

LAPORAN TUGAS AKHIR

UNJUK KERJA PEMASANGAN SISTEM IRIGASI TETES PADA LAHAN TERBUKA (*OPEN FIELD*)



Disusun oleh:

Raika Jundi Wibisana

NIM: 07.15.19.018

**PROGRAM STUDI TATA AIR PERTANIAN
POLITEKNIK ENJINIRING PERTANIAN INDONESIA
BADAN PENYULUHAN DAN PENGEMBANGAN SDM PERTANIAN
KEMENTERIAN PERTANIAN**

2022

LAPORAN TUGAS AKHIR

UNJUK KERJA PEMASANGAN SISTEM IRIGASI TETES PADA LAHAN TERBUKA (*OPEN FIELD*)

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Ahli Madya Pertanian (A.Md.P)

Disusun oleh:

Raika Jundi Wibisana

NIM: 07.15.19.018

**PROGRAM STUDI TATA AIR PERTANIAN
POLITEKNIK ENJINIRING PERTANIAN INDONESIA
BADAN PENYULUHAN DAN PENGEMBANGAN SDM PERTANIAN
KEMENTERIAN PERTANIAN**

2022

HALAMAN PENGESAHAN

UJIAN TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir : UNJUK KERJA PEMASANGAN SISTEM IRIGASI TETES
PADA LAHAN TERBUKA (*OPEN FIELD*)
Nama : Raika Jundi Wibisana
NIM : 07.15.19.018
Program Studi : Tata Air Pertanian
Jenjang : Diploma Tiga (D III)

Dinyatakan LULUS setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir
Program Studi D III Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia.

Serpong, 2 Agustus 2022

Penguji I

Tanda tangan

Dr. Ir. Rahmat Hanif Anasiru, M.Eng

NIP. 196407251992031002

Penguji II

Tanda tangan

Rahmat, S.ST, M.T

NIP. 196910071998021001

Penguji III

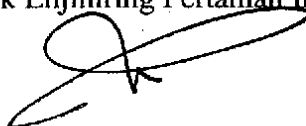
Tanda tangan

Dr. Ir. Adi Prayoga. MP.

NIP. 196406231991031002

Mengetahui,

Ketua Progam Studi Tata Air Pertanian
Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia



Dr. Ir. Rahmat Hanif Anasiru, M. Eng

NIP. 196407251992031002

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir : UNJUK KERJA PEMASANGAN SISTEM IRIGASI TETES
PADA LAHAN TERBUKA (*OPEN FIELD*)

Nama : Raika Jundi Wibisana

NIM : 07.15.19.018

Program Studi : Tata Air Pertanian

Jenjang : Diploma Tiga (D III)

Menyetujui:

Pembimbing I



Dr. Ir. Rahmat Hanif Anasiru, M. Eng
NIP. 196407251992031002

Pembimbing II



Rahmat, S.ST, M.T
NIP. 196910071998021001

Mengetahui,

Ketua Progam Studi Tata Air Pertanian
Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia



Dr. Ir. Rahmat Hanif Anasiru, M. Eng
NIP. 196407251992031002

Direktur

Direktur Enjiniring Pertanian Indonesia



Dr. Muhsin Fiza, S.TP., M.Si.
NIP. 197911212008011007

Tanggal Lulus: Serpong, 10 Agustus 2022

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala nikmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan Judul Unjuk Kerja Pemasangan Sistem Irigasi tetes pada lahan terbuka (*Open Field*) “Studi Kasus di PT. Power Agro” tepat pada waktunya. terselesainya laporan ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terimakasih atas bantuan dan bimbingannya kepada :

1. Bapak Dr. Muharfiza, S.TP, M.Si selaku direktur Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia.
2. Bapak Dr. Ir. Rahmat Hanif Anasiru, M.Eng selaku Ketua Jurusan Tata Air Pertanian.
3. Bapak Dr. Ir. Rahmat Hanif Anasiru, M.Eng selaku pembimbing I.
4. Bapak Rahmat, S.ST,M.T selaku pembimbing II.
5. PT. Power Agro Indonesia yang turut membantu dan memfasilitasi dalam kelancaran penyusunan laporan Tugas akhir.
6. Kedua orangtua yang saya cintai yang selalu mendukung baik moril maupun materil.
7. Adrian Maulana dan Azwar Sani terimakasih atas bantuan, saran, diskusi, serta kerjasamanya.
8. Semua pihak yang membantu penyelesaian laporan yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu.

