

**PENGARUH PEMBERIAN AIR PADA VARIASI CAMPURAN  
TANAH DAN KOMPOS TERHADAP LENGAS TANAH PADA  
IRIGASI TETES BERTINGKAT**

*The Impact of Water Supplying on Soil and Compost Mixture Variations to Soil  
Moisture in Multilevel Drip Irrigation*

Artikel Ilmiah

Untuk memenuhi sebagian persyaratan  
mencapai derajat Sarjana S-1 Jurusan Teknik Sipil



Oleh:

**LALU DWIKI AXELA ANDRIAWAN  
F1A 018 134**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MATARAM  
2023**

ARTIKEL ILMIAH

PENGARUH PEMBERIAN AIR PADA VARIASI CAMPURAN  
TANAH DAN KOMPOS TERHADAP LENGAS TANAH PADA  
IRIGASI TETES BERTINGKAT

Oleh:  
**LALU DWIKI AXELA ANDRIAWAN**  
F1A 018 134

Telah diperiksa dan disetujui oleh Tim Pembimbing:


1. Pembimbing Utama



**I.D.G. Jaya Negara ST., MT.**  
NIP: 19690624 199703 1 001

Tanggal: 5 - 6 - 2023

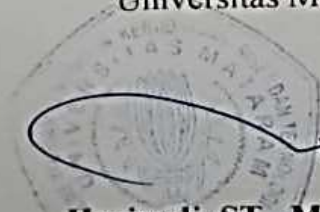
2. Pembimbing Pendamping



**Salehudin, ST., MT.**  
NIP: 19661231 199512 1 001

Tanggal: 5 - 6 - 2023

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Mataram



**Hariyadi, ST., MSc(Eng)., Dr. Eng**  
NIP: 19731027 199802 1 001

# ARTIKEL ILMIAH

## PENGARUH PEMBERIAN AIR PADA VARIASI CAMPURAN TANAH DAN KOMPOS TERHADAP LENGAS TANAH PADA IRIGASI TETES BERTINGKAT

Oleh:  
**Lalu Dwiki Axela Andriawan**

**F1A 018 134**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Pada tanggal 29 Mei 2023  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat mencapai derajat Sarjana S-1  
Jurusan Teknik Sipil

### Susunan Tim Penguji

1. Penguji I



Dr. I Wayan Yasa, ST., MT.  
NIP. 196809181995121001

Tanggal: 5-6-2023

2. Penguji III




Humairo Sa'idah, ST., MT.  
NIP. 197206091997032001

Tanggal: 3-6-2023

Mataram,  
Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Mataram



  
Muhammad Syamsu Iqbal, ST., MT., Ph.D  
NIP. 197202221999031002

# **PENGARUH PEMBERIAN AIR PADA VARIASI CAMPURAN TANAH DAN KOMPOS TERHADAP LENGAS TANAH PADA IRIGASI TETES BERTINGKAT**

*The Impact of Water Supplying on Soil and Compost Mixture Variations to Soil Moisture in Multilevel Drip Irrigation*

**Lalu Dwiki Axela Andriawan<sup>1</sup>, I D G Jaya Negara<sup>2</sup>, Salehudin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Mataram

**Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram**

---

## **ABSTRAK**

*Kompos dapat meningkatkan daya ikat tanah terhadap air, hal ini akan mempengaruhi ketersediaan air tanah atau lengas tanah, namun pengaruh dari penggunaan campuran tanah dan kompos dengan proporsi yang berbeda terhadap perubahan lengas tanah setelah dilakukan pemberian air irigasi tetes bertingkat belum sepenuhnya diketahui, sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut dilakukan penelitian pemberian air dengan metode irigasi tetes bertingkat untuk mengetahui perubahan lengas yang terjadi. Kerangka bangunan irigasi tetes bertingkat dibuat dari bambu yang terdiri dari 3 lantai dilengkapi drum berkapasitas 200 liter dengan tower setinggi 2,5 meter sebagai sumber air dan pipa PVC sebagai jaringan irigasinya. Data yang dianalisis adalah data debit pipa, data keseragaman, dan data lengas tanah yang diukur dengan metode gravimetri. Proporsi campuran tanah dan kompos yang digunakan yakni variasi 1 (70% tanah dan 30% kompos), variasi 2 (50% tanah dan 50% kompos), serta variasi 3 (30% tanah dan 70% kompos). Hasil penelitian menunjukkan debit terbesar berada pada lantai 1 (bawah) sebesar 324,30 cm<sup>3</sup>/detik dan terendah pada lantai 3 (atas) sebesar 299,28 cm<sup>3</sup>/detik. Keseragaman yang dihasilkan tiap lantai termasuk kriteria sangat baik dengan nilai CU di atas 94%, begitu juga untuk keseragaman di semua lantai mendapatkan kriteria sangat baik dengan CU 95,79%. Kadar lengas tanah sebelum pemberian air kisaran 19%-25%, setelah pemberian air dengan durasi 5 menit, 10 menit, dan 15 menit terjadi kenaikan lengas berdasarkan proporsi kompos yang digunakan dimana setiap 1% penambahan kompos akan menurunkan 0,15% kadar lengas tanah. Kenaikan lengas variasi 1 berturut-turut 12%, 12%, dan 21%, pada variasi 2 sebesar 11%, 9%, dan 17%, serta variasi 3 sebesar 8%, 8%, dan 10%.*

*Kata kunci: Debit, Irigasi tetes, Keseragaman, Lengas Tanah*

## **PENDAHULUAN**

Pembangunan infrastruktur di perkotaan yang semakin pesat merupakan salah satu penyebab kerusakan lingkungan. Seiring dengan bertambahnya populasi penduduk menyebabkan ruang terbuka hijau dan lahan pertanian telah berubah fungsi menjadi kawasan padat penduduk yang sebagian permukaannya tertutup oleh jalan, rumah, gedung, dan infrastruktur lainnya. Sementara itu kebutuhan bahan pangan yang berasal dari tanaman hortikultura atau budidaya tanaman kebun semakin meningkat sehingga membuat harga satuan pasar belakangan ini melambung tinggi. Oleh sebab itu untuk meningkatkan produktivitas lahan pertanian, pemanfaatan lahan sempit seperti halaman rumah sangat diperlukan, akan tetapi untuk lebih menghemat ruang yang digunakan perlu perancangan lahan tanam secara vertikal atau bertingkat untuk mendapatkan luas tanam yang lebih luas dan menggunakan metode irigasi tetes.

Irigasi tetes adalah suatu sistem pemberian air melalui pipa/selang berlubang dengan menggunakan tekanan tertentu, dimana air yang keluar berupa tetesan-tetesan langsung pada daerah perakaran tanaman. Tujuan dari irigasi tetes adalah untuk memenuhi kebutuhan air tanaman tanpa harus membasahi keseluruhan lahan, sehingga mereduksi kehilangan air akibat penguapan yang berlebihan, pemakaian air lebih efisien, mengurangi limpasan, serta menekan / mengurangi pertumbuhan gulma (Hansen, 1986). Oleh sebab itu metode ini sangat cocok diterapkan pada daerah dengan ketersediaan air terbatas salah satu contohnya yakni daerah perkotaan. Pemberian air yang efektif, perlu dikaitkan dengan kebutuhan air tanaman, pemberian komposisi kompos dengan tanah yang sesuai, serta dinamika perubahan kelengasan tanah.

