

## KINERJA ALAT IRIGASI CURAH (SPRINKLER IRRIGATION) BERBASIS GRAVITASI

Fery Rahman<sup>1)</sup>, Eko Noerhayati<sup>2)</sup>, Azizah Rachmawati<sup>3)</sup>

1) Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, email :feryrahman68@gmail.com

2) Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, email :ekonoerhayati@unisma.ac.id

3) Fakultas Teknik Sipil Universitas Islam Malang, email :azizah.rachmawati@unisma.ac.id

Jalan Mayjen Haryono 193 Malang 65144 Jawa Timur, Telp. (0341) 551932, Faks. (0341) 552249

### ABSTRAK

Kecamatan Poncokusumo adalah salah satu kecamatan yang terletak di Kabupaten Malang sistem irigasi pertaniannya menggunakan sistem curah. Curahan air yang terjadi banyak yang tidak merata pada tanaman sehingga mengakibatkan tanaman tidak cukup mendapatkan air yang sesuai kebutuhannya. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan alternatif pembuatan alat irigasi sprinkler sehingga air bisa sampai tanaman dengan merata.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kinerja alat irigasi sprinkler dengan kombinasi tinggi vertikal dan horisontal yang mengacu pada hasil koefisien keseragaman pada alat irigasi sprinkler model laboratorium. Penelitian ini dilakukan di laboratorium hidrolika Universitas Islam Malang. Dalam penelitian ini dilakukan percobaan sebanyak 9 kali dan diulang 10 kali di setiap percobaan, kemudian dilakukan perhitungan baik CU, DU, Eap, jarak pancaran, headloss dan penggunaan *Software minitab18* untuk mendapatkan nilai regresi berganda yang terjadi pada alat tersebut.

Kinerja alat irigasi sprinkler ini mengacu pada hasil koefisien keseragaman  $\geq 85\%$ . Berdasarkan pada penelitian yang dilakukan dari 9 percobaan dengan kombinasi perlakuan yang berbeda didapat percobaan 1,2,3,4,8 dan 9 memiliki nilai koefisien keseragaman  $\geq 85\%$  dan didapat nilai regresi sebesar 0,920 dimana  $>0,05$  batas kritis menandakan tidak ada pengaruh secara simultan. Dari hasil penelitian kinerja alat irigasi ini dikategorikan baik dan layak apabila diterapkan di lapangan.

**Kata kunci:** sprinkler, koefisien keseragaman, regresi

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Kecamatan Poncokusumo adalah salah satu kecamatan yang terletak di Kabupaten Malang, dimana sistem irigasi pertaniannya menggunakan sistem irigasi curah (sprinkler irrigation) dengan memanfaatkan kondisi topografi dan gravitasi. Irigasi curah (sprinkler irrigation) ini menggunakan model semi permanen yang mana akan digunakan sewaktu musim kemarau tiba dan dilepas sewaktu musim penghujan. Sistem irigasi sprinkler di daerah Poncokusumo menggunakan sistem berputar (rotating head system), kepala sprinkler atau nozzle akan berputar menyemprotkan air dari bawah menuju ke atas dan menyebarkan ke tanaman. Permasalahan yang timbul adalah ketika air yang keluar melalui sprinkler tidak merata pada tanaman bahkan tidak sampai pada tanaman sehingga terdapat beberapa tanaman yang tidak tumbuh dengan baik.

Sehubungan dengan permasalahan diatas maka dibutuhkannya alternatif yang dapat mengatur kebutuhan air dan mempermudah penggunaannya diperlukan untuk mengatasi masalah diatas, sehingga petani memperoleh hasil panen yang baik. Alternatif yang digunakan berupa kemajuan teknologi irigasi curah (sprinkler irrigation). Irigasi curah disebut juga overhead irrigation, merupakan cara pemberian air dari bagian atas tanaman dan menyerupai curahan hujan sehingga selain untuk memenuhi kebutuhan air pada tanaman juga dapat menciptakan iklim mikro disekitar tanaman (Syaifudin, 2016). irigasi ini cocok digunakan pada tanaman agropolitan seperti sayur dan buah. Narwindah (2015) melakukan uji kinerja desain irigasi dengan menggunakan kombinasi tekanan pompa dan tinggi pipa terhadap keseragaman air. Sementara Khairah (2014) meneliti

tentang kinerja penggunaan air irigasi sprinkler pada studi kasus yang berbeda dengan parameter tebal air tertampung tiap satuan waktu, dengan menggunakan pompa sebagai sumber tekanannya.

