

**POLA PEMBAHASAN SISTEM IRIGASI TETES BAWAH
PERMUKAAN MENGGUNAKAN HYDRUS-2D**

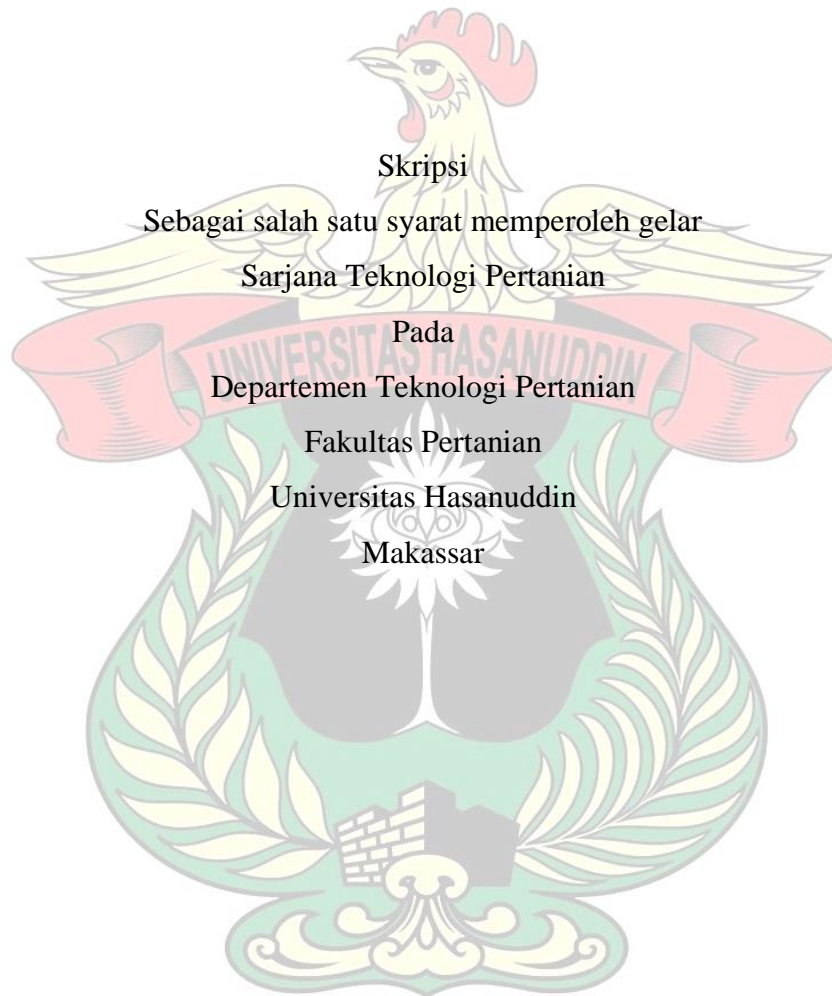
**SHANDY IRAWAN
G041 19 1053**



**DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**POLA PEMBAHASAN SISTEM IRIGASI TETES BAWAH
PERMUKAAN MENGGUNAKAN HYDRUS-2D**

**SHANDY IRAWAN
G041191053**



Skripsi

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar

Sarjana Teknologi Pertanian

Pada

Departemen Teknologi Pertanian

Fakultas Pertanian

Universitas Hasanuddin

Makassar

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERTANIAN
DEPARTEMEN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

POLA PEMBASAHAN SISTEM IRIGASI TETES BAWAH PERMUKAAN MENGUNAKAN HYDRUS-2D

Disusun dan diajukan oleh

SHANDY IRAWAN

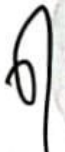
G041191053


Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin pada tanggal 31 Mei 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

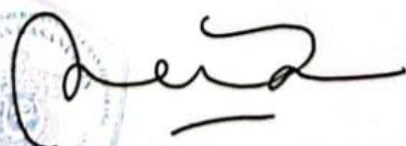
Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping


Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, MP.
NIP. 19681007 199303 2 002


Dr. Ir. Abdul Waris, MT.
NIP. 19601101 198903 1 002

Ketua Program Studi
Teknik Pertanian


Diyah Yumeina, S.TP., M.Agr., Ph.D.
NIP. 19810129 200912 2 003

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Shandy Irawan
NIM : G041191053
Program Studi : Teknik Pertanian
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa skripsi dengan judul Pola Pembasahan Sistem Irigasi Tetes Bawah Permukaan menggunakan HYDRUS-2D adalah karya saya sendiri dan tidak melanggar hak cipta pihak lain. Apabila dikemudian hari skripsi karya saya ini membuktikan bahwa sebagian atau keseluruhannya adalah hasil karya orang lain yang saya pergunakan dengan cara melanggar hak cipta pihak lain, maka saya bersedia menerima sanksi.