Penggunaan pupuk kompos sebagai salah satu komposisi untuk campuran media tanam telah banyak diterapkan. Pupuk kompos dapat meningkatkan daya ikat tanah terhadap air, sehingga dapat menyimpan air lebih lama. Hal ini juga nantinya akan mempengaruhi ketersediaan air tanah atau lengas tanah (*soil moisture*), dimana ini merupakan faktor penting bagi tanaman agar dapat tumbuh dengan baik. Namun pengaruh dari penggunaan campuran tanah dan kompos dengan proporsi yang berbeda terhadap perubahan lengas tanah setelah dilakukan pemberian air irigasi tetes bertingkat belum sepenuhnya diketahui. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan memvariasikan proporsi campuran tanah dan kompos untuk mengetahui perubahan lengasnya setelah dilakukan pemberian air irigasi tetes bertingkat.

Irigasi tetes ini umumnya diterapkan pada lahan yang cukup luas dengan kondisi lahan yang lapang dengan penanaman yang dilakukan berjejer horizontal. Namun pada penelitian ini, irigasi tetes akan diterapkan dengan sistem vertikal keatas atau bertingkat guna memanfaatkan lahan yang sempit sehingga efektif diterapkan pada kawasan pemukiman/perumahan. Oleh karena itu penelitian ini akan mengangkat judul "**Pengaruh Pemberian Air Pada Variasi Campuran Tanah Dan Kompos Terhadap Lengas Tanah Pada Irigasi Tetes Bertingkat**".

### **Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh ketinggian sumber air terhadap debit yang dihasilkan tiap lantai?
2. Bagaimana keseragaman yang dihasilkan pada irigasi tetes bertingkat?
3. Bagaimana kadar lengas tanah pada tiap variasi campuran tanah dan kompos sebelum dan sesudah pemberian air irigasi tetes bertingkat?

### **Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan di Kelurahan Mandalika, Kecamatan Sandubaya, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat.
2. Tidak melakukan pengamatan pada tanaman.
3. Penelitian ini menggunakan drum kapasitas 200 liter dengan dudukan atau penyangga tangki setinggi 2,5 meter
4. Penelitian ini menggunakan pipa PVC dan *emitter*.

5. Komposisi campuran kompos dan tanah yang digunakan adalah 70% tanah dan 30% kompos, 50% tanah dan 50% kompos, dan 30% tanah dan 70% kompos.
6. Pengambilan sampel tanah pada polybag ukuran 20 x 40 cm.
7. Pengambilan sampel tanah pada kedalaman 10 cm, 20 cm, dan 30 cm.

### **Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui pengaruh ketinggian sumber air terhadap debit yang dihasilkan tiap lantai.
2. Untuk mengetahui keseragaman yang dihasilkan pada irigasi tetes bertingkat.
3. Untuk mengetahui kadar lengas tanah pada tiap variasi campuran tanah dan kompos sebelum dan sesudah pemberian air irigasi tetes bertingkat.

### **Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Untuk mendapatkan informasi mengenai perubahan kondisi lengas tanah pada variasi campuran kompos yang berbeda
2. Dapat digunakan sebagai referensi dalam penerapan irigasi tetes bertingkat.
3. Diharapkan mampu diterapkan masyarakat untuk bertani pada lahan sempit menggunakan irigasi tetes bertingkat.

## **DASAR TEORI**

### **Tinjauan Pustaka**

Pengujian kadar lengas dengan durasi 5 menit, 10 menit, 15 menit didapatkan bahwa kadar lengas tanah sebelum irigasi yaitu kisaran 14%-28% sedangkan setelah pemberian irigasi pada setiap lantai berbeda dimana di lantai 1 memiliki kadar lengas yang lebih besar dengan kisaran 21%-50% sedangkan kadar lengas di lantai 3 paling sedikit dengan kisaran 14%-40% dan dari segi kedalaman pengambilan sampel didapatkan bahwa semakin dalam pengambilan sampel, maka nilai lengas semakin besar (Dewi, 2022).

Kelengasan tanah dengan durasi irigasi 30 menit pada pengamatan 0,16 jam sesudah irigasi diberikan terjadi peningkatan sebesar 10,53 %, dengan durasi irigasi 45 menit pada pengamatan 0,16 jam sesudah irigasi diberikan terjadi peningkatan sebesar 7,42 % dan dengan durasi irigasi 60 menit pada pengamatan 0,16 jam sesudah irigasi diberikan terjadi peningkatan sebesar 9,47 %. Kelengasan tanah maksimum pada durasi irigasi 30 menit sebesar 17,17 %, pada durasi irigasi 45 menit sebesar 15,54 % dan pada durasi irigasi 60 menit sebesar 17,93 %. (Maulana, 2015).

Dari perbedaan waktu irigasi yang diuji, hasil kelengasan tanah lebih tinggi dari kelengasan lapangannya sebesar 28%. Kelengasan tanah sebelum irigasi adalah 23% - 27% pada kedalaman 10 cm, 16,8% - 24,3% pada kedalaman 20 cm dan 20,8% - 25,6% pada kedalaman 30 cm. Kelengasan tanah yang diperoleh setelah irigasi tetes bervariasi, yaitu 36% - 42,3% untuk kedalaman 10 cm, 37,8% - 42,3% untuk kedalaman 20 cm dan 7,85% - 23% untuk kedalaman 30 cm (Negara dkk, 2014).

Negara, dkk (2020), Melakukan penelitian pada lahan berukuran 7m x 28m, ukuran bedengan sekitar 0,75m x 28 m, dengan sumber air irigasi berasal dari tangki berkapasitas 1600 liter yang dilengkapi dengan tower setinggi 1,5 m dan irigasi tetes untuk irigasi tanamannya. Pada penelitian ini diperoleh lengas tanah terendah dari irigasi tetes besarnya sekitar 13% - 15%, dan lengas tanah optimum sekitar 30% - 32%, dengan imbuan lengas maksimum dari irigasi sekitar 17%.

## LANDASAN TEORI

### Tekstur Tanah

Tekstur tanah tertuju pada ukuran butir mineral, terutama kelimpahan *relative* dari berbagai kelompok tanah tertentu. Atau dengan kata lain, ukuran partikel menentukan komposisi tekstur tanah.

### Kompos

Kompos merupakan bahan organik, seperti daun-daunan, jerami, alang-alang, rumput-rumputan, dedak padi, batang jagung, sulur, carang-carang serta kotoran hewan yang telah mengalami proses dekomposisi oleh mikroorganisme pengurai, sehingga dapat dimanfaatkan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah (Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2006).

### Sistem Irigasi Tetes

Sistem irigasi ini merupakan sistem distribusi air irigasi dengan menggunakan tetesan yang menyebar langsung di sekitar zona perakaran tanaman, sehingga efektif untuk daerah dengan ketersediaan air yang terbatas, seperti lahan kering dan perkotaan.

### Lengas Tanah

Menurut Soemarto (1987) cara untuk mengukur kadar air yang paling teliti adalah cara gravimetri, yaitu dengan menimbang contoh tanah, mengeringkan dalam oven bersuhu 100 - 110°C selama 24 jam dan menimbang kembali. Untuk menghitung kadar lengas tanah digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$
$$\frac{(W_1 - W_2)}{(W_2 - W_3)} \times 100\%$$

dengan:

W1 = Berat cawan + tanah basah

W2 = Berat cawan + tanah kering

W3 = Berat cawan kosong

Ww = Berat air (W<sub>1</sub> - W<sub>2</sub>)

Ws = Berat tanah Kering (W - W<sub>3</sub>)

### Keseragaman Tetesan

Tujuan utama dari sistem irigasi tetes adalah agar sistem tersebut dapat menghasilkan nilai keseragaman yang baik.