Berdasarkan uraian diatas maka penulis bermaksud melakukan penelitian Kinerja Alat Irigasi Curah (sprinkler irrigation) Berbasis Gravitasi di laboratorium dengan desain yang berbeda dengan di lapangan dan penelitian terdahulu. Untuk mengetahui kelayakan alat irigasi tersebut perlu dilakukan pengujian kinerja irigasi curah (sprinkler irrigation).

### **Rumusan Masalah**

- Berapa nilai performansi keseragaman curahan dan debit curahan sistem irigasi sprinkler berbasis gravitasi ?
- Berapa jarak pancaran dan nilai Eap yang dihasilkan sistem irigasi sprinkler berbasis gravitasi ?
- Berapa banyak kehilangan energi pada rangkaian alat irigasi sprinkler berbasis gravitasi ?
- Bagaimana kinerja alat irigasi sprinkler dengan mengacu pada standar nilai koefisien keseragaman (CU) ?

### **Tujuan Penelitian**

- Mengetahui nilai performansi keseragaman curahan dan debit curahan sistem irigasi sprinkler berbasis gravitasi.
- Mengetahui jarak pancaran dan nilai Eap yang dihasilkan sistem irigasi sprinkler berbasis gravitasi.
- Mengetahui kehilangan energi pada rangkaian alat irigasi sprinkler berbasis gravitasi.
- Mengetahui kinerja alat irigasi sprinkler dengan mengacu pada standar nilai koefisien keseragaman (CU).

## **METODOLOGI PENELITIAN**

### **Lokasi penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidrolika Universitas Islam Malang, Jl. Mayjend Haryono 193 Malang, Jawa Timur. Pada bulan Mei 2018 – Agustus 2018.

### **Alat dan Bahan Penelitian**

- Sprinkler berfungsi menyemprotkan air;
- Bejana berfungsi menampung air hasil keluaran air dari sprinkler
- Tandon air untuk sebagai reservoir;
- Pipa Ledeng ½ " berfungsi mengalirkan air dari selang fleksibel ke sprinkler;
- Roda penggerak sebagai penggerak vertikal pipa ledeng;
- Stopwatch untuk mengukur waktu pengamatan;
- Alat tulis dan kertas untuk mencatat hasil penelitian;
- Kamera untuk dokumentasi penelitian;
- Selang fleksibel untuk mengalirkan air dari tandon ke pipa ledeng;
- Kait pengunci vertikal untuk mengunci gerak alat saat naik dan turun;
- Tiang vertikal sebagai penyangga naik dan turunnya alat;
- Rak galvalum sebagai tempat bejana;
- Jangka sorong untuk mengukur diameter alat;
- Meteran untuk mengukur jarak horisontal dan vertikal serta tinggi volume air;
- Kran sebagai pembuka dan penutup jalannya air.

Bahan yang digunakan adalah

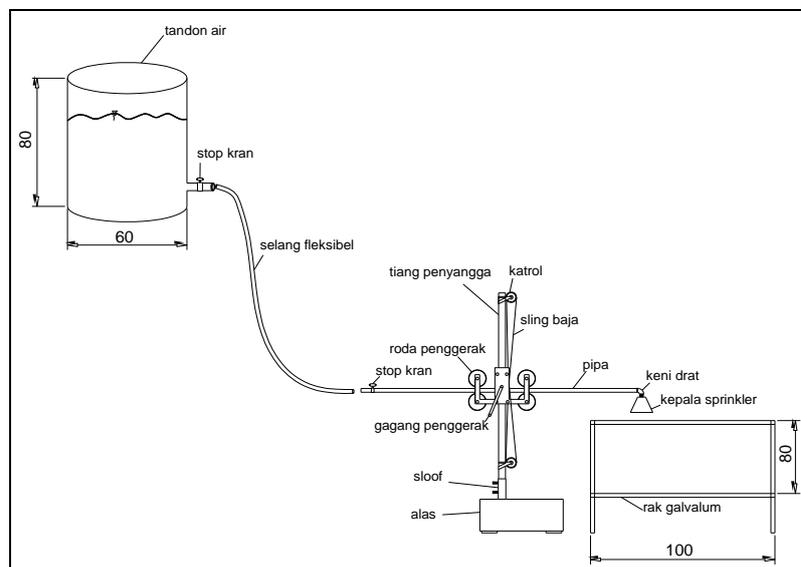
- air

### **Pengumpulan Data**

Prosedur pengambilan data yaitu:

- Pengamatan dan pengukuran langsung di laboratorium.
- Persiapan alat dan bahan dipasang sesuai perlakuan di laboratorium dengan mengacu desain pada Gambar 1
- Menjalankan alat sprinkler di laboratorium kemudian diukur:
  - Tinggi air tampungan
  - Koefisien keseragaman
  - Debit curahan
  - Jarak semprot
  - Diulang kembali sebanyak 10 kali dengan 9 kali percobaan.
  - Nilai eap (efisiensi penggunaan air)

Data yang dikumpulkan akan disajikan dalam bentuk tabel sesuai perlakuan di laboratorium, baik tinggi vertikal maupun horisontal terhadap ketinggian tandon atau gravitasi. P merupakan tinggi tandon, H merupakan jarak horisontal, dan T merupakan jarak vertikal. Selanjutnya dilakukan analisis pengaruh variabel dalam penelitian tersebut.



Gambar 1 Desain rancangan irigasi sprinkler

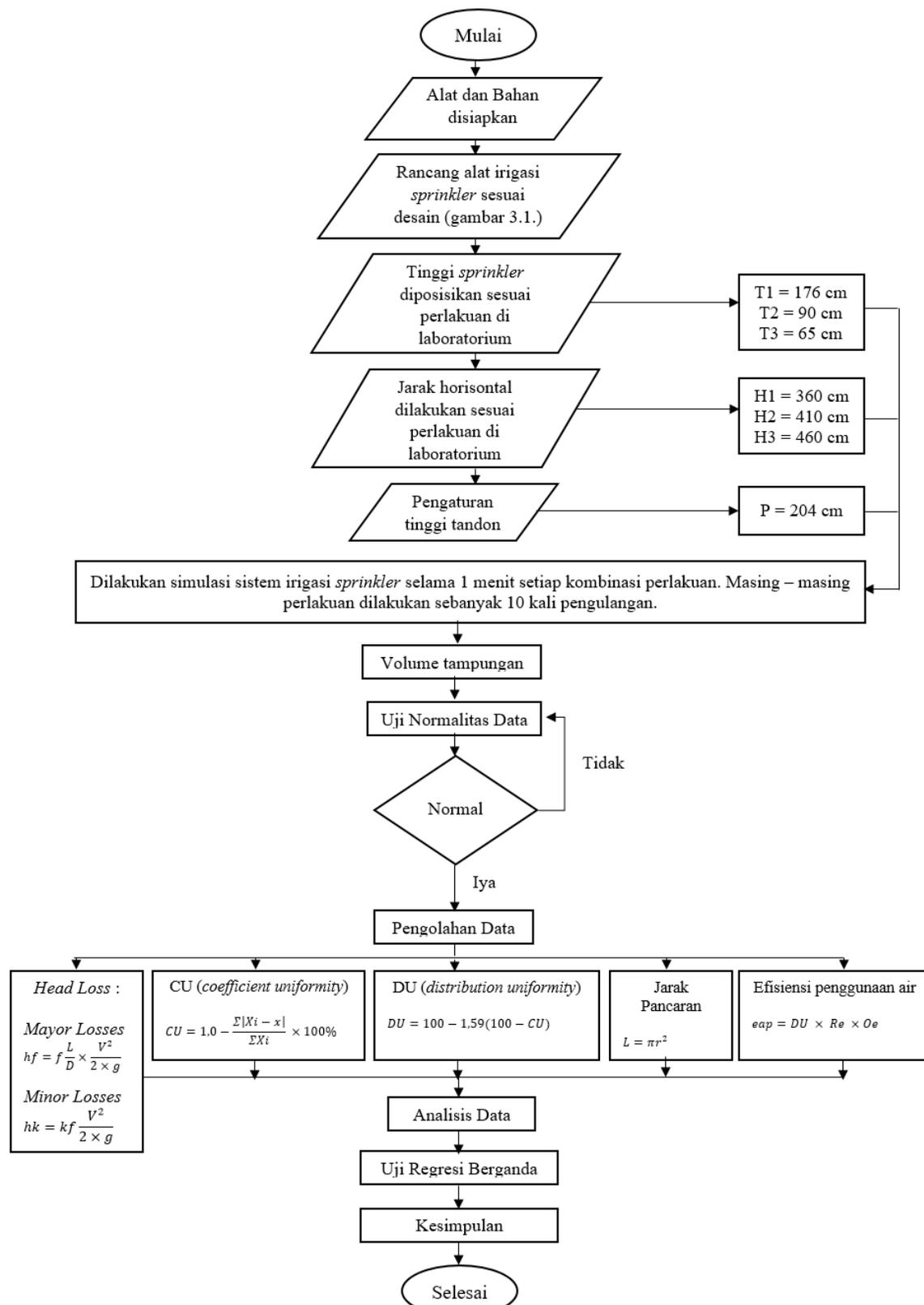
Sumber: Hasil Penggambaran

### Pengamatan dan Pengukuran di Laboratorium

Pengamatan dan Pengukuran langsung difungsikan untuk mengetahui nilai nyata alat irigasi sprinkler yang ada di laboratorium. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan kombinasi tinggi vertikal dan jarak horisontal dengan 9 kali percobaan dan 10 kali pengulangan setiap percobaan. Percobaan 1 menggunakan kombinasi PH1T1, percobaan 2 menggunakan kombinasi PH2T1, percobaan 3 menggunakan kombinasi PH3T1, percobaan 4 menggunakan kombinasi PH1T2, percobaan 5 menggunakan kombinasi PH2T2, percobaan 6 menggunakan kombinasi PH3T3, percobaan 7 menggunakan kombinasi PH1T3, percobaan 8 menggunakan PH2T3, percobaan 9 menggunakan PH3T3.