Makassar, 31 Mei 2023
Yang Menyatakan



Shandy Irawan

ABSTRAK

SHANDY IRAWAN (G041191053). Pola Pembasahan Sistem Irigasi Tetes bawah permukaan menggunakan HYDRUS-2D. Pembimbing: SITTI NUR FARIDAH dan ABDUL WARIS.

Pengetahuan tentang pola pembasahan dibawah permukaan tanah dapat digunakan untuk merencanakan dan merancang sistem irigasi tetes bawah permukaan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola pembasahan secara vertikal dan horizontal pada beberapa tekstur tanah dengan pengamatan eksperimen dan simulasi software HYDRUS-2D. Metode penelitian ini dilakukan dengan cara hasil simulasi HYDRUS-2D dengan pengamatan eksperimen dianalisis menggunakan persamaan regresi linier sederhana dan MAPE. Simulasi dilakukan pada tanah lempung berpasir dan lempung liat pasir, dengan debit 0,31 liter/jam. Nilai Parameter hidraulik dapat diprediksi menggunakan ROSETTA yang tergabung di HYDRUS-2D. Didapatkan hasil bahwa bentuk pola pembasahan kedua tekstur tanah menyerupai lingkaran dan hasil pengukuran pembasahan secara vertikal dan horizontal tekstur tanah lempung berpasir lebih cepat daripada tekstur tanah lempung liat berpasir. Analisis data menunjukkan nilai regresi pembasahan vertikal dan horizontal kedua tekstur tanah dihasilkan nilai yang sangat baik dengan rata-rata nilai regresi (R^2) sebesar 0,998 atau mendekati satu. Dan nilai MAPE yang diperoleh sangat baik yaitu 3,76 % sampai 4,10 %.

Kata Kunci: Irigasi Tetes bawah permukaan, Pola pembasahan, HYDRUS-2D.

ABSTRACT

SHANDY IRAWAN (G041191053). *The Wetting Patterns of Subsurface Drip Irrigation Systems using HYDRUS-2D*. Supervisors: SITTI NUR FARIDAH and ABDUL WARIS.

Knowledge of subsurface wetting patterns can be used to plan and design subsurface drip irrigation systems. This study aims to determine the vertical and horizontal wetting patterns using several soil textures in experimental observations with the HYDRUS-2D software simulation. This research method was carried out by means of HYDRUS-2D simulation results with experimental observations analyzed using simple linear regression and MAPE. Simulations were conducted on sandy loam and sand clay loam soils, with a discharge of 0.31 liters/hour. Hydraulic Parameter values can be predicted using ROSETTA incorporated in HYDRUS-2D. It was found that the shape of the wetting pattern of the two soil textures resembled a circle and the results of the vertical and horizontal wetting measurements of the sandy loam soil texture were faster than the sandy clay loam soil texture. Data analysis shows the regression value of vertical and horizontal wetting of the two soil textures produced a very good value with an average regression value (R^2) of 0.998 or close to one. And the MAPE value obtained is very good, namely 3.76% to 4.10 %.

Kata Kunci: *Subsurface Drip Irrigation, Wetting pattern, HYDRUS-2D.*

PERSANTUNAN

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah subhanahu wa ta'ala, karena atas rahmat saya dapat menyelesaikan penulisan ini. Penulis menyadari bahwa dengan selesainya penulisan skripsi ini tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Ayahanda **Alm. Muzakkir** dan Ibunda **Hartatiah** atas doa yang tulus yang selalu dipanjatkan, kasih sayang, pengorbanan dan dukungan yang diberikan kepada penulis dari kecil hingga berada pada tahap ini.
2. **Dr. Ir. Sitti Nur Faridah, MP** dan **Dr. Ir. Abdul Waris, MT** selaku dosen pembimbing utama dan kedua, terima kasih atas kesabaran, ilmu dan segala arahan yang telah diberikan dari penyusunan proposal, penelitian hingga penyusunan skripsi ini selesai.
3. **Dr. Ir. Mahmud Achmad, MP** dan **Dr Muhammad Tahir Sapsal, S.TP., M.Si** selaku dosen penguji yang telah memberikan ilmu, masukan, saran, dan waktu luang kepada saya demi menyempurnakan skripsi ini.
4. **Seluruh pihak** yang telah terlibat dalam membantu penelitian ini, terutama kepada saudari **Rabiatul Zuhaida** yang telah memberikan saran dan ilmunya serta **Selpiah** yang telah membantu menyiapkan keperluan penelitian.