Menurut ASAE dalam Prabowo, A., dkk (2004) tingkat keseragaman distribusi tetesan diklasifikasikan dalam tabel di bawah ini:

Tabel 1. Cu sistem irigasi tetes menurut ASAE

Kriteria	Statistical Uniformity (SU)	Coefficient of Uniformity (CU)
Sangat Baik	95 % - 100 %	94 % - 100 %
Baik	85 % - 90 %	81 % - 87 %
Cukup Baik	75 % - 80 %	68 % - 75 %
Jelek	65 % - 70 %	56 % - 62 %
Tidak Layak	< 60 %	< 50 %

Menurut Christiansen (1942) dalam Rai (2010) keseragaman dapat dihitung dengan:

$$Cu = 100\% \left(1 - \frac{D}{\bar{y}}\right)$$

$$D = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

dengan:

Cu = koefisien keseragaman

- D = standar deviasi observasi
- $\bar{y}$  = nilai rata-rata observasi
- Y<sub>i</sub> = nilai titik tiap observasi
- n = jumlah titik observasi

### Debit Irigasi

Perhitungan debit dapat digunakan persamaan berikut (Triatmodjo, 2014)

$$Q = \frac{V}{t}$$

dengan:

- Q = debit aliran (m<sup>3</sup>/detik)
- V = Volume wadah (m<sup>3</sup>)
- t = lama waktu untuk memenuhi volume wadah yang digunakan (detik)

### Kecepatan Aliran

Menurut Triatmodjo (2014), untuk mengetahui kecepatan aliran air yang terjadi dalam pipa digunakan persamaan sebagai berikut:

$$v = \frac{Q}{A}$$

dengan:

- v = kecepatan aliran (m/det)
- A = luas penampang pipa (m<sup>2</sup>)

### Kehilangan Tenaga

#### Kehilangan Tenaga Primer

Untuk menghitung besarnya kehilangan tenaga primer digunakan persamaan *Darcy-Weisbach* sebagai berikut:

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

atau

$$hf = \frac{32 \theta VL}{gD^2}$$

dengan:

- hf = kehilangan tenaga primer (m)
- f = koefisien gesekan pipa
- L = panjang pipa (m)
- v = kecepatan aliran (m/det)
- D = diameter pipa (m)
- g = gravitasi bumi = 9.81 m/det<sup>2</sup>
- θ = viskositas kinematik (kekentalan kinematik) (m<sup>2</sup>/det)

Dimana koefisien gesekan (f) pipa didapatkan dari persamaan berikut ini (Triatmodjo, 2014):

- a. Apabila aliran bersifat laminer (Re < 2000) maka koefisien gesekan dalam dihitung dengan menggunakan persamaan berikut ini:

$$f = \frac{64}{Re}$$

dengan:

Re = angka Reynolds

- b. Apabila aliran bersifat turbulen (Re > 4000) maka:

$$f = \frac{0,316}{Re^{0,25}}$$

- c. Apabila aliran bersifat transisi (2000 < Re < 4000) maka:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \frac{Re \sqrt{f}}{2,51}$$



Ketiga persamaan di atas digunakan pada pipa halus dan nilai Re didapatkan dari persamaan Reynolds di bawah ini (Triatmodjo, 2014).

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

### Kehilangan Tenaga Sekunder

Kehilangan tenaga sekunder disebabkan oleh perubahan penampang sambungan pipa, belokan dan katup. (Triatmodjo, 2014).

#### a. Lubang Pemasukan Pipa

Persamaan yang digunakan untuk menghitung kehilangan tenaga pada lubang pemasukan pipa adalah sebagai berikut (Triatmodjo, 2014):

$$h_e = k \frac{V_2^2}{2g}$$

dengan:

$h_e$  = kehilangan tenaga akibat  
lubang pemasukan pipa (m)

$k$  = koefisien

$V_2$  = kecepatan aliran pada pipa  
(m/det)

$g$  = gravitasi bumi (m/det<sup>2</sup>)

#### b. Belokan Pipa

Rumus kehilangan tenaga pada belokan serupa dengan rumus perubahan penampang (Triatmodjo, 2014) seperti di bawah ini:

$$h_b = k_b \frac{V^2}{2g}$$

dengan:

$h_b$  = kehilangan tenaga akibat  
belokan pipa (m)

$k_b$  = koefisien

$v$  = kecepatan aliran pada pipa (m/det)

$g$  = gravitasi bumi (m/det<sup>2</sup>)

### Persamaan Bernoulli

Menurut persamaan Bernoulli kehilangan tenaga terjadi karena adanya gesekan antara zat cair dengan dinding batas disebut kehilangan tenaga primer ( $h_f$ ) atau karena adanya perubahan penampang ( $h_e$ ). Maka dari itu persamaan Bernoulli digunakan dalam perhitungan kehilangan tenaga untuk mengetahui tekanan yang terjadi pada jaringan pipa (Triatmodjo, 2014).

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_{tot}$$

dimana:

$$P = \gamma g h$$

dengan:

$Z$  : elevasi pipa (m)

$P$  : tekanan pada pipa (kgf/m<sup>3</sup>)

$\gamma$  : berat jenis air (kgf/m<sup>3</sup>)

$v$  : kecepatan aliran (m/det)

$h_{tot}$  : kehilangan tenaga total (m)

$g$  : gravitasi bumi (m/dt<sup>2</sup>).

Untuk pipa yang panjang kehilangan tenaga primer jauh lebih besar dari kehilangan tenaga sekunder, sehingga sering kali kehilangan tenaga sekunder diabaikan. Dianggap hanya terjadi kehilangan tenaga akibat gesekan. Apabila penampang memiliki penampang yang tetap atau konstan, maka  $V_1 = V_2$ . Persamaan di atas dapat dilihat dalam bentuk yang lebih sederhana untuk kehilangan tenaga, seperti yang akan ditunjukkan pada:

$$h_f = Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} - Z_2 + \frac{P_2}{\gamma}$$

atau

$$h_{\text{tot}} = (\Delta z + \frac{\Delta P}{\gamma})$$

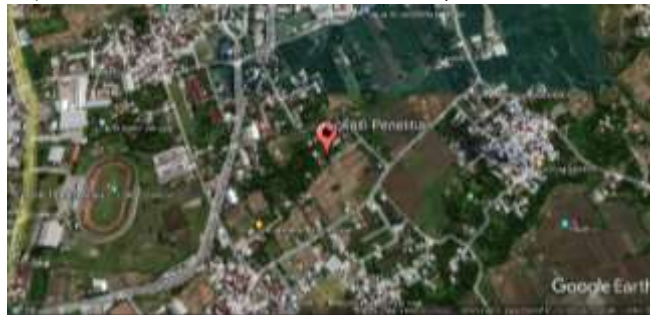
dengan:

- $h_f$  : kehilangan tenaga (m)
- $\Delta P$  : selisih tekanan dalam pipa ( $\text{kgf/m}^3$ )
- $\gamma$  : berat jenis air ( $\text{kgf/m}^3$ )
- $\Delta Z$  : beda tinggi (m)

## METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di kelurahan Mandalika, kecamatan Sandubaya, Kota Mataram, Nusa Tenggara Barat ( $116^\circ-09'-20''$  BT dan  $8^\circ-36'-10''$  LS).



Gambar 1. Lokasi penelitian

### Alat dan Bahan

Adapun Alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Tanah, Kompos, Pipa PVC 1 inci, Pipa PVC  $\frac{3}{4}$  inci, Pipa PVC  $\frac{1}{2}$  inci, Sambungan L, Sambungan T, *Emitter*, Polybag ukuran 20 x 40 cm, Stop watch, Gelas ukur, Gelas plastik, Bambu, Tandon Air, Meteran, Alat pengambil sampel tanah, Oven, dan Alat tulis.