Nilai P merupakan tinggi tandon terhadap permukaan tanah, H merupakan jarak horisontal sprinkler terhadap tandon, T merupakan jarak vertikal sprinkler terhadap permukaan tanah. Nilai P = 204cm, Nilai H1 = 360cm, H2 = 410cm, H3 = 460cm, dan Nilai T1 = 176cm, T2 = 90cm, T3 = 65cm.

## Diagram Alir Penelitian



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tinggi Air Tampungan

Pada penelitian ini dilakukan pengukuran tinggi air yang tertampung dalam bejana dengan kombinasi tinggi vertikal dan horisontal. Kemudian dilakukan 9 kali percobaan dengan tiap percobaan diulangi sebanyak 10 kali. Hasil penelitian didapatkan selama di laboratorium tinggi air tertampung dapat dilihat pada tabel 4 dengan cara pengukuran seperti gambar 3.



Gambar 3 Pengukuran tinggi air  
Tabel 1 hasil tinggi air

No	Percobaan 1	Percobaan 2	Percobaan 3	Percobaan 4	Percobaan 5	Percobaan 6	Percobaan 7	Percobaan 8	Percobaan 9
	Hasil Tinggi Air (cm)								
1	16	15.8	15.5	24.9	25	26	26.3	27.3	28.5
2	16	15.8	16.8	24.8	25.8	26.1	26.4	27.5	28.5
3	15.3	15.7	16.6	25	24.4	26.5	26.7	27.6	28.6
4	15.8	16.1	17	25	24	27.3	26.6	27.3	28.1
5	15.6	16.1	17.1	24.8	24	27	26.5	27.4	28.3
6	15.9	16.2	17.2	25	24.5	27.1	26.3	27.7	28.6
7	16	16	17.2	24.7	25	27	26.4	27.5	28.1
8	15.7	16.1	17.1	25.1	25.1	26.9	26.6	27.5	28.1
9	15.4	15.9	17.2	25	24.9	26.7	27.1	27.3	28.4
10	15.6	15.8	17	24.9	25.3	27	27.3	27.7	28.5

Sumber: hasil penelitian

### Uji Normalitas Minitab18

Uji normalitas data menggunakan minitab18 dilakukan dengan metode Anderson-Darling. Data yang dimasukkan berupa data volume air yang tertampung pada setiap percobaan kemudian di input menggunakan software minitab18. Menggunakan persamaan:

$$V = \pi r^2 \cdot t \quad (1)$$

Dimana:

- V = Volume (cm<sup>3</sup>)
- r = radius (jari-jari bejana) cm
- t = tinggi air (cm)