Dalam penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan baik dari penyusunan kalimat, data maupun tatacara penulisannya, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun demi menghasilkan laporan yang lebih baik dikemudian hari.

Tangerang, 2 Agustus 2022



Raika Jundi Wibisana

NIM. 07.15.19.018

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : Raika Jundi Wibisana
NIM : 07.15.19.018
Judul Tugas Akhir : UNJUK KERJA PEMASANGAN SISTEM
IRIGASI TETES PADA LAHAN TERBUKA
(*OPEN FIELD*)

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir ini merupakan karya ilmiah hasil pemikiran sendiri secara orisinil dan saya susun secara mandiri dengan tidak melanggar kode etik hak karya cipta. Laporan Tugas Akhir ini juga bukan merupakan karya yang pernah di ajukan untuk memperoleh gelar akademik tertentu suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis di acu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari ternyata Laporan Tugas Akhir ini terbukti melanggar kode etik karya cipta atau merupakan karya yang dikategorikan mengandung unsur plagiarisme, maka saya bersedia untuk memper tanggung jawabkan sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan sesungguhnya.

Serpong, 2 Agustus 2022



Raika Jundi Wibisana
NIM. 07.15.19.018

UNJUK KERJA PEMASANGAN SISTEM IRIGASI TETES PADA LAHAN TERBUKA (*OPEN FIELD*)

Raika Jundi Wibisana ¹⁾

**¹⁾ Mahasiswa Program Studi Tata Air Pertanian Politeknik Enjiniring
Pertanian Indonesia (PEPI)**

Abstrak

Air merupakan salah satu faktor yang memegang peranan penting dalam kegiatan budidaya tanaman di bidang pertanian. Salah satu solusi dalam memenuhi kebutuhan air pada tanaman yaitu dengan irigasi tetes untuk mengatasi kondisi kekeringan sekaligus memenuhi kebutuhan hara bagi komoditi pertanian yang diberdayakan oleh petani. Irigasi tetes merupakan investasi irigasi yang sangat penting dan strategis dalam rangka penyediaan air untuk pertanian. Keuntungan dari penggunaan irigasi tetes diantaranya adalah tidak diperlukannya perataan lahan, hanya daerah perakaran yang terbasahi, mencegah terjadinya erosi, biaya tenaga kerja rendah, suplai air dapat diatur dengan baik, dan sistem pemupukan dapat dilakukan bersamaan dengan irigasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ukuran lahan yang akan dimanfaatkan memiliki ukuran 105m x 50m dengan luas 5250 m² yang terbagi menjadi 4 area penanaman. Setiap area penanaman memiliki ukuran 50m x 22m dengan luas 1100 m², serta terdapat beberapa area bersih yang dimanfaatkan sebagai parit yaitu sisi kiri, kanan, dan tengah 2m, sisi depan, dan belakang 1,5m serta jarak lahan dengan sumber air 70m. Sistem irigasi tetes yang digunakan peneliti memiliki beberapa komponen penting yaitu solar pompa, solar panel, solenoid valve, filter, mikrokontroler, dan sensor soil moisture serta pipa dan selang drip irigasi sebagai saluran primer dan sekunder. Pengukuran debit emiter dilakukan dengan metode volumetri pada satu area penanaman. Waktu pelaksanaan pengukuran pada saat penyiraman berlangsung, dengan cara memasang 25 gelas penampung dengan 5 line drip berbeda pada 5 titik penyiraman. Pengujian kelayakan koefisien keseragaman irigasi (CU) pada selang drip irigasi pada emiter memiliki rata rata 97,4 %.