### Tahap Persiapan

Secara garis besar langkah-langkah pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan
2. Tahap Pelaksanaan Penelitian
3. Pengumpulan Data
4. Analisis Data

### Pelaksanaan Penelitian

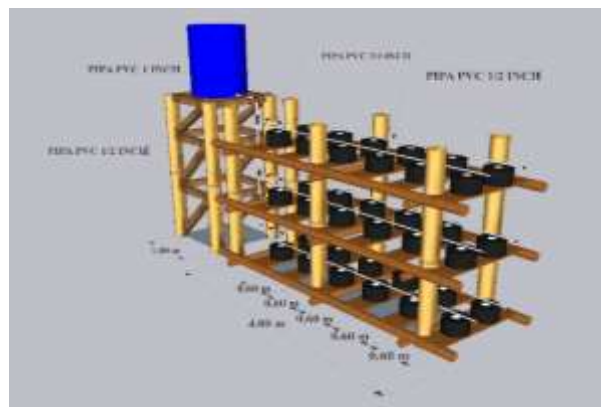
Langkah–langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian.
2. Merangkai alat dan bahan penelitian sesuai model irigasi yang direncanakan.
3. Membuat campuran tanah dan kompos.
4. Uji pendahuluan, untuk mengetahui kesiapan penelitian.
5. Mengambil sampel tanah sebelum pengairan untuk pengukuran kadar lengas tanah.
6. Melakukan Pengairan menggunakan sistem irigasi tetes.
7. Menghitung lamanya pengairan dengan stopwatch untuk mengetahui debit tetesan.
8. Mengambil sampel tanah setelah pengairan untuk pengukuran kadar lengas tanah, dilakukan pada 3 (tiga) titik yang berbeda dalam satu petak lahan.

### **Perencanaan Bangunan Irigasi Tetes Bertingkat**

Pada tahap ini dilakukan perencanaan model alat uji irigasi tetes. Tinggi penyangga tandon atau bak penampung direncanakan 2,5 m. Bak penampung berupa tandon dengan kapasitas  $\pm 200$  liter. Pipa paralel sebagai saluran distribusi menggunakan pipa PVC 1 inci dan  $\frac{3}{4}$  inci. Untuk pipa primer dengan panjang masing masing 90 cm, untuk pipa sekunder dan pipa tersier menggunakan pipa PVC  $\frac{1}{2}$  inci dengan panjang 50 cm untuk pipa sekunder dan panjang 350 Cm untuk pipa tersier. Pipa tersier diberi lubang–lubang penetes dan dipasangkan *emitter* dengan jarak 60 cm.

Kerangka bangunan irigasi tetes sistem bertingkat direncanakan dibuat dari bahan bambu dengan ukuran lahan 400 cm x 100 cm dan terdiri dari 3 tingkatan dimana jarak antar tingkatan mengacu pada tinggi tanaman yang digunakan dengan rincian 30 cm untuk tinggi polybag yang akan digunakan pada penelitian ini dan sisanya untuk pertumbuhan tanaman yang digunakan, dalam hal ini digunakan 60 cm sehingga tinggi total kerangka bangunan yaitu 180 cm.



Gambar 2. Bangunan irigasi tetes sistem bertingkat

### **Tahap Pengujian dan Pengumpulan Data**

#### **Pengukuran Debit**

Analisis debit pada penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan persamaan Bernoulli.

#### **Pengukuran Volume Tetesan**

Pengukuran volume tetesan dilakukan untuk mendapatkan data volume tetesan disetiap lubang penetes yang akan digunakan untuk menganalisis keseragaman tetesan pada pipa lateral (pipa tersier) dengan menggunakan gelas plastik untuk menampung tetesannya.

#### **Pengujian Kelengasan Tanah**

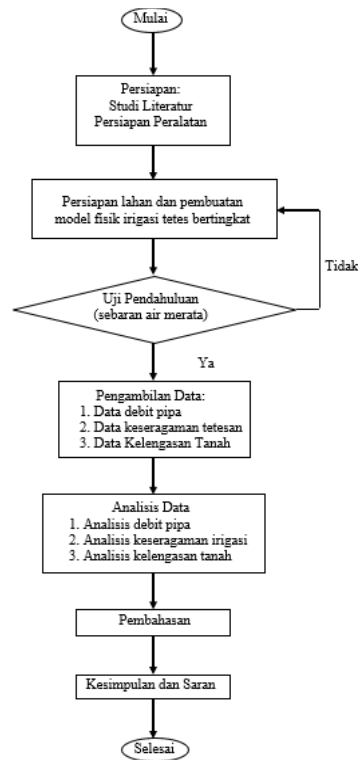
Pengujian kelengasan tanah bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian air pada tanah dengan campuran kompos yang berbeda terhadap kadar lengas tanah. Pengujian ini dilakukan dengan mengambil sampel tanah sebelum dan sesudah pemberian irigasi kemudian menimbang berat sampel sebelum dan setelah dioven selama 24 jam.

#### **Tahap Pengolahan Data**

Data–data yang telah terkumpul baik data primer maupun data sekunder, kemudian dilakukan analisis terhadap data tersebut, yaitu sebagai berikut:

1. Debit pipa dianalisis menggunakan persamaan Bernoulli.
9. Data volume tetesan tiap penetes digunakan untuk perhitungan keseragaman tetesan.

10. Data sampel tanah digunakan untuk perhitungan kelengasan tanah. Analisis kelengasan tanah dilakukan dengan cara gravimetri, kemudian masing– masing durasi pemberian air dibuat grafik hubungan antara waktu pengamatan dengan nilai lengas tanah.



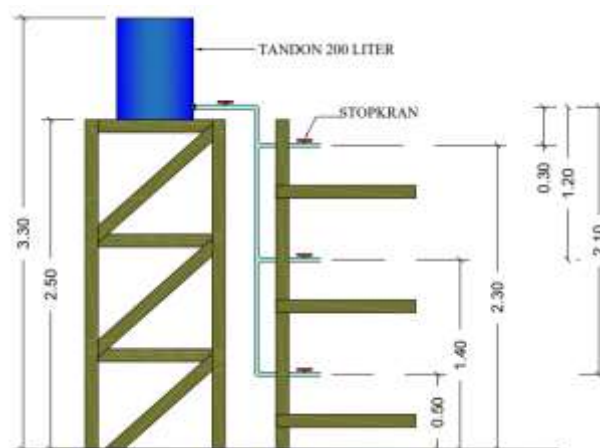
Gambar 3. Bagan alir penelitian

### Hasil dan Pembahasan

Data yang diperoleh dari pengujian ini yakni data volume tetesan pada masing-masing penetes untuk menganalisis keseragaman tetesan serta pengukuran kadar lengas tanah dengan campuran kompos yang berbeda sebelum dan sesudah pemberian air irigasi. Sedangkan untuk debit pipa utama dianalisis menggunakan persamaan Bernoulli.

### Analisis Debit Pipa Utama dan Kehilangan Tenaga

Analisis debit pipa bertujuan untuk mengetahui debit air yang dikeluarkan oleh pipa utama pada tiap tingkatan irigasi tetes bertingkat.