Tabel 2 hasil uji normalitas data

No	Nama Percobaan	P-Value	$\alpha$	Kesimpulan
1	Percobaan 1	0.370	0.05	P-Value > $\alpha$
2	Percobaan 2	0.188	0.05	P-Value > $\alpha$
3	Percobaan 3	0.087	0.05	P-Value > $\alpha$
4	Percobaan 4	0.215	0.05	P-Value > $\alpha$
5	Percobaan 5	0.591	0.05	P-Value > $\alpha$
6	Percobaan 6	0.117	0.05	P-Value > $\alpha$
7	Percobaan 7	0.070	0.05	P-Value > $\alpha$
8	Percobaan 8	0.240	0.05	P-Value > $\alpha$
9	Percobaan 9	0.059	0.05	P-Value > $\alpha$

Sumber: hasil penelitian

Tabel 5 merupakan hasil pengujian normalitas data menggunakan minitab18 dengan data volume air pada setiap percobaan. Didapatkan nilai P-Value > nilai  $\alpha$  0,05 yang menandakan data berdistribusi secara normal.

### Headloss

Kehilangan energi akibat mayor dan minor pada rangkaian irigasi sprinkler berbeda-beda tergantung pada percobaan yang dilakukan. Hasil headloss ditampilkan pada tabel 3 dengan menggunakan persamaan Darcy-Weisbach sebagai berikut:

$$hf = f \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g} \quad (2)$$

dimana:

- hf = kehilangan mayor (m)
- f = friction factor
- L = panjang pipa (m)
- V = kecepatan aliran (m/dt)
- g = gravitasi (9,81 m/det<sup>2</sup>)

untuk perhitungan faktor kedua disebut Minor Losses dengan persamaan:

$$hk = kf \frac{v^2}{2 \times g} \quad (3)$$

dimana:

- hk = kehilangan energi minor
- kf = koefisien rugi gesek
- V = kecepatan aliran
- g = gravitasi (9,81 m/det<sup>2</sup>)

Tabel 3 Hasil Headloss

No	Nama	Jenis Perlakuan	Debit (m <sup>3</sup> /detik)	hf1 (m)	hk1 (m)	hf2 (m)	hk2 (m)	$\Delta h1 = hf1+hk1+hf2+hk2$ (meter)
1	Percobaan 1	PH1T1	0.000185221	0.160	0.098	1.028	0.0017	1.288
2	Percobaan 2	PH2T1	0.000187811	0.160	0.100	1.244	0.0017	1.506
3	Percobaan 3	PH3T1	0.000200437	0.180	0.110	1.036	0.0012	1.327
4	Percobaan 4	PH1T2	0.000293433	0.377	0.246	2.714	0.0167	3.354
5	Percobaan	PH2T2	0.000292020	0.360	0.240	3.120	0.0140	3.734

5								
6	Percobaan 6	PH3T2	0.000315099	0.429	0.280	4.096	0.0140	4.819
7	Percobaan 7	PH1T3	0.000313451	0.429	0.280	3.200	0.0290	3.938
8	Percobaan 8	PH2T3	0.000323577	0.400	0.290	3.662	0.0210	4.373
9	Percobaan 9	PH3T3	0.000334057	0.460	0.319	4.714	0.0190	5.512

Sumber: Hasil Penelitian

Dari tabel 3 dapat dijelaskan bahwa semakin panjang saluran dan semakin besar kemiringan maka kehilangan energi (headloss) juga bertambah besar. Kehilangan energi terbesar di dapat pada percobaan ke 9 dengan nilai 5,512 meter dengan debit 0,000334057 m<sup>3</sup>/detik. Sedangkan nilai headloss yang terkecil terdapat pada percobaan 1 sebesar 1,288 meter dengan debit 0,000185221 m<sup>3</sup>/detik.