Kata kunci: irigasi tetes, keseragaman emitter, komponen, desain lahan.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
Abstrak	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	x
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan.....	2
1.5. Manfaat.....	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Irigasi.....	4
2.1.1 Irigasi permukaan (<i>Surface Irrigation</i>)	4
2.1.2 Irigasi bawah permukaan (<i>Sub Surface Irrigation</i>).....	4
2.1.3 Irigasi sprinkler (<i>Sprinkle Irrigation</i>).....	5
2.1.4 Irigasi tetes (<i>Drip Irrigation</i>)	5
2.2. Komponen irigasi tetes.....	6
2.3.1. Unit utama (<i>head unit</i>).....	7
2.3.2. Pipa utama (<i>main line</i>).....	9
2.3.3. Pipa pembagi (<i>sub-main, manifold</i>)	10
2.3.4. Alat aplikasi (<i>applicator, emission device</i>)	11
2.3. Persamaan Matematika Parameter Pengujian	12
2.4.1. Debit penetes	12
2.4.2. Koefisien keseragaman tetesan emiter (CU)	13
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....	14
3.1. Waktu dan tempat.....	14
3.2. Alat dan Bahan	14
3.2.1. Alat	14
3.2.2. Bahan.....	14

3.3. Prosedure Pelaksanaan	14
3.3.1. Diagram alir.....	15
3.3.2. Tahapan persiapan	16
3.3.3. Tahapan pengambilan data	16
3.3.4. Pengujian kinerja emitter.....	16
3.3.5. Pengelolaan data	16
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1. Survei Lahan	19
4.2. Desain Lahan.....	20
4.2.1. Desain lahan setiap area	21
4.3. Persiapan Lahan	23
4.3.1. Pemetaan lahan.....	24
4.3.2. Pengendalian gulma.....	24
4.3.3. Penggemburan tanah	27
4.4. Alat dan bahan pemasangan irigasi tetes.....	27
4.4.1. Alat	28
4.4.2. Bahan.....	30
4.5. Teknik pemasangan irigasi tetes.....	39
4.5.1. Pemasangan solar panel.....	39
4.5.2. Pemasangan solar pompa	42
4.5.3. Pemasangan filter	45
4.5.4. Pemasangan pipa utama	46
4.5.5. Pemasangan pipa lateral	46
4.5.6. Pemasangan selenoid valve	48
4.5.7. Pemasangan drip irigasi.....	48
4.5.8. Pemasangan patok	49
4.5.9. Pemasangan mikrokontroler	51
4.5.10. Biaya tenaga kerja	53
4.6. Pengujian keseragaman emitter.....	53
4.7. Biaya investasi komponen irigasi tetes	55
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.1. Kesimpulan.....	56
5.2. Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Komponen irigasi tetes.....	7
Gambar 2. Pompa air irigasi tetes	7
Gambar 3. Filter	8
Gambar 4. Venturi injektor	8
Gambar 5. Preassure gauge	9
Gambar 6. Pipa PVC.....	9
Gambar 7. Katup solenoid valve.....	10
Gambar 8. Regulator tekanan.....	10
Gambar 9. Pipa drip irigasi tetes	11
Gambar 10. Emiter	12
Gambar 11. Diagram alir.....	15
Gambar 12. Survei lahan.....	19
Gambar 13. Foto google earth lokasi lahan	20
Gambar 14. Desain ukuran lahan dan jarak sumber air	21
Gambar 15. Desain lahan setiap area	21
Gambar 16. Meteran tanah 50 m.....	24
Gambar 17. pemetaan lahan.....	24
Gambar 18. Kondisi lahan sebelum pengendalian gulma.....	25
Gambar 19. Penyemprotan herbisida	25
Gambar 20. Pengendalian gulma menggunakan cangkul	26
Gambar 21. Kondisi lahan setelah pengendalian gulma	26
Gambar 22. Rotari lahan	27
Gambar 23. Kondisi lahan setelah rotary lahan	27
Gambar 24. Bor tangan	28
Gambar 25. Gerinda	28
Gambar 26. Gergaji besi	29
Gambar 27. Spidol	29
Gambar 28. Meteran tanah.....	30
Gambar 29. Patok.....	30
Gambar 30. Solar pompa.....	31
Gambar 31. Solar panel.....	31
Gambar 32. Box panel.....	32
Gambar 33. MCB	32
Gambar 34. Surge arrester.....	33
Gambar 35. Pipa PVC 1 inc	33
Gambar 36. Selang drip irigasi tetes	34
Gambar 37. Selenoid valve	34
Gambar 38. Filter irigasi tetes.....	35
Gambar 39. Offtake.....	35
Gambar 40. Elbow dan sok	36
Gambar 41. Lem pipa.....	36
Gambar 42. Mikrokontroler	37
Gambar 43. Sensor soil moisture	37
Gambar 44. Baja ringan	38
Gambar 45. Reng besi	38