Gambar 4. Skema tinggi sumber air

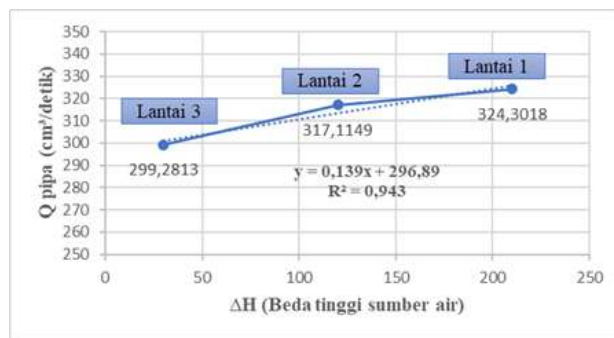
Hasil perhitungan debit pipa utama dan kehilangan tenaga dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 2. Debit pipa utama

Lantai	$\Delta H$ (Beda tinggi sumber air)	$Z_1$	$Z_2$	$hf$	$L$	$V$	$Q$	Re	f
		cm	cm	cm	cm	cm/detik	cm <sup>3</sup> /det		
1	210	330	50	280	310	113,84	324,30	27982,28	0,02
2	120	330	140	190	220	111,32	317,11	27362,16	0,02
3	30	330	230	100	130	105,06	299,28	25823,39	0,02

Berdasarkan Tabel 5 debit pipa terbesar terjadi pada lantai 1 yaitu 324,30 cm<sup>3</sup>/detik dengan tinggi dari sumber air 210 cm, sedangkan debit pipa terkecil terjadi pada lantai 3 yaitu 299,28 cm<sup>3</sup>/detik dengan tinggi dari sumber air hanya 30 cm. Untuk sifat aliran dalam pipa memiliki sifat aliran turbulen karena  $Re > 4000$  pada semua lantai.

Hubungan antara ketinggian sumber air dengan debit pipa dapat dilihat pada Gambar 5 di bawah:



Gambar 5. Hubungan antara  $\Delta H$  dengan  $Q$  pipa

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan bahwa setiap  $\Delta H$  bertambah sebesar 1 (satu) cm maka akan meningkatkan debit sebesar 0,139 cm<sup>3</sup>/detik.

Setelah kehilangan tenaga primer ( $hf$ ) didapat kemudian dicari kehilangan tenaga sekunder. Kehilangan tenaga sekunder adalah kehilangan tenaga yang diakibatkan oleh perubahan penampang, lubang pemasukan, belokan dan stop valve/katup

### Kehilangan Tenaga Sekunder

Untuk hasil dari perhitungan kehilangan tenaga sekunder pada pipa dapat dilihat pada Tabel 6.

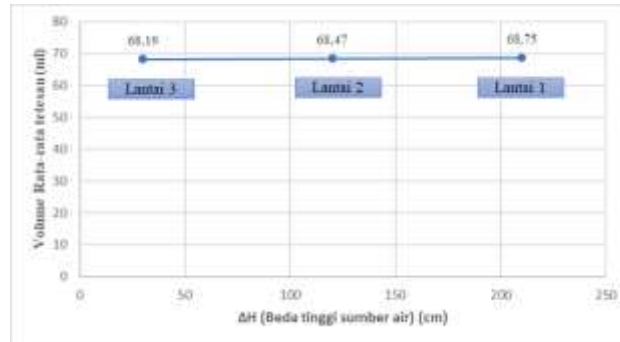
Tabel 3. Kehilangan tenaga sekunder

Lantai	Parameter	A (m <sup>2</sup> )	V (m/detik)	he (m)
1	Lubang pemasukan pipa	0,00051	1,138	0,03
	Belokan pipa		1,138	0,26
	Lubang pengeluaran		1,138	0,13
	Total kehilangan tenaga sekunder			0,42
	h total			3,22
2	Lubang pemasukan pipa	0,00051	1,113	0,03
	Belokan pipa		1,113	0,25
	Lubang pengeluaran		1,113	0,13
	Total kehilangan tenaga sekunder			0,41
	h total			2,31
3	Lubang pemasukan pipa	0,00051	1,051	0,03
	Belokan pipa		1,051	0,22
	Lubang pengeluaran		1,051	0,11
	Total kehilangan tenaga sekunder			0,36
	h total			1,36

## Uji Keseragaman Pengukuran Volume Tetesan

Pengukuran volume tetesan dilakukan untuk mendapatkan data volume tetesan disetiap penetes/*emitter* yang akan digunakan untuk menganalisis keseragaman tetesan pada pipa lateral (pipa tersier).

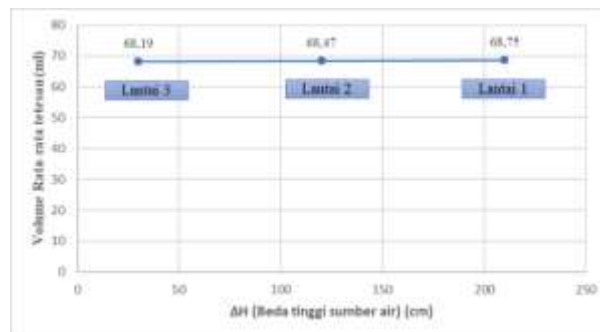
Dari pengukuran yang telah dilakukan didapatkan data volume rata-rata tetesan pada masing-masing penetes/*emitter* setiap lantai setelah 3 kali pengujian bisa dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Hubungan antara  $\Delta H$  dengan  $V$  rata-rata tetesan

Berdasarkan Gambar 6 menunjukkan bahwa volume tetesan setiap lantai berbeda namun tidak signifikan, volume terbesar berada di lantai 1 yakni 68,75 ml dengan ketinggian sumber air (H) 210 cm dan volume terkecil berada di lantai 3 yakni 68,19 ml dengan ketinggian sumber air (H) 30 cm.

Dengan mengetahui volume rata-rata tetesan pada masing-masing lantai maka dihasilkan debit tetesan seperti pada Gambar 7.



Gambar 7. Hubungan antara  $Q_{\text{penetes}}$  dengan  $\Delta H$

Berdasarkan Gambar 7 debit tetesan setiap lantai hampir sama, hal ini dikarenakan penggunaan *emitter* yang bisa diatur keluaran airnya, sehingga debit tetesan tiap lantai mempunyai nilai yang hampir sama karena *emitter* sudah diatur agar mengeluarkan tetesan yang seragam. Namun beda tinggi sumber air membuat debit tetesan pada lantai yang jaraknya lebih tinggi dari sumber air semakin besar.

## Analisis Keseragaman Tetesan

Setelah mendapatkan volume rata-rata tetesan, kemudian dilakukan analisis keseragaman tetesan pada tiap lantai dengan hasil sebagai berikut.

Tabel 4. Keseragaman tetesan di lantai 1

No tetesan	Lantai 1			
	A	$(y_i - \bar{y})^2$	B	$(y_i - \bar{y})^2$
1	75,00	34,03	73,33	25,00
2	68,33	0,69	68,33	0,00
3	70,00	0,69	66,67	2,78
4	70,00	0,69	68,33	0,00
5	65,00	17,36	65,00	11,11
6	66,67	6,25	68,33	0,00
Jumlah	415,00	59,72	410,00	38,89
Rata-rata	69,17		68,33	
$\bar{y}$	68,75			
$\sum(y_i - \bar{y})^2$	98,61			
D	2,69			
Cu	96,09			

Berdasarkan Tabel 9 Keseragaman tetesan yang dihasilkan termasuk kriteria sangat baik dengan CU sebesar 96,09%.

Tabel 5. Keseragaman tetesan di lantai 2

No tetesan	Lantai 2			
	A	$(y_i - \bar{y})^2$	B	$(y_i - \bar{y})^2$
1	75,00	44,44	70,00	1,93
2	65,00	11,11	63,33	27,85
3	65,00	11,11	75,00	40,82
4	70,00	2,78	65,00	13,04
5	65,00	11,11	70,00	1,93
6	70,00	2,78	68,33	0,08
Jumlah	410,00	83,33	411,67	85,65
Rata-rata	68,33		68,61	
$\bar{y}$	68,47			
$\sum(y_i - \bar{y})^2$	168,98			
D	3,62			
Cu	94,72			

Berdasarkan Tabel 10 Keseragaman tetesan yang dihasilkan termasuk kriteria sangat baik dengan CU sebesar 94,72%.

