripada 85%. Nilai CU yang

didapat pada penelitian ini adalah sebesar 99,017 % pada ketinggian pipa (riser) 15 cm, kemudian 99,015 % pada ketinggian pipa (riser) 20 cm dan 99,016 % pada ketinggian pipa (riser) 25 cm. Hal ini menandakan bahwa pada penelitian sistem irigasi curah ini, keseragaman distribusi air sudah berjalan dengan baik dan memenuhi batas persyaratan persentase perpipaian hidrolika.

Gambar 2. Persentase nilai koefisien keseragaman distribusi air (CU).

4.1.5. Jarak Lempar Air

Pada *sprinkler* 1 dan 2 di ketinggian pipa (riser) 15 cm jarak lempar air yang diperoleh adalah 116 cm dan 115 cm. Kemudian untuk ketinggian pipa (riser) 20 cm, jarak lempar air yang diperoleh adalah 130 cm dan 128 cm pada *sprinkler* 1 dan 2. Selanjutnya pada ketinggian pipa (riser) 25 cm, jarak lempar air yang didapat pada *sprinkler* 1 dan 2 adalah 138 cm dan 137 cm. Data jarak lempar air dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 3 di bawah ini.

Tabel 6. Nilai jarak lempar air pada ketinggian pipa (riser) yang berbeda

Tinggi Pipa (cm)	<i>Sprinkler</i> 1 (cm)	<i>Sprinkler</i> 2 (cm)
<i>Riser</i> 15	116	115
<i>Riser</i> 20	130	128
<i>Riser</i> 25	138	137

Sumber : Hasil pengolahan data

Gambar 3. Grafik perbandingan jarak lempar air.

Hasil pengolahan data yang diperoleh, pada ketinggian pipa (riser) 15 cm jarak lempar air yang diperoleh adalah 116 cm pada *sprinkler* 1 dan 115 cm pada *sprinkler* 2. Kemudian untuk ketinggian pipa (riser) 20 cm, jarak lempar air yang diperoleh adalah 130 cm dan 128 cm pada

sprinkler 1 dan 2. Selanjutnya pada ketinggian pipa (*riser*) 25 cm, jarak lempar air yang didapat pada masing-masing *sprinkler* adalah 138 cm dan 137 cm. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan jarak curahan atau lemparan air pada masing-masing pipa penyangga *nozzle* yang sudah ditetapkan tersebut.

4.2. Regresi Linear

Dari hasil penelitian sistem irigasi curah, nilai koefisien regresi linear yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Nilai regresi linear laju penyiraman air, CU dan jarak lempar air

Komponen Variabel	Koefisien Regresi
Laju penyiraman air	$R^2 = 0,75 + 0,767 / 2 = 0,759$
Koefisien Keseragaman Distribusi Air (CU)	$R^2 = 0,521$
Jarak Lempar Air	$R^2 = 0,975 + 0,989 / 2 = 0,982$

Sumber : Hasil pengolahan data

Dari hasil penelitian dan pengolahan data, nilai regresi (R^2) yang diperoleh pada laju penyiraman air (X_1) sebesar 0,759 dan koefisien keseragaman distribusi air (X_2) sebesar 0,521 serta jarak lempar air (X_3) sebesar 0,982.

Setelah mendapatkan nilai regresi, maka $\hat{Y} = 0,759(X_1) + 0,521(X_2) + 0,982(X_3)$. Kemudian hasil penjumlahan nilai regresi dan dibagi jumlah variabel bebas, maka hasilnya adalah $\hat{Y} = 0,754$. Setelah itu nilai $\hat{Y}$ yang diperoleh dikalikan dengan nilai persentase yaitu 100 %, maka hasilnya adalah sebesar 75,4 %.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dalam penelitian sistem irigasi curah ini adalah ketinggian pipa (*riser*) memberi pengaruh pada laju penyiraman air, semakin tinggi riser yang digunakan maka tekanan air akan semakin berkurang. Jika jarak *sprinkler* terlalu jauh, maka keseragaman pola sebaran air menjadi tidak seimbang sehingga menyebabkan curahan air menjadi tidak cukup baik. Semakin tinggi pipa peninggi (*riser*) yang digunakan, maka jarak lemparan/curahan air yang dihasilkan juga semakin bertambah. Namun tidak selamanya penggunaan *riser* yang tinggi dapat memberi dampak yang baik terhadap curahan air. Karena penggunaan *riser* yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pola sebaran curahan air terhadap tanaman menjadi tidak merata. Sistem irigasi curah ini sudah sesuai dengan persyaratan hidrolika jaringan perpipaan, nilai CU harus dapat dipenuhi untuk mendapatkan penyiraman yang seragam yakni $> 85\%$. Nilai regresi linear pada variabel bebas yang mempengaruhi sistem irigasi curah adalah sebesar 75,4%. Hal ini membuktikan bahwa laju penyiraman air, koefisien keseragaman distribusi air (CU) dan jarak lempar air atau disebut dengan variabel bebas dipengaruhi oleh ketinggian pipa (*riser*) yang pada penelitian ini disebut sebagai variabel terikat. Selebihnya dipengaruhi oleh faktor lain seperti kecepatan angin dan kehilangan tekanan. Variabel bebas adalah ketinggian pipa (*riser*) dan variabel terikat adalah laju penyiraman air, koefisien keseragaman distribusi air (CU) dan jarak lempar air.