Semoga Allah subhanahu wa ta'ala senantiasa membalas kebaikan mereka dengan kebaikan dan pahala yang berlipat ganda. Aamiin.

Makassar, 31 Mei 2023

Shandy Irawan

RIWAYAT HIDUP



Shandy Irawan, lahir di Kabupaten Bantaeng, Sulawesi Selatan pada tanggal 22 Maret 2001 merupakan anak terakhir dari dua bersaudara. Menempuh pendidikan formal pada tingkat Sekolah Dasar di SDN 49 Erasayya pada tahun 2007-2013, melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama SMPN 2 Gantarang Keke pada tahun 2013-2016. Melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Bantaeng pada tahun 2016-2019. Melanjutkan pendidikan ke Universitas Hasanuddin Makassar pada tahun 2019 Program Studi Teknik Pertanian, Departemen Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian. Selama perkuliahan aktif dalam organisasi yaitu Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin (HIMATEPA UH), Kelompok Mahasiswa Penalaran Ilmiah Fakultas Pertanian Unhas (KM Pilar UH), LDF Surau Firdaus Fakultas Pertanian Unhas. Selain itu, penulis juga penerima manfaat dari Beasiswa BIDIKMISI dan Beasiswa Inovator Muda.

DAFTAR ISI

SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
PERSANTUNAN	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan	2
2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Pola Pembasahan.....	3
2.2 Irigasi Tetes Bawah Permukaan	4
2.3 Emiter	5
2.4 HYDRUS	6
2.5 Sifat Fisik Tanah	7
3. METODE PENELITIAN.....	9
3.1 Waktu dan Tempat.....	9
3.2 Alat dan Bahan	9
3.3 Prosedur Penelitian	9
3.3.1 Persiapan Alat.....	9
3.3.2 Menghitung Debit Emiter	10
3.3.3 Persiapan Sampel Tanah	10
3.3.4 Uji Tekstur Tanah.....	10
3.3.5 Menghitung Kadar Air Tanah	11
3.3.6 Menghitung <i>Bulk Density</i>	11

3.3.7 Pengamatan Eksperimen	11
3.3.8 Simulasi HYDRUS-2D	12
3.4 Analisis Data.....	12
3.5 Bagan Alir Penelitian.....	14
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	15
4.1 Sifat Fisik Tanah	15
4.2 Kadar Air Tanah.....	16
4.3 Pola Pembasahan Berdasarkan HYDRUS-2D	16
4.4 Pola Pembasahan	18
4.5 Analisis Data Hasil Simulasi HYDRUS-2D dengan Pengamatan Eksperimen.....	21
5. PENUTUP	24
Kesimpulan.....	24
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Pola Pembasahan Tanah Berbagai Tekstur Tanah.....	3
Gambar 2. Irigasi Tetes Bawah Permukaan.....	4
Gambar 3. Selang <i>In-line Emitter</i>	6
Gambar 4. Instalasi Pengamatan Eksperimen.....	9
Gambar 5. Tampilan Skematik pada <i>Software HYDRUS-2D</i>	12
Gambar 6. Bagan Alir Penelitian.....	14
Gambar 7. Nilai kadar Air Sebelum dan Setelah Penetasan.....	16
Gambar 8. Simulasi Pola Pembasahan Tekstur Lempung Berpasir Tampak Samping.....	17
Gambar 9. Simulasi Pola Pembasahan Tekstur Lempung Liat Berpasir Tampak Samping	18
Gambar 10. Pola Pembasahan Tekstur Lempung Berpasir Tampak Samping.....	19
Gambar 11. Pola Pembasahan Tekstur Lempung Liat Berpasir Tampak Samping.....	19
Gambar 12. Hubungan Nilai Pengamatan Eksperimen dan Hasil Simulasi pada Pembasahan Vertikal Tekstur Lempung Berpasir.	21
Gambar 13. Hubungan Nilai Pengamatan Eksperimen dan Hasil Simulasi pada Pembasahan Horizontal Tekstur Lempung Berpasir	21
Gambar 14. Hubungan Nilai Pengamatan Eksperimen dan Hasil Simulasi pada Pembasahan Vertikal Tekstur Lempung Liat Berpasir	22
Gambar 15. Hubungan Nilai Pengamatan Eksperimen dan Hasil Simulasi pada Pembasahan Horizontal Tekstur Lempung Liat Berpasir ...	22
Gambar 16. Dokumentasi Skema Instalasi Pengamatan Eksperimen.	36
Gambar 17. Penjemuran Sampel Tanah	36
Gambar 18. Pengayakan Sampel Tanah.....	36
Gambar 19. Pengujian Kadar air Tanah.....	37
Gambar 20. Pengujian <i>Bulk Density</i> Tanah.....	37