Tabel 6. Keseragaman tetesan di lantai 3

No tetesan	Lantai 3			
	A	$(y_i - \bar{y})^2$	B	$(y_i - \bar{y})^2$
1	68,33	0,08	70,00	2,78
2	70,00	2,78	70,00	1,93
3	70,00	2,78	65,00	13,04
4	70,00	2,78	70,00	1,93
5	65,00	11,11	65,00	13,04
6	65,00	11,11	70,00	1,93
Jumlah	408,33	30,63	410,00	34,65
Rata-rata	68,06		68,33	
$\bar{y}$	68,19			
$\sum(y_i - \bar{y})^2$	65,28			
D	2,11			
Cu	96,91			

Berdasarkan Tabel 11 Keseragaman tetesan yang dihasilkan termasuk kriteria sangat baik dengan CU sebesar 96,91%. Dan untuk keseragaman pada semua lantai juga termasuk kriteria yang sangat baik dengan CU sebesar 95,79%.

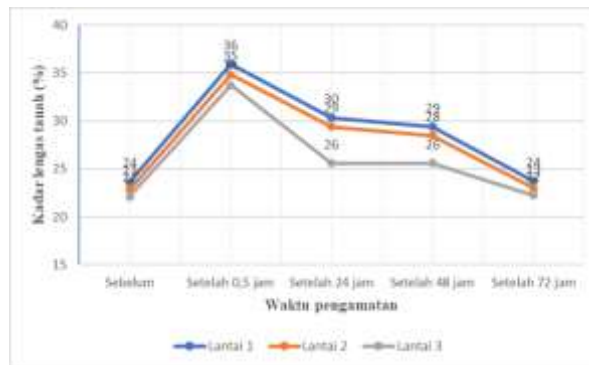
## Pengujian Kelengasan Tanah



Gambar 8. Pengujian lengas tanah

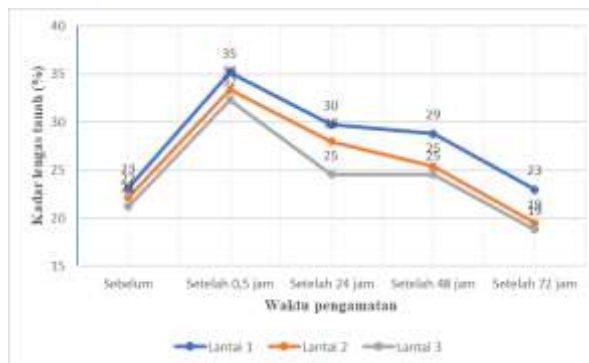
Pada pengujian kelengasan tanah ini digunakan 3 variasi campuran tanah dan kompos, yakni pada variasi 1 (V1) menggunakan 70% tanah 30% kompos, V2 dengan 50% tanah 50% kompos, dan V3 dengan 30% tanah 70% kompos, dengan durasi irigasi 5 menit, 10 menit, dan 15 menit. Untuk hasil analisis pengujian lengas tanah adalah sebagai berikut.

### Kelengasan Tanah durasi irigasi 5 menit



Gambar 9. Lengas tanah V1 sebelum dan setelah irigasi 5 menit

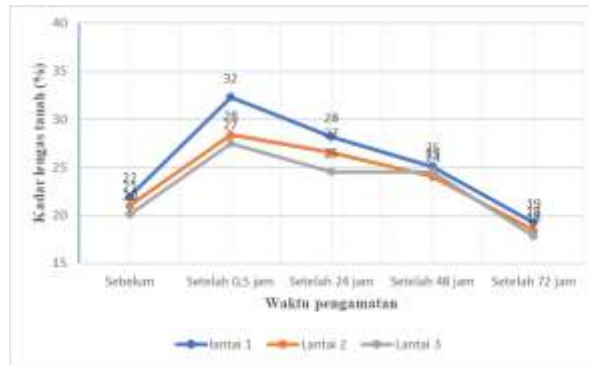
Berdasarkan Gambar 9 lengas tanah mengalami kenaikan signifikan pada 0,5 jam setelah irigasi kemudian mengalami penurunan kembali setelah 24 jam, 48 jam, dan 72 jam setelah irigasi. Kadar lengas tanah V1 setiap lantai memiliki kadar lengas pada lantai 1 setelah pemberian air yakni berturut-turut 36%, 30%, 29% dan 24%, lantai 2 yakni turut 35%, 29%, 28%, dan 23%, serta lantai 3 yakni 34%, 26%, 26%, dan 22%.



Gambar 10. Lengas tanah V2 sebelum dan setelah pemberian air 5 menit

Berdasarkan Gambar 10 lengas tanah mengalami kenaikan signifikan pada 0,5 jam setelah irigasi kemudian mengalami penurunan kembali setelah 24 jam, 48 jam, dan 72 jam setelah irigasi. Kadar lengas tanah V2 setiap lantai memiliki kadar lengas pada lantai 1 setelah pemberian air yakni berturut-turut 35%, 30%, 29% dan 23%, lantai 2 yakni turut 33%, 28%, 25%, dan 19%, serta lantai 3 yakni 32%, 25%, 25%, dan 19%.

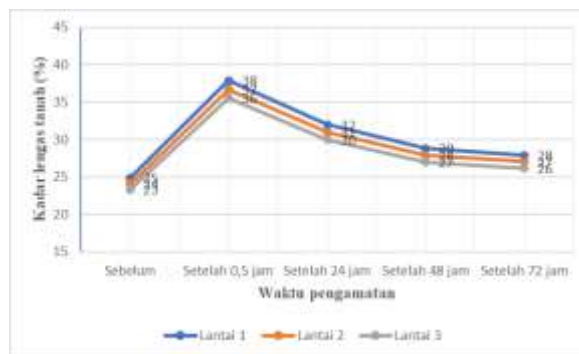




Gambar 11. Lengas tanah V3 sebelum dan setelah pemberian air 5 menit

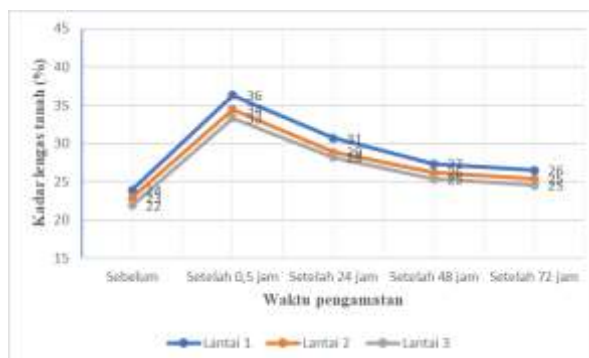
Berdasarkan Gambar 11 lengas tanah mengalami kenaikan signifikan pada 0,5 jam setelah irigasi kemudian mengalami penurunan kembali setelah 24 jam, 48 jam, dan 72 jam setelah irigasi. Kadar lengas tanah V3 setiap lantai memiliki kadar lengas pada lantai 1 setelah pemberian air yakni berturut-turut 32%, 28%, 25% dan 19%, lantai 2 yakni turut 28%, 27%, 24%, dan 18%, serta lantai 3 yakni 27%, 25%, 25%, dan 18%.