Pada penelitian sistem irigasi curah selanjutnya terlebih dahulu pastikan kondisi lapangan tidak dalam keadaan cuaca buruk untuk mendapatkan data hasil pengamatan yang maksimal. Kemudian buat perancangan gambar atau sketsa lay out sistem irigasi curah tersebut. Sebelum memulai penelitian, perkirakan volume air yang dibutuhkan agar penelitian berjalan dengan lancar

serta ukur laju infiltrasi air pada lahan penelitian. Penelitian sistem irigasi curah perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan tanaman. Hal ini ditujukan untuk mengetahui sejauh mana sistem irigasi curah berjalan secara efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmal, Masimin dan Meilianda. E., 2014. Efisiensi Irigasi Pada Petak Tersier di Daerah Irigasi Lawe Bulan Kabupaten Aceh Tenggara. Program Pasca Sarjana Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Benami, A. dan Ofen, A., 1984. *Irrigation Engineering. Irrigation Engineering Scientific Publication(IESP)*. Haifa.
- Dowes, M., 2007. Pengaruh Jarak *Sprinkler* dan Jarak Pipa Lateral Terhadap Keseragaman Distribusi Air Pada Sistem Irigasi Curah Tipe *Slow Rotation Double Nozzle*. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Firdiansyah, E., 2007. Rancangan Irigasi Curah (*Sprinkler Irrigation*) Sebagai Penyuplai Nutrisi Tanaman Sawi (*Brassica Juncea*) Pada Sistem Aeroponik. Skripsi. Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Hansen, V.E. Israelsen, O.W. dan G. E. Stringham., 1979. *Irrigation Principle and Practice*. (terjemahan) John Willey and Sons. Inc. New York.
- Istiadi, R., 2012. Pengaruh Tekanan Angin Ban *Hand Tractor* Terhadap Performansi dan Pemadatan Tanah. Skripsi. Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Kay, M., 1983. *Sprinkler Irrigation.Equipment and Practice*. Anchor Press. London.
- Keller, J. and Bliesner, R.D., 1990.*Sprinkler and Trickler Irrigation*. AVI Book.New York.
- Kementerian Pekerjaan Umum. 2006. Peraturan Pemerintah No. 20 Tahun 2006 Tentang Irigasi.
- Lenka, D. 2001. *Irrigation and Drainage*. Kalyani Publ. New Delhi. India.
- Marliana. 2009. Kinerja Operasi Irigasi Tetes (*Drip Irrigation*) Sistem Gravitasi Pada Tanaman Selada (*Lactuca Sativa L.*). Skripsi. Penerbit Fakultas Pertanian. Unsyiah. Banda Aceh.
- Najiyanti S. dan Danarti S., 1996. Petunjuk Mengairi dan Menyiram Tanaman. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Prastowo. 1995. Kriteria Pembangunan Irigasi *Sprinkler* dan *Drip*. Fateta, IPB. Bogor.
- Schwab G.O., R.K. Frevert, K.K Barnet, and T.W Edminster.1981. *Elementary Soil and Water Engineering*.John Wiley & Sons.Iowa.
- Tawardi, A., 2013. Pengaruh Tekanan Terhadap *Micro Sprinkler* Pada Sistem Irigasi Curah. Skripsi. Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Van de Goor G.A.W. and Zijlstra G. 1968. *Irrigation Requirements for Double Cropping of Lowland Rice in Malaya*. ILRI Publication 14. Wageningen.
- Wirosoedarmo, R., 2007. Pengolahan Air Irigasi. Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Yuda, O., 2010. Perancangan Irigasi Curah. Universitas Padjadjaran.