### Nilai CU (Koefisien Keseragaman)

Koefisien keseragaman atau coefficient of uniformity adalah rerata volume air irigasi yang ditampung dikurangi rerata deviasi air yang ditampung, yang dinyatakan dalam persen. Menurut Paskalis et al (2011), persamaan koefisien keseragaman (CU) dapat dinyatakan dalam persamaan Christiansen:

$$CU = 1,0 - \frac{\sum |Xi - x|}{\sum Xi} \times 100\% \quad (4)$$

dimana:

CU = koefisien keseragaman (%)

Xi = nilai masing-masing pengamatan (cc)

X = nilai rata-rata pengamatan (cc)

Tabel 4 Hasil Koefisien Keseragaman

No	Nama Percobaan	Perlakuan	CU (%)
1	Percobaan 1	PH1T1	85.164
2	percobaan 2	PH2T1	89.403
3	Percobaan 3	PH3T1	90.266
4	Percobaan 4	PH1T2	94.913
5	Percobaan 5	PH2T2	67.501
6	Percobaan 6	PH3T2	75.414
7	Percobaan 7	PH1T3	82.479
8	Percobaan 8	PH2T3	91.239
9	Percobaan 9	PH3T3	91.805

Sumber: Hasil Penelitian

Berdasarkan tabel 4 didapat nilai CU terbesar terdapat pada percobaan ke 4 dengan perlakuan PH1T2 yaitu sebesar 94,913 %. Sementara nilai CU terendah terdapat pada percobaan ke 5 dengan perlakuan PH2T2 yaitu sebesar 67,501 %. Dari percobaan penelitian tersebut maka dapat dikategorikan sesuai nilai yang didapat, untuk kategori baik terdapat pada percobaan 1, 2, 3, 4, 8, dan 9 dengan rentang nilai 85 – 93 % karena nilai hasil pengujian CU ini memenuhi kriteria nilai CU menurut ASAE yaitu ≥85%. Sementara untuk percobaan 5, 6, dan 7 dikategorikan cukup baik karena nilai tingkat keseragamannya terletak pada rentang 68% – 82%.

### Uji F Regresi

Uji F atau uji simultan berfungsi untuk menentukan apakah secara serentak semua variabel independen (bebas) mempunyai pengaruh yang bermakna terhadap variabel dependen (terikat)

dapat dilihat dari nilai uji F. Penentuan ini menggunakan data pada tabel 5 untuk selanjutnya di input menggunakan software minitab18.

Tabel 5 Data variabel pengamatan

Nama Percobaan	Tinggi Vertikal ( $X_1$ )	Jarak Horizontal ( $X_2$ )	CU (Y)
Percobaan 1	176	360	85.164
percobaan 2	176	410	89.403
Percobaan 3	176	460	90.266
Percobaan 4	90	360	94.913
Percobaan 5	90	410	67.501
Percobaan 6	90	460	75.414
Percobaan 7	65	360	82.479
Percobaan 8	65	410	91.239
Percobaan 9	65	460	91.805

Sumber: Hasil Penelitian

Disimpulkan ada pengaruh apabila nilai  $P <$  batas kritis penelitian atau alpha. Dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 5 nilai P Regresi pada Analisis varian sebesar 0,920 di mana  $> 0,05$  maka variabel independen tidak mempunyai pengaruh terhadap variabel dependen.

Dari hasil output menggunakan software minitab18 didapat nilai persamaan regresi  $Y = 89,5 + 0,0255 X_1 - 0,0169 X_2$

Persamaan tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut:

- Apabila variabel lain bernilai konstan maka nilai Y akan berubah dengan sendirinya sebesar nilai konstanta yaitu 89,5.
- Apabila variabel lain bernilai konstan maka nilai Y akan berubah dengan sendirinya sebesar 0,0255 setiap satu satuan  $X_1$ .
- Apabila variabel lain bernilai konstan maka nilai Y akan berubah dengan sendirinya sebesar - 0,0169 nilai konstanta yaitu  $X_2$ .

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Dari uraian perhitungan yang telah dilakukan, diambil beberapa kesimpulan sesuai dengan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Nilai performansi keseragaman curahan (CU) sebesar:

- Percobaan 1 sebesar 85,164%
- Percobaan 2 sebesar 89,403%
- Percobaan 3 sebesar 90,266%
- Percobaan 4 sebesar 94,913%
- Percobaan 5 sebesar 67,501%
- Percobaan 6 sebesar 75,414%
- Percobaan 7 sebesar 82,479%
- Percobaan 8 sebesar 91,239%
- Percobaan 9 sebesar 91,805%

Sementara untuk nilai debit curahan sebesar:

- Percobaan 1 sebesar 0,000185221 m<sup>3</sup>/detik
- Percobaan 2 sebesar 0,000187811 m<sup>3</sup>/detik
- Percobaan 3 sebesar 0,000200437 m<sup>3</sup>/detik
- Percobaan 4 sebesar 0,000293433 m<sup>3</sup>/detik
- Percobaan 5 sebesar 0,000292020 m<sup>3</sup>/detik
- Percobaan 6 sebesar 0,000315099 m<sup>3</sup>/detik
- Percobaan 7 sebesar 0,000313451 m<sup>3</sup>/detik
- Percobaan 8 sebesar 0,000323577 m<sup>3</sup>/detik
- Percobaan 9 sebesar 0,000334057 m<sup>3</sup>/detik

2. Jarak pancaran yang didapat sebesar:

- Percobaan 1 sebesar 4,323 m<sup>2</sup>
- Percobaan 2 sebesar 4,323 m<sup>2</sup>
- Percobaan 3 sebesar 5,715 m<sup>2</sup>
- Percobaan 4 sebesar 2,543 m<sup>2</sup>
- Percobaan 5 sebesar 2,543 m<sup>2</sup>
- Percobaan 6 sebesar 2,543 m<sup>2</sup>
- Percobaan 7 sebesar 1,327 m<sup>2</sup>
- Percobaan 8 sebesar 1,806 m<sup>2</sup>
- Percobaan 9 sebesar 1,806 m<sup>2</sup>

Sementara untuk nilai Eap sebesar:

- Percobaan 1 sebesar 76,411%
- Percobaan 2 sebesar 83,150%
- Percobaan 3 sebesar 84,523%
- Percobaan 4 sebesar 91,912%
- Percobaan 5 sebesar 48,327%
- Percobaan 6 sebesar 60,908%
- Percobaan 7 sebesar 72,141%
- Percobaan 8 sebesar 86,071%
- Percobaan 9 sebesar 86,969%

3. Kehilangan energi pada percobaan 1-9 rangkaian alat irigasi sprinkler berbasis gravitasi sebesar:

- Percobaan 1 sebesar 1,288m
- Percobaan 2 sebesar 1,506m
- Percobaan 3 sebesar 1,327m
- Percobaan 4 sebesar 3,354m

- Percobaan 5 sebesar 3,734m
  - Percobaan 6 sebesar 4,819m
  - Percobaan 7 sebesar 3,938m
  - Percobaan 8 sebesar 4,373m
  - Percobaan 9 sebesar 5,512m
4. Berdasarkan standar nilai koefisien keseragaman (CU) yaitu  $\geq 85\%$ . Maka dari percobaan 1-9 yang dapat dikategorikan baik merupakan percobaan 1, 2, 3, 4, 8, dan 9. Berdasarkan ASAE (American Society of Agricultural Engineers).

#### **Saran**

Berdasarkan hasil dari penelitian ini maka berbagai masukan yang dapat disampaikan perihal Kinerja Alat Irigasi Sprinkler Berbasis Gravitasi adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya sebatas pada kondisi di laboratorium untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan pengaplikasian lahan langsung pada tanaman dengan kondisi iklim dan pengaruh angin untuk mendapat kinerja dengan optimal.
2. Penelitian ini hanya menggunakan satu model head sprinkler, untuk penelitian selanjutnya bisa menggunakan model head sprinkler yang bervariasi.
3. Pada penelitian ini masih menggunakan sistem manual, untuk penelitian selanjutnya dapat menggunakan sistem mikrokontroler.
4. Pada penelitian ini dilakukan 9 kali percobaan dengan 10 kali pengulangan di setiap percobaannya, untuk penelitian selanjutnya dapat ditambah lagi jumlah percobaannya dengan perlakuan yang berbeda.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Asmo, Wida Pamungkas. 2012. Rancang Bangun Alat Penyiram Otomatis Dengan Metode Irigasi Curah (sprinkle irrigation) Berbasis Mikrokontroler. Skripsi. Universitas Brawijaya.
- Narwindah. 2015. Uji Kinerja Desain Irigasi Curah Menggunakan Kombinasi Tekanan Pompa Dan Tinggi Pipa Riser Terhadap Keseragaman Air. Skripsi. Universitas Brawijaya.
- Soelarso. 2000. Pompa Dan Kompresor. Jakarta. PT.Pradnya Paramita.
- Sugiyono. 2007. Statistika Untuk Penelitian. Jakarta. Alfabeta.
- Syaifudin. 2016. Uji Kinerja Sistem Irigasi Sprinkler Semi Permanen. Skripsi. Universitas Lampung.