#### Kelengasan Tanah durasi irigasi 10 menit



Gambar 12. Lengas tanah V1 sebelum dan setelah pemberian air 10 menit

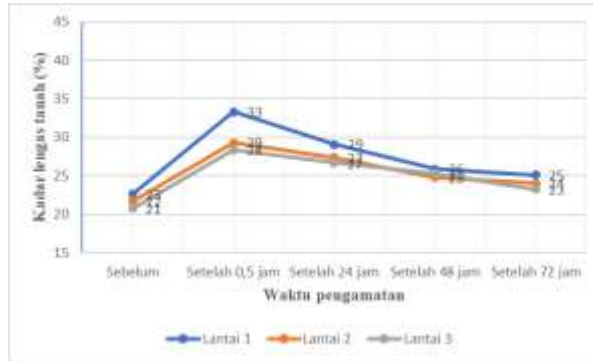
Berdasarkan Gambar 12 lengas tanah mengalami kenaikan signifikan pada 0,5 jam setelah irigasi kemudian mengalami penurunan kembali setelah 24 jam, 48 jam, dan 72 jam setelah irigasi. Kadar lengas tanah V1 setiap lantai memiliki kadar lengas pada lantai 1 setelah pemberian air yakni berturut-turut 38%, 22%, 29% dan 28%, lantai 2 yakni turut 37%, 31%, 28%, dan 27%, serta lantai 3 yakni 36%, 30%, 27%, dan 26%.



Gambar 13. Lengas tanah V2 sebelum dan setelah pemberian air 10 menit

Berdasarkan Gambar 13 lengas tanah mengalami kenaikan signifikan pada 0,5 jam setelah irigasi kemudian mengalami penurunan kembali setelah 24 jam, 48 jam, dan 72 jam setelah irigasi. Kadar lengas tanah V2 setiap lantai memiliki kadar lengas pada lantai 1 setelah

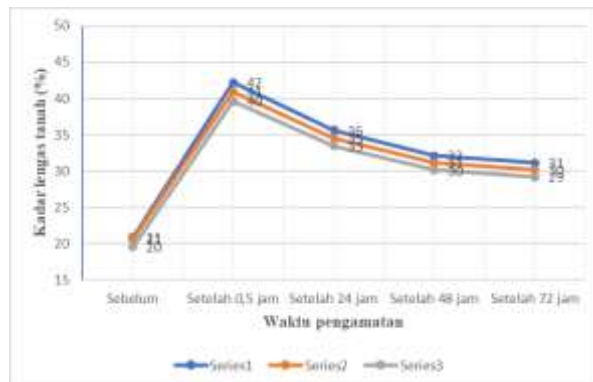
pemberian air yakni berturut-turut 36%, 31%, 27% dan 26%, lantai 2 yakni turut 34%, 29%, 26%, dan 25%, serta lantai 3 yakni 33%, 28%, 25%, dan 25%.



Gambar 14. Lengas tanah V3 sebelum dan setelah pemberian air 10 menit

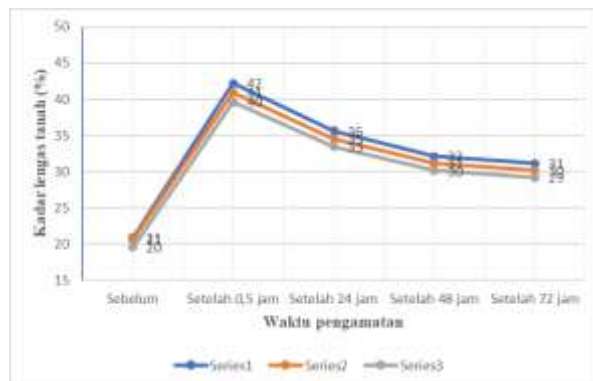
Berdasarkan Gambar 14 lengas tanah mengalami kenaikan signifikan pada 0,5 jam setelah irigasi kemudian mengalami penurunan kembali setelah 24 jam, 48 jam, dan 72 jam setelah irigasi. Kadar lengas tanah V3 setiap lantai memiliki kadar lengas pada lantai 1 setelah pemberian air yakni berturut-turut 33%, 29%, 26% dan 25%, lantai 2 yakni turut 29%, 27%, 25%, dan 24%, serta lantai 3 yakni 28%, 27%, 25%, dan 23%.

#### Kelengasan Tanah durasi irigasi 15 menit



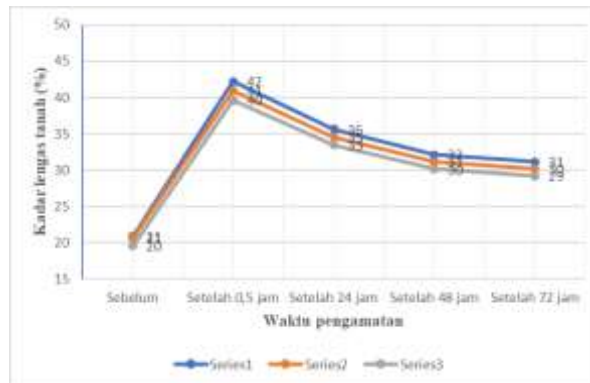
Gambar 15. Lengas tanah V1 sebelum dan setelah pemberian air 15 menit

Berdasarkan Gambar 15 lengas tanah mengalami kenaikan signifikan pada 0,5 jam setelah irigasi kemudian mengalami penurunan kembali setelah 24 jam, 48 jam, dan 72 jam setelah irigasi. Kadar lengas tanah V1 setiap lantai memiliki kadar lengas pada lantai 1 setelah pemberian air yakni berturut-turut 42%, 36%, 32% dan 31%, lantai 2 yakni turut 41%, 35%, 31%, dan 30%, serta lantai 3 yakni 40%, 33%, 30%, dan 29%.



Gambar 16. Lengas tanah V2 sebelum dan setelah pemberian air 15 menit

Berdasarkan Gambar 16 lengas tanah mengalami kenaikan signifikan pada 0,5 jam setelah irigasi kemudian mengalami penurunan kembali setelah 24 jam, 48 jam, dan 72 jam setelah irigasi. Kadar lengas tanah V2 setiap lantai memiliki kadar lengas pada lantai 1 setelah pemberian air yakni berturut-turut 40%, 34%, 30% dan 26%, lantai 2 yakni turut 38%, 32%, 29%, dan 24%, serta lantai 3 yakni 37%, 31%, 28%, dan 23%.



Gambar 17. Lengas tanah V3 sebelum dan setelah pemberian air 15 menit

Berdasarkan Gambar 17 lengas tanah mengalami kenaikan signifikan pada 0,5 jam setelah irigasi kemudian mengalami penurunan kembali setelah 24 jam, 48 jam, dan 72 jam setelah irigasi. Kadar lengas tanah V3 setiap lantai memiliki kadar lengas pada lantai 1 setelah pemberian air yakni berturut-turut 37%, 32%, 29%, dan 24%, lantai 2 yakni turut 33%, 31%, 28%, dan 23%, serta lantai 3 yakni 32%, 30%, 27%, dan 22%.

### Pengaruh variasi kompos dan durasi pemberian air

Tabel 7. Rekapitulasi lengas tanah semua variasi durasi irigasi 5 menit

Durasi irigasi 5 menit						
Lantai	Campuran	Waktu pengamatan				
		Sebelum	Setelah 0,5 jam	Setelah 24 jam	Setelah 48 jam	Setelah 72 jam
1	V1	24	36	30	29	24
	V2	23	35	30	29	23
	V3	22	32	28	25	19
2	V1	23	35	29	28	23
	V2	22	33	28	25	19
	V3	21	28	27	24	18
3	V1	22	34	26	26	22
	V2	21	32	25	25	19
	V3	20	27	25	25	18

Tabel 8. Rekapitulasi lengas tanah semua variasi durasi irigasi 10 menit

Durasi irigasi 10 menit						
Lantai	Campuran	Waktu pengamatan				
		Sebelum	Setelah 0,5 jam	Setelah 24 jam	Setelah 48 jam	Setelah 72 jam
1	V1	25	38	32	29	28
	V2	24	36	31	27	26
	V3	23	33	29	26	25
2	V1	24	37	31	28	27
	V2	23	34	29	26	25
	V3	22	29	27	25	24
3	V1	23	36	30	27	26
	V2	22	33	28	25	25
	V3	21	28	27	25	23