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kriteria Nilai MAPE.....	13
Tabel 2. Hasil Uji Tekstur Tanah	15
Tabel 3. Hasil Pengukuran <i>Bulk Density</i>	15
Tabel 4. Nilai Parameter Hidraulik Berdasarkan Prediksi ROSETTA.	17
Tabel 5. Hasil Perhitungan <i>Mean Absolute Percent Error</i> (MAPE).....	22

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Pola Pembasahan Pengamatan Eksperimen Tekstur Tanah Lempung berpasir	28
Lampiran 2. Dokumentasi Pola Pembasahan Simulasi HYDRUS-2D Tekstur Tanah Lempung berpasir	29
Lampiran 3. Dokumentasi Pola Pembasahan Pengamatan Eksperimen Tekstur Tanah Lempung Liat berpasir	30
Lampiran 4. Dokumentasi Pola Pembasahan Simulasi HYDRUS-2D Tekstur Tanah Lempung Liat berpasir.....	31
Lampiran 5. Tabel Perbandingan Pembasahan Pengamatan Eksperimen dan Simulasi pada Tekstur Tanah Lempung berpasir	32
Lampiran 6. Tabel Perbandingan Pembasahan Pengamatan Eksperimen dan Simulasi pada Tekstur Tanah Lempung Liat berpasir	32
Lampiran 7. Perhitungan Kadar Air Tanah.....	33
Lampiran 8. Perhitungan <i>Bulk Density</i>	33
Lampiran 9. Perhitungan Nilai MAPE.....	34
Lampiran 10. Hasil Uji Tekstur Tanah di Laboratorium.....	35
Lampiran 11. Dokumentasi Skema Instalasi Pengamatan Eksperimen.....	36
Lampiran 12. Dokumentasi Penelitian.....	36

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air ialah bagian yang sangat penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman. Ketersediaan air untuk memenuhi kebutuhan air pada tanaman menjadi masalah ketika musim kemarau. Perubahan iklim yang terjadi serta semakin bertambahnya penduduk akan mengakibatkan konsumsi air semakin tinggi. Hal ini mengakibatkan persaingan dalam penggunaan air yang berdampak pada penggunaan air pada bidang pertanian. Maka pentingnya untuk menghemat penggunaan air dalam kehidupan khususnya dalam bidang pertanian.

Produktivitas pertanian dapat ditingkatkan dengan cara mengatur pemberian air pada tanaman dengan menggunakan teknik irigasi yang efisien dan hemat air. Sistem irigasi tetes bawah permukaan adalah pemberian air dalam bentuk tetesan melalui emiter yang diberikan secara terus-menerus ke zona perakaran tanaman atau di bawah permukaan tanah. Menurut Payero *et al.*, (2005), Sistem irigasi tetes bawah permukaan memiliki efisiensi sebesar 95% dibandingkan irigasi permukaan lainnya. Pada irigasi tetes bawah permukaan komponen rangkaian emiter diletakkan dibawah permukaan. Kelebihan dari irigasi tetes bawah permukaan yaitu pemberian air dan nutrisi langsung di zona perakaran tanaman sehingga dapat menghemat air, menghemat tenaga dalam proses pengairan, meminimalisir kehilangan air yang disebabkan oleh limpasan, perkolasi, penguapan dan irigasi cocok pada daerah lahan yang kering (Douh dan Bouljelben, 2012).

Pengetahuan tentang pola pembasahan dibawah permukaan tanah dapat digunakan untuk merencanakan dan merancang sistem irigasi tetes bawah permukaan. Hal ini memainkan arti penting dalam menentukan kedalaman penempatan lateral atau emiter di bawah permukaan tanah, jarak antar emiter dan sistem tekanan pompa untuk mengirimkan jumlah air yang diperlukan ke tanaman. Beberapa faktor pola pembasahan tanah akan dipengaruhi oleh kadar lengas tanah, kemampuan air lolos secara vertikal maupun horizontal, sifat fisik tanah serta jumlah air yang diberikan (Mawardi dan Goenadi, 2008). Pola pembasahan dapat diukur secara langsung di lapangan maupun pengamatan eksperimen di laboratorium dan dapat juga disimulasikan menggunakan *software*.

Beberapa model telah dikembangkan untuk mensimulasikan pola pergerakan dan dimensi pembasahan untuk sistem irigasi tetes permukaan bawah permukaan. Karena kemajuan dalam *software* simulasi dan ketersediaan model numerik yang mensimulasikan aliran air dan transportasi zat terlarut dalam tanah. HYDRUS-2D adalah *Software* pemodelan yang dapat digunakan untuk mensimulasikan transportasi air dalam tanah baik dalam bentuk simulasi dua dimensi atau tiga dimensi (Sejna *et al.*, 2014). Husain (2022) memvalidasi data hasil simulasi irigasi tetes menggunakan HYDRUS-2D dengan pengamatan eksperimen pada laboratorium.

Berdasarkan uraian diatas, maka perlu dilakukan penelitian pola pembasahan Irigasi Tetes Bawah Permukaan menggunakan *software* HYDRUS-2D dan pengamatan eksperimen untuk perancangan dan desain irigasi tetes bawah permukaan.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

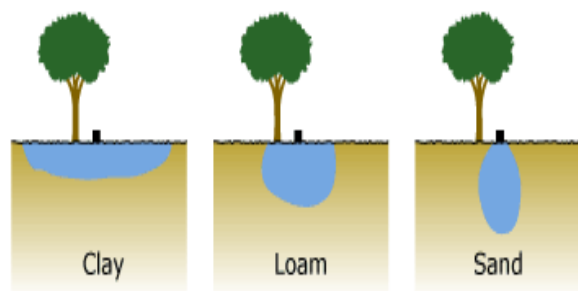
Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola pembasahan secara vertikal dan horizontal pada beberapa tekstur tanah dengan pengamatan eksperimen dan simulasi *software* HYDRUS-2D.

Kegunaan penelitian ini yaitu sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan dan perancangan sistem irigasi tetes bawah permukaan pada lahan pertanian.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pola Pembasahan

Pola pembasahan ialah pembasahan yang membentuk pola karena disebabkan oleh pergerakan air di bawah permukaan tanah. Kedalaman dan jarak pembasahan terbentuk di sekitar emiter dan menyebar ke area sekitarnya. Banyaknya air yang di simpan di sekitar zona perakaran tanaman dapat diketahui dengan melihat pola pembasahannya. Oleh karena itu, salah satu hal yang berpengaruh terhadap volume dan luasan tanah yang terbasahi adalah jarak antar penetes dan kedalaman pemasangan penetes atau emiter (Rahmawati, 2015). Pola pembasahan tanah menunjukkan gambaran pembasahan tanah oleh tekstur tanah yang berbeda. Suatu pola dapat mendeskripsikan area tanah yang terbasahi dengan melihat konturnya atau bentuknya. Sifat fisik tanah menjadi faktor yang mempengaruhi bentuk dari pola pembasahan diantaranya tekstur tanah, kadar air tanah, *bulk density* dan debit air yang diberikan (Arianti *et al.*, 2016).



Gambar 1. Pola Pembasahan Tanah Berbagai Tekstur Tanah
(Sumber: Simoes *et al.*, 2016).

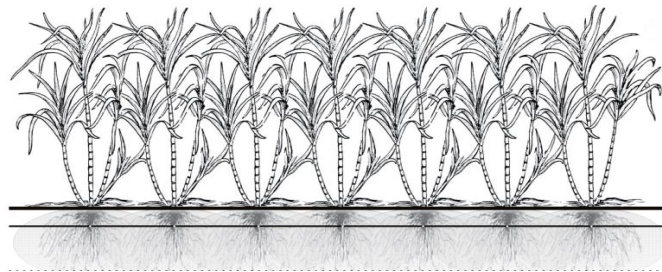
Pada umumnya, tanah memiliki sifat permeabilitas terhadap air dan air melalui pori-pori tanah di antara butir-butir tanah. Volume dan kecepatan air yang tersebar dari emiter akan mempengaruhi luas area tanah yang terbasahi. Besarnya luas basah tergantung pada jumlah air yang disuplai per satuan waktu dan sifat fisik tanah. Debit air yang besar dapat mengakibatkan area yang dibasahi menjadi lebih besar, sedangkan debit air yang kecil dapat mengakibatkan area yang dibasahi menjadi kecil. Laju perubahan pembasahan dapat ditentukan dari hubungan antara waktu pembasahan dan luas pembasahan. Pada pengamatan pola pembasahan diperoleh

hubungan pembasahan secara horizontal dan vertikal antara waktu dan hasil luas area pembasahan serta melihat kontur yang terbentuk (Rani, 2020).

Dalam perencanaan sistem irigasi tetes, pengetahuan tentang pola pembasahan merupakan pengetahuan yang penting karena menjadi salah satu kriteria dalam menentukan jarak antar penetes yang sesuai. Hal yang paling penting dalam menentukan jarak emiter dan jarak tanam adalah pola pembasahan, intensitas pemberian air, volume air irigasi dan jumlah emiter di daerah perakaran tanaman. Beberapa faktor pola pembasahan akan dipengaruhi oleh kadar lengas, kemampuan air lolos, sifat fisik tanah dan interval tetesan (Mawardi dan Goenadi, 2008).

2.2 Irigasi Tetes Bawah Permukaan

Irigasi tetes bawah permukaan pertama kali berkembang sejak awal tahun 1960-an yang merupakan bagian dari irigasi pertanian. Irigasi ini memberikan air pada tanaman di bawah permukaan tanah melalui penetes atau emiter. Irigasi tetes bawah permukaan telah diterapkan pada lahan pertanian, pada tanaman perkebunan dan hortikultura seperti sayuran dan buah-buahan. Teknologi ini telah terbukti efisien dan meningkatkan produktivitas lahan pertanian (Lamm *et al.*, 2012).



Gambar 2. Irigasi Tetes Bawah Permukaan
(Sumber: Simoes *et al.*, 2016).

Subsurface Drip Irrigation atau Irigasi tetes bawah permukaan adalah metode irigasi yang memasok air dan pupuk langsung ke zona akar tanaman, secara akurat dan sesuai dengan kebutuhan tanaman. Irigasi tetes bawah permukaan adalah sistem irigasi bertekanan rendah dan berefisiensi tinggi yang menggunakan selang tetes *polyethylene* yang terdapat pada bawah permukaan tanah. Air diterapkan langsung ke zona akar tanaman dan bukan ke permukaan tanah dimana sebagian besar benih gulma berkecambah setelah penanaman. Akibatnya, perkecambahan benih gulma tahunan sangat berkurang yang menurunkan tekanan gulma (Reich *et al.*, 2009).

Sistem irigasi tetes bawah permukaan memiliki efisiensi sebesar 95% dibandingkan irigasi lainnya. Efisiensi penggunaan air mengacu pada sejauh mana air yang digunakan dalam irigasi digunakan dengan efisien oleh tanaman dan tidak terbuang sia-sia. Ini berkaitan dengan kemampuan sistem irigasi untuk mengirimkan air ke zona akar tanaman. Irigasi ini juga beroperasi pada tekanan rendah, mengurangi kehilangan energi. Meminimalisir kehilangan air yang disebabkan oleh limpasan, perkolasi dan penguapan. Irigasi cocok pada daerah lahan pertanian yang memiliki keterbatasan ketersediaan air seperti lahan yang kering, gersang dan berangin (Payero *et al.*, 2005).

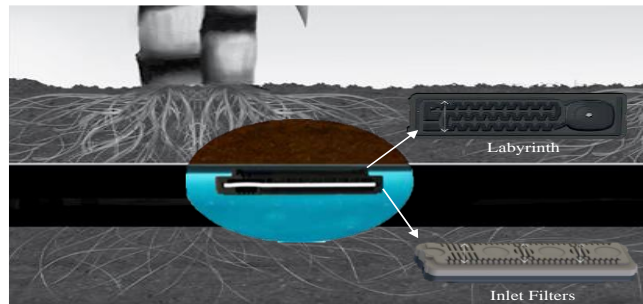
Irigasi tetes bawah permukaan telah terbukti efisien digunakan pada iklim kering dan tanah yang memiliki tekstur tanah lempung berpasir yang memiliki ketersediaan air terbatas. Penempatan kedalaman *dripline* atau selang lateral irigasi tetes bawah permukaan dengan mempertimbangkan sifat fisik tanah, iklim dan jenis tanaman. Sistem irigasi tetes bawah permukaan biasanya diterapkan pada tanaman hortikultura yang berakar dangkal. Penempatan kedalaman emiter di bawah permukaan tanah disesuaikan dengan akar tanaman hortikultura yang memiliki kedalaman akar berkisar 5 cm sampai 20 cm (Devasirvatham, 2008). Ketepatan dan kesesuaian pemilihan kedalaman penempatan emiter pada irigasi tetes bawah permukaan akan meningkatkan produktivitas tanaman (Thompson *et al.*, 2009). Provenzano (2007) melakukan penelitian tentang irigasi tetes bawah permukaan di tanah lempung berpasir dengan kedalaman pemasangan emiter 10 cm. Dengan memasang emiter pada kedalaman 10 cm di bawah permukaan tanah, air akan disalurkan secara langsung ke dekat akar tanaman. Ini memungkinkan tanaman untuk mengakses air dengan lebih efisien dan mengurangi kehilangan air karena penguapan di permukaan tanah.

2.3 Emiter

Emiter ialah penetes yang memiliki tekanan dan laju aliran yang rendah yang menyebarkan air secara terus-menerus dari selang lateral ke zona perakaran tanaman. Emiter biasanya hanya mengalir beberapa liter/jam. Air yang merembes dari emiter tergantung dari sifat fisik tanah. Debit emiter yang keluar harus kecil dan mendekati konstan, di sekitar daerah perakaran tanaman. Pemberian air pada

tanaman semakin efisien, jika semakin dekat ke akar tanaman. Luas daerah yang terbasahi tergantung dari debit air yang diberikan. Luas area yang terbasahi semakin besar jika debit air yang diberikan relatif besar (Rani, 2020).

Penetes (emiter) dapat dibedakan berdasarkan pemasangan pipa lateral yaitu *on-line emitter* dan *in-line emitter*. *On-line emitter* yaitu emiter yang terdapat di atas pipa lateral dengan cara memasangnya pada lubang atau menyambungkannya dengan pipa kecil. Sedangkan *in-line emitter* adalah emiter yang terdapat pada selang lateral yang dipasang dengan cara memotong selang lateral. Berdasarkan debit dan jarak antar emiter, emiter dibagi menjadi *point source emitter* dan *line source emitter*. *Point source emitter* adalah emiter yang memiliki debit relatif besar dan dipasang dengan jarak yang renggang. Sedangkan *line source* adalah penetes yang memiliki debit yang kecil dan memiliki jarak yang rapat (Prastowo, 2003).



Gambar 3. Selang *In-line Emitter*
(Sumber: Rivulis.com).

Dripline atau selang tetes umumnya memiliki ketebalan dinding 0,9 mm sampai 1,2 mm. Pada Selang *In-line Emitter* terdapat *inlet filters* dan *labyrinth*. *Inlet filters* adalah lapisan pertama perlindungan terhadap partikel asing. Selang *In-line Emitter* memiliki filter saluran masuk independen di setiap emiter untuk memberikan perlindungan maksimal terhadap penyumbatan. Kelebihan lainnya yaitu terdapat *labyrinth* yang menciptakan turbulensi alami dan menghasilkan laju aliran yang kontinu dan seragam. Jenis *dripline* ini juga memiliki fitur *anti-siphon* (AS) yang mencegah aliran air balik dari sistem irigasi ke dalam sumber air bersih, misalnya akibat penurunan tekanan pada sumber air (Reinders, 2021).

2.4 HYDRUS

HYDRUS adalah perangkat lunak pemodelan berbasis *Windows* yang dapat digunakan untuk analisis aliran air, panas, dan transpor zat terlarut dalam media

berpori jenuh yang bervariasi (misalnya, tanah). Perangkat lunak ini dikembangkan oleh Prof. Jirka Šimůnek dan timnya di Universitas California, Riverside. HYDRUS memiliki beberapa versi yang dirancang untuk memodelkan kondisi dan proses yang berbeda, termasuk HYDRUS-1D, HYDRUS-2D, dan HYDRUS-3D. Setiap versi HYDRUS menyediakan solusi numerik yang akurat dan efisien untuk memahami fenomena hidrologi dan kualitas air yang ada di dalam tanah. Sementara HYDRUS 1D mensimulasikan aliran air, zat terlarut dan transportasi panas dalam satu dimensi. HYDRUS 2D/3D memperluas kemampuan simulasi dua dan tiga dimensi dan didistribusikan secara komersial (Sejna *et al.*, 2014).

HYDRUS-2D sering digunakan untuk memodelkan sistem irigasi tetes, pergerakan zat terlarut dan analisis hidrologi yang melibatkan variasi spasial. HYDRUS-2D menggunakan persamaan Richard untuk memodelkan aliran air dalam media tanah. Persamaan Richard merupakan persamaan diferensial parsial yang digunakan untuk menggambarkan pergerakan air dalam tanah tak jenuh (Kandelous & Simunek, 2010). Beberapa data masukan yang biasanya diperlukan oleh HYDRUS-2D yaitu data geometri, data tanah, data kelembaban awal, data batas, data perubahan waktu, data sumber dan penyerapan (Sejna *et al.*, 2014).

2.5 Sifat Fisik Tanah

2.5.1 Tekstur Tanah

Tekstur tanah ialah susunan partikel-partikel yang menyusun tanah yaitu berupa debu, pasir dan liat. Tekstur tanah dapat diketahui dengan melihat perbandingan berat antar fraksi tanah yang menunjukkan kasar atau halus nya suatu tanah. Pada tanah pasir mempunyai luas penampang yang kecil dan memiliki ukuran relatif besar dari pada debu dan liat. Sementara tanah liat memiliki luas permukaan lebih besar jika dibandingkan dengan tanah debu. Daya serap udara dan air pada tanah ditentukan oleh luas permukaan ke tiga fraksi tanah. Kemampuan suatu tanah untuk menghantarkan dan menyimpan air, menyediakan dan menyimpan unsur hara tanaman dipengaruhi oleh tekstur tanah. Ukuran dan bentuk tiap partikel-partikel yang menyusun tanah itu beragam, hal ini menyebabkan tekstur tanah mempengaruhi karakteristik tanah lainnya seperti daya serap air, aerasi tanah,

kapasitas tanah menahan air, kesuburan dan pengolahan tanah. Penyebaran air secara horizontal maupun vertikal dipengaruhi tekstur tanah (Kurnia *et al.*, 2006).

2.5.2 Kadar Air Tanah

Kadar air tanah dapat diketahui dengan membandingkan berat air dengan berat keseluruhan tanah yang umumnya dinyatakan dalam bentuk persen. Metode yang digunakan dalam menentukan kadar air tanah adalah metode gravimetri. Berat kering diperoleh dengan memanaskan tanah melalui oven selama 24 jam pada suhu 105 °C. Berat yang hilang selama proses pengeringan dijadikan dasar dalam menghitung kadar air tanah. Beberapa faktor yang mempengaruhi kadar air tanah ialah struktur dan tekstur tanah, pori tanah, iklim, permeabilitas, bahan organik dan vegetasi (Irawan, 2016).

2.5.3 *Bulk Density*

Kerapatan isi atau *bulk density* menunjukkan tingkat kepadatan suatu tanah. Tanah yang padat memiliki nilai *bulk density* yang tinggi. Hal ini mengakibatkan sulitnya air untuk menembus atau melewatinya. Sedangkan tanah yang memiliki nilai *bulk density* yang kecil menunjukkan banyaknya pori-pori tanah. Tanah mineral pada lapisan atas memiliki *bulk density* yang rendah jika dibandingkan dengan tanah lapisan bawah. Tanah yang ideal memiliki nilai *bulk density* kisaran 1,3 sampai 1,35 g/cm³. Sementara, tanah yang memiliki kandungan organik yang tinggi memiliki *bulk density* kurang dari 1 g/cm³. Variasi nilai *bulk density* antar horizon dipengaruhi oleh bahan organik dan tekstur tanah, tipe dan derajat agregasi. Tujuan penentuan *bulk density* adalah untuk mengetahui kemampuan suatu air dan akar tanaman dapat menembus tanah (Kurnia *et al.*, 2006).