Gambar 46. Baut skrup	39
Gambar 47. Solar panel.....	40
Gambar 48. Ukuran baja ringan	40
Gambar 49. Pembentukan dudukan solar panel.....	41
Gambar 50. Pemasangan kaki-kaki dudukan solar panel.....	41
Gambar 51. Pemasangan solar panel	41
Gambar 52. Susunan komponen pada box panel	42
Gambar 53. Hasil pemasangan solar panel	42
Gambar 54. Pembuatan kerangka dan pelampung	43
Gambar 55. Skema instalasi pompa air menggunakan solar panel.....	44
Gambar 56. Pengujian pompa air di sungai	44
Gambar 57. Solar pompa apung.....	44
Gambar 58. Filter Y- disk	45
Gambar 59. Penyambungan pipa	46
Gambar 60. Sambungan pipa utama dengan lateral.....	46
Gambar 61. Proses melubangi pipa.....	47
Gambar 62. Mata bor	47
Gambar 63. Pemasangan offtake.....	47
Gambar 64. Pemasangan selenoid valve.....	48
Gambar 65. Pemasangan selang drip	49
Gambar 66. Pemasangan selang drip ke bagian offtake	49
Gambar 67. Patok pengikat ujung dari selang drip irigasi	50
Gambar 68. Patok penyempurna posisi selang drip	50
Gambar 69. Hasil dari pematokan selang drip irigasi	50
Gambar 70. Pemasangan box panel	51
Gambar 71. pemasangan mikrokontroler	51
Gambar 72. Hasil pemasangan box panel dan mikrokontroler	52
Gambar 73. Sensor soil moisture	52
Gambar 74. Pengukuran debit emiter.....	54
Gambar 75. Pemindahan air dari gelas penampung ke dalam gelas ukur.....	55

DAFTAR TABEL

Table 1. Klasifikasi nilai koefisien keseragaman irigasi.....	13
Table 2. Biaya tenaga kerja.....	53
Table 3. Debit dan keseragaman distribusi emiter	54
Table 4. Biaya investasi komponen irigasi tetes	55

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan salah satu faktor yang memegang peranan penting dalam kegiatan budidaya tanaman di bidang pertanian (Efendy *et al.*, 2010). Selain faktor utama yaitu tanah pemberian air yang tepat untuk memenuhi kebutuhan air tanaman perlu di perhatikan karena apabila kebutuhan airnya belum terpenuhi maka dapat mempengaruhi keberhasilan kegiatan budidaya tersebut salah satu solusi dalam memenuhi kebutuhan air pada tanaman yaitu dengan irigasi tetes untuk mengatasi kondisi kekeringan sekaligus memenuhi kebutuhan hara bagi komoditi pertanian yang diberdayakan oleh petani.

Pemakaian air yang efisien dan efektif di segala bidang merupakan bagian dari persiapan untuk mengantisipasi ketidak seimbangan antara kebutuhan dengan ketersediaan air di masa mendatang. Dengan meningkatkan efisiensi penggunaan air yang merupakan salah satu faktor penentu dalam proses produksi pertanian maka daya saing dapat ditingkatkan, oleh karena itu investasi irigasi menjadi sangat penting dan strategis dalam rangka penyediaan air untuk pertanian. Keuntungan dari penggunaan irigasi tetes diantaranya adalah tidak diperlukannya perataan lahan, hanya daerah perakaran yang terbasahi, mencegah terjadinya erosi, biaya tenaga kerja rendah, suplai air dapat diatur dengan baik, dan sistem pemupukan dapat dilakukan bersamaan dengan irigasi (Ardiansah *et al.*, 2018).

Menurut Tnunay (2019), pertanian merupakan sektor yang fundamental dalam suatu negara agraris, contohnya Indonesia. Sektor pertanian adalah sumber mata pencaharian sebagian besar masyarakat Indonesia dan penopang perekonomian Indonesia, karena pertanian memberikan porsi yang cukup besar dalam memberikan sumbangan untuk pendapatan Negara, sebagai pasar yang potensial bagi produk - produk dalam negeri baik untuk barang produksi maupun barang konsumsi, terutama produk yang dihasilkan oleh subsektor tanaman pangan. Salah satu komoditi andalan di sektor pertanian adalah jagung,

karena jagung merupakan salah satu bahan pokok makanan di Indonesia yang memiliki kedudukan penting setelah beras. Selain bahan pokok makanan setelah beras, jagung banyak digunakan untuk pakan ternak dan bahan baku industry.

Salah satu tempat tugas akhir yang berhubungan dengan keteknikan dalam pemasangan dan penerapan fungsi sistem irigasi tetes pada tanaman jagung yaitu adalah PT. Power Agro terdapat beberapa projek pemasangan jaringan irigasi sistem irigasi tetes pada lahan jagung yang akan di pasang di suatu lahan di daerah Kampus 4 Universitas Tarumanegara, Jalan Kelapa Dua Raya, No. 07, Kelapa Dua, Klp. Dua, Kec. Tangerang, Kabupaten Tangerang, Banten.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana desain lahan pada lahan pemasangan sistem irigasi tetes?
2. Apa saja komponen yang di perlukan dalam pemasangan system irigasi tetes di PT. Power Agro?
3. Bagaimana proses pemasangan sistem irigasi tetes?
4. Menganalisa keseragaman tetesan irigasi tetes?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah atau ruang lingkup pada penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Penelitian ini dilakukan khusus untuk mengetahui proses pemasangan sistem irigasi tetes.
2. Penelitian dilakukan di lahan terbuka
3. Keseragaman tetesan pada emiter

1.4. Tujuan

Tujuan tugas akhir yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui desain lahan
2. Mengetahui komponen yang diperlukan untuk pemasangan irigasi tetes
3. Mengetahui proses pemasangan sistem irigasi tetes
4. Mengetahui keseragaman tetesan pada irigasi tetes

1.5. Manfaat

Hasil dari tugas akhir ini harapannya untuk meningkatkan dan memperdalam pengetahuan mengenai proses pemasangan sistem irigasi tetes di lahan terbuka pada tanaman jagung dan meningkatkan keterampilan dalam penelitian di bidang pertanian khususnya pada sistem irigasi tetes.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Irigasi

Irigasi atau pengairan menjadi hal yang penting dalam pertanian. Tanpa adanya pengairan yang baik maka tanaman tidak bisa tumbuh dengan maksimal. Hal tersebut juga akan sangat berpengaruh terhadap hasil panen nantinya (Samsugi et al., 2020).

Adapun beberapa jenis jaringan irigasi yang di gunakan di lahan pertanian Indonesia, diantaranya:

2.1.1 Irigasi permukaan (*Surface Irrigation*)

Irigasi Permukaan merupakan jenis irigasi yang mengambil air langsung dari sungai dengan menggunakan saluran/pompa/pipa. Sistem irigasi ini merupakan sistem irigasi pertama yang digunakan. Irigasi ini merupakan yang tertua di Indonesia dan paling banyak digunakan. Cara kerjanya pun juga sangat mudah, yakni dengan mengambil air sungai sebagai sumbernya. Air sungai tersebut kemudian dibendung untuk disalurkan lewat selang atau parit ke area pertanian menuju sawah-sawah yang ada di sekitarnya. Irigasi permukaan memanfaatkan gravitasi, sehingga sawah atau lahan dengan permukaan lebih tinggi akan mendapatkan air terlebih dahulu (Syamsia *et al.*, 2016).

2.1.2 Irigasi bawah permukaan (*Sub Surface Irrigation*)

Irigasi bawah permukaan dengan cara memanfaatkan pengairan pada lapisan tanah. Caranya adalah dengan meresapkan air ke dalam tanah di bawah daerah akar dengan pipa maupun saluran terbuka. Pipa yang digunakan biasanya memiliki diameter 10 sentimeter dan tebalnya 1 sentimeter. Sistem irigasi ini sangat cocok diterapkan di daerah yang memiliki tekstur tanah sedang sampai kasar agar tidak terjadi penyumbatan pada lubang air. Irigasi bawah permukaan juga cocok untuk tanah dengan kadar garam rendah (Deden, 2019).

2.1.3 Irigasi sprinkler (*Sprinkle Irrigation*)

irigasi jenis ini sedikit berbeda dan lebih modern Sistem irigasi curah ini menggunakan energi tekan untuk membentuk dan mendistribusikan air ke lahan. Tekanan merupakan salah satu faktor penting yang menentukan kinerja sprinkler. Masih belum banyak petani menggunakan jenis irigasi. Prinsip kerjanya yakni menyalurkan air dari sumber ke daerah sasaran dengan pipa. Pada lahan tersebut, pipa kemudian disumbat menggunakan tekanan dari pompa lalu di pancurkan melalui *emitter* dengan begitu muncul pancaran air seperti air hujan. Namun, sistem irigasi ini sebaiknya digunakan pada daerah dengan kecepatan angin yang tidak terlalu besar (Tusi, 2016).

2.1.4 Irigasi tetes (*Drip Irrigation*)

Sistem irigasi tetes ini dengan menyalurkan air ke lahan pertanian menggunakan pipa yang di pasang selang drip irigasi dan diatur dengan tekanan tertentu. Dengan cara inilah air dari pipa akan muncul dalam bentuk tetesan dan langsung mengarah pada bagian tanaman. Tujuannya agar air bisa langsung menuju ke akar tanaman, sehingga tidak membasahi lahan dan mencegah air terbuang karena penguapan. Keunggulan dari irigasi ini adalah cocok digunakan untuk tanaman di masa awal pertumbuhannya.

Irigasi tetes merupakan irigasi bertekanan rendah dan debit kecil dengan sistim pemberian air diaplikasikan hanya pada daerah sekitar perakaran tanaman melalui sistim penetes (*emitter*). Irigasi tetes menjadi salah satu alternatif sistim irigasi hemat air yang tepat untuk diterapkan pada lahan kering. Irigasi tersebut saat ini cukup populer tidak hanya diterapkan pada daerah kering, tetapi juga di daerah perkotaan dan daerah-daerah basah dimana air bernilai mahal. Pada kawasan lahan kering (arid atau semi arid), selain itu juga penggunaan sistem irigasi tetes dapat meningkatkan produktifitas lahan dan tanaman karena lahan dapat di tanami sepanjang tahun sehingga indeks penanaman meningkat dan kegiatan budidaya tidak tergantung pada musim hujan. Terdapat empat manfaat dari irigasi tetes dibandingkan dengan teknologi irigasi lainnya, yaitu:

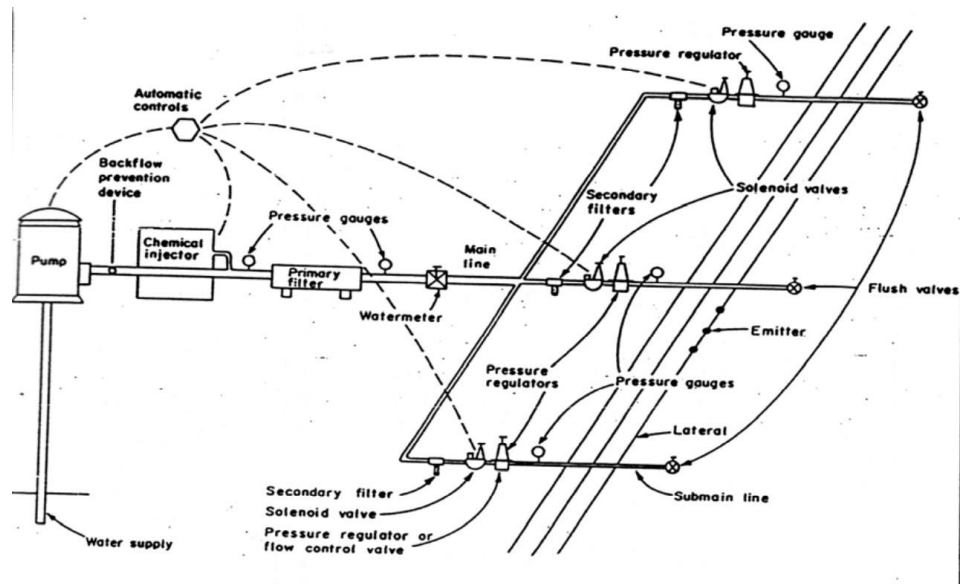
1. efisiensi aplikasi irigasi yang tinggi,
2. menyempurnakan pengelolaan nutrisi tanaman,
3. penanganan salinitas yang baik dan
4. kebutuhan energi rendah dibandingkan dengan sprinkler atau mekanisasi irigasi lainnya.

Namun irigasi tetes mempunyai beberapa kelemahan yang dapat menghalangi keberhasilan aplikasinya dalam beberapa kasus, misalnya: penyumbatan emitter, perusakan oleh tikus atau binatang lainnya, akumulasi garam sekitar tanaman, gerakan air tanah dan perkembangan akar tanaman yang terhambat serta keterbatasan teknis-ekonomis. Jackson and Kay berhasil mengatasi masalah penyumbatan dengan menerapkan sistem irigasi tetes terputus-putus (pulse irrigation). Metode ini secara komparatif mudah dan memerlukan tenaga manusia yang lebih sedikit. pengairan dapat dimalarkan (continuous) siang-malam, tanpa menghiraukan hari berangin atau kegiatan-kegiatan budidaya pertanian lainnya (Ridwan 2013).

Menurut Mada *et al.*, (2021). Irigasi tetes mempunyai kelebihan dibandingkan dengan metode irigasi lainnya, yaitu meningkatkan nilai guna air, meningkatkan pertumbuhan tanaman dan hasil, meningkatkan efisiensi dan efektifitas pemberian, menekan resiko penumpukan garam, menekan pertumbuhan gulma serta menghemat tenaga kerja.

2.2. Komponen irigasi tetes

System irigasi tetes di lapangan biasanya terdiri unit utama dari jalur utama pipa pembagi, pipa lateral, alat aplikasi dan system pengontrol terdapat berbagai variasi tata-letak layout irigasi tetes seperti gambar berikut:



Gambar 1. Komponen irigasi tetes
sumber: Sapei, (2006)

2.3.1. Unit utama (*head unit*)

Unit utama terdiri dari pompa, tangki injeksi, filter (saringan) utama dan komponen pengendali (pengukur tekanan, pengukur debit dan katup).

Pompa berfungsi untuk menaikkan atau memindahkan fluida cair dari suatu permukaan yang lebih rendah ke permukaan yang lebih tinggi melalui suatu media perpipaan untuk suatu tujuan tertentu sesuai dengan kebutuhan (Putra, 2016).



Gambar 2. Pompa air irigasi tetes
sumber: <https://id.aliexpress.com/>

Filter berfungsi untuk menyaring kotoran yang ikut terbawa oleh air dan masuk kedalam saluran pipa sehingga tidak terjadi penyumbatan di dalam pipa atau dibagian emiter yang disebabkan oleh kotoran, dengan terbebasnya instalasi irigasi tetes dari sumbatan dapat membantu memperpanjang umur penggunaan instalasi tersebut.



Gambar 3. Filter
sumber: <https://www.facebook.com/>

Tangki injeksi berfungsi untuk memfilter zat kimia yang tercampur dengan air lalu diubah menjadi air yang dapat diterima (yang tidak meracuni tanaman) oleh tanaman pada dibagian dalam tangki injeksi air akan dicampurkan dengan cairan lain yang dapat menetralsir air tersebut.



Gambar 4. Venturi injektor
sumber: <https://indonesian.alibaba.com/>

Komponen pengendali berfungsi untuk mengontrol tekanan dan laju aliran air disepanjang pipa. Jika terdapat perubahan tekanan atau nilai pada alat ukur maka hal tersebut bisa menjadi indikator terdapatnya permasalahan pada instalasi tersebut seperti kebocoran pipa atau kinerja pompa yang mulai menurun (Idrus *et al.*, 2018).



Gambar 5. Pressure gauge
sumber: <https://sipoden.com/>

2.3.2. Pipa utama (*main line*)

Pipa utama umumnya terbuat dari pipa *polyvinylchlorida* (PVC), *galvanized steel* atau besi cor dan berdiameter antara 7.5 – 25 cm. Pipa utama dapat dipasang di atas atau di bawah permukaan tanah. Pipa utama berfungsi untuk mendistribusikan air dari pompa menuju pipa pembagi dengan diameter cenderung lebih besar membuat volume air yang terdapat di sepanjang pipa utama memiliki jumlah yang besar.



Gambar 6. Pipa PVC
sumber: <http://www.ibb.jatimprov.go.id/>

2.3.3. Pipa pembagi (*sub-main, manifold*)

Pipa pembagi dilengkapi dengan filter kedua yang lebih halus (80-100 μm), katup selenoid, regulator tekanan, pengukur tekanan dan katup pembuang. Pipa sub utama terbuat dari pipa PVC atau pipa HDPE (*high density polyethylene*) dan berdiameter antara 50 – 75 mm.



Gambar 7. Katup solenoid valve
sumber: <https://chinadrip.en.made-in-china.com/>



Gambar 8. Regulator tekanan
sumber: <https://id.aliexpress.com/>



Gambar 9. Pipa drip irigasi tetes
sumber: <https://id.chinadrip.com/>

2.3.4. Alat aplikasi (*applicator, emission device*)

Alat aplikasi terdiri dari penetes (*emitter*), pipa kecil (*small tube, bubbler*) dan penyemprot kecil (*micro sprinkler*) yang dipasang pada pipa lateral, Alat aplikasi terbuat dari berbagai bahan seperti PVC, PE, keramik, kuningan dan sebagainya. Alat aplikasi yang baik harus mempunyai karakteristik :

- a. Debit yang rendah dan konstan Irigasi Tetes (*Drip/Trickle Irrigation*)
- b. Toleransi yang tinggi terhadap tekanan operasi
- c. Tidak dipengaruhi oleh perubahan suhu
4. Umur pemakaian cukup lama (sapei, 2006)

Berdasarkan pemasangan di pipa lateral, penetes dapat dibedakan menjadi :

- a. *On-line emitter* yaitu di pasang pada lubang yang dibuat di pipa lateral
- b. *In-line emitter* yaitu di pasang pada pipa lateral dengan cara memotong pipa lateral.

Emitter juga dapat dibedakan berdasarkan jarak spasi atau debitnya yaitu:

- a. *Point source emitter* yaitu di pasang dengan spasi yang renggang dan mempunyai debit yang relatif besar. *Point source emitter* dapat dipasang dengan pengeluaran (*outlet*) tunggal, ganda maupun multi.

- b. *Line source emitter* yaitu dipasang dengan spasi yang lebih rapat dan mempunyai debit yang kecil. Pipa porous dan pipa berlubang juga dimasukkan pada katagori ini.



Gambar 10. Emiter
sumber: <https://indonesian.alibaba.com/>

2.3. Persamaan Matematika Parameter Pengujian

Adapun beberapa persamaan yang dapat di jadikan rumus perhitungan dalam pengujian keseragaman tetesan pada irigasi tetes sebagai berikut:

2.4.1. Debit penetes

Beberapa parameter yang digunakan dalam menguji karakteristik penetes adalah debit penetes, tekanan (head) operasi, hubungan debit penetes dengan head operasi yang dikenal dengan komponen emisi, koefisien variasi penetes, diameter penetes dan volume basah tanah (Yanto *et al.*, 2014).

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

Dimana:

- Q : debit penetes (liter/menit)
- V : volume tetesan emitter (liter)
- t : waktu (detik)

2.4.2. Koefisien keseragaman tetesan emiter (CU)

keseragaman aplikasi air merupakan salah satu faktor penentu efisiensi irigasi yang dihitung dengan persamaan koefisien keseragaman irigasi (CU/Coefficient Uniformity) dengan menggunakan persamaan Christiansen:

$$Cu = \left\{ 1 - \frac{\sum [xi - \bar{x}]}{\sum xi} \right\}$$

Dimana:

Cu : koefisien keseragaman irigasi (%)

xi : volume air pada wadah ke-i (ml)

x : nilai rata-rata dari volume air pada wadah (ml)

$\Sigma [x-xi]$: jumlah deviasi absolut rata-rata pengukuran (ml)

Keseragaman irigasi tetes dapat dikatakan seragam atau layak apabila nilai Cu lebih besar dari 90% (>90%). Nilai Cu yang rendah dapat dijadikan indikator kehilangan air melalui perkolasi sangat tinggi (Kusmali *et al.*, 2015).

Table 1. Klasifikasi nilai koefisien keseragaman irigasi

Nilai koefisien keseragaman (CU) (%)	Kelas
> 90%	Sangat baik
80—90	Baik
70—80	Cukup/sedang
< 70	Buruk

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan tempat

Penelitian di laksanakan pada tanggal 6 Juni 2022 sampai dengan 19 Juli 2022 di tempat kampus 4 tarumanegara jalan kelapa dua raya. No 07, kelapa dua, klp. Dua, kecamatan Kelapa dua kabupaten Tangerang Banten

3.2. Alat dan Bahan

Dalam melakukan penelitian tugas akhir ada beberapa alat dan bahan yang digunakan untuk mendukung penelitian tugas akhir adalah.

3.2.1. Alat

- a. Laptop
- b. Smartphone