Tabel 9. Rekapitulasi lengas tanah semua variasi durasi irigasi 15 menit

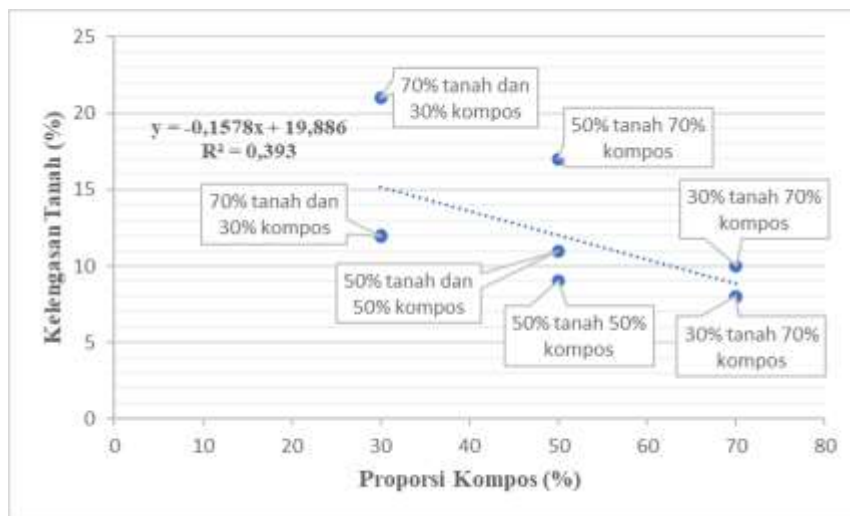
Durasi irigasi 15 menit						
Lantai	Campuran	Waktu pengamatan				
		Sebelum	Setelah 0,5 jam	Setelah 24 jam	Setelah 48 jam	Setelah 72 jam
1	V1	21	42	36	32	31
	V2	24	40	34	30	26
	V3	25	37	32	29	24
2	V1	21	41	35	31	30
	V2	22	38	32	29	24
	V3	24	33	31	28	23
3	V1	20	40	33	30	29
	V2	19	37	31	28	23
	V3	23	32	30	27	22

Dari tabel rekapitulasi di atas kemudian dicari kenaikan lengas pada setiap variasi berdasarkan durasi irigasi yang diberikan.

Tabel 10. Kenaikan lengas tanah pada setiap variasi

Durasi irigasi	Proporsi campuran	Kenaikan lengas (%)
5 menit	Variasi 1 (70% tanah 30% kompos)	12
	Variasi 2 (50% tanah 50% kompos)	11
	Variasi 3 (30% tanah 70% kompos)	8
10 menit	Variasi 1 (70% tanah 30% kompos)	12
	Variasi 2 (50% tanah 50% kompos)	9
	Variasi 3 (30% tanah 70% kompos)	8
15 menit	Variasi 1 (70% tanah 30% kompos)	21
	Variasi 2 (50% tanah 50% kompos)	17
	Variasi 3 (30% tanah 70% kompos)	10

Dari tabel 10 kenaikan lengas di atas kadar lengas tanah variasi 1 mempunyai kenaikan lengas tanah yang paling tinggi daripada variasi 2 dan variasi pada semua durasi irigasi. Kemudian dibuat grafik pengaruh pemberian irigasi semua durasi terhadap kenaikan lengas tanah dengan menggunakan analisis regresi linier.



Gambar 18. Hubungan antara durasi irigasi dan kenaikan lengas tanah tiap variasi

Berdasarkan gambar 18 dapat disimpulkan bahwa setiap 1% penambahan proporsi kompos akan menurunkan kadar lengas tanah sebesar 0,15% pada setiap durasi pemberian air irigasi.

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Perbedaan ketinggian sumber air berbanding lurus terhadap debit pipa yang dihasilkan, dimana semakin tinggi jarak dari sumber air semakin maka semakin besar debit pipa yang dihasilkan. Setiap  $\Delta H$  (beda tinggi sumber air) bertambah sebesar 1 (satu) cm maka akan meningkatkan debit sebesar 0,139 cm<sup>3</sup>/detik.
2. Keseragaman tetesan tiap lantai termasuk kriteria sangat baik dengan nilai CU rata-rata di atas 94%. Begitu juga untuk keseragaman di semua lantai termasuk kriteria sangat baik dengan nilai CU sebesar 95,79%.
3. Kadar lengas tanah sebelum pemberian air kisaran 19%-25%, setelah pemberian air dengan durasi 5 menit, 10 menit, dan 15 menit terjadi kenaikan kadar lengas tanah berdasarkan proporsi kompos yang digunakan dimana setiap 1% penambahan proporsi kompos akan menurunkan 0,15% kadar lengas tanah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Balai Besar Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2006). *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Bogor.
- Dewi, Diana Puspita. (2022). *Pengaruh Pemberian Air Irigasi Tetes Sistem Bertingkat Terhadap Perubahan Lengas Tanah*, Skripsi Sarjana S1, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Mataram.
- Direktorat Jenderal Pengelolaan Lahan dan Air Departemen Pertanian. (2008). *Pedoman Irigasi Bertekanan (Irigasi Sprinkler dan Irigasi Tetes)*. Jakarta.
- Hutapea, S. (2017). *Penuntun Praktikum Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Fakultas Pertanian, Universitas Medan Area. Medan.
- Maulana, Dody. (2015). *Analisis Pengaruh Pemberian Air Irigasi Sprinkler Mini Terhadap Kelengasan Tanah Pada Lahan Kering Pringgabaya Utara*. Skripsi Sarjana S1, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Mataram.
- Negara, I. D. G. J., Budianto, M. B., Supriyadi, A., & Saidah, H. (2020). *Analisis Kebutuhan Air Tanaman Dengan Metode Caoli Pada Tanaman Tomat Dengan Irigasi Tetes Di Lahan Kering Lombok Utara*. *Ganec Swara*, 14(1), 419-425.
- Negara, I. D. G. J., Saadi, Y., & Putra, I. B. G. (2014). *Karakteristik Perubahan Lengas Tanah Pada Pemberian Irigasi Tetes Pipa PVC Di Lahan Kering Pringgabaya Kabupaten Lombok Timur*. *Spektrum Sipil*, 1(2), 179-189.
- Prabowo, A., Prabowo, A., & Hendriadi, A. (2004). *Pengelolaan Irigasi Hemat Air di Lahan Kering Aplikasi Irigasi Tetes dan Curah*, Banten.
- Rahardjo, C.S., Kusnarta, I.G.M., Mahrup, Padusung. (2005). *Fisika Tanah*. Mataram University Press: Mataram.
- Rai, Ida Bagus. (2010). *Analisis Pemberian Air Sistem Irigasi Tetes Di Daerah Lahan Kering Akar – Akar Kabupaten Lombok Utara*, Mataram
- Soemarto, C. D., (1987), *Hidrologi Teknik*. Usaha Nasional: Surabaya
- Sumarna, A. (1998). *Irigasi Tetes pada Budidaya Tanaman Cabai*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Badan Penelitian Pengembangan Pertanian. Bandung.
- Triatmodjo, Bambang. (2014). *Hidrolika II*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Tribowo, R. I. (2014). *Perancangan Irigasi Tetes untuk Tanaman Hortikultura*. Jln. Gondangdia Lama 39, Menteng, Jakarta 10350: LIPI Press, anggota Ikapi.
- Utomo, M., W.A. Zakaria dan A. K. Mahi. (1993). *Pembangunan wilayah lahan kering di Propinsi Lampung untuk mempertanggung daya dukung pertanian*. Seminar Nasional Pengembangan wilayah Lahan Kering. Bandar Lampung. 20-21 September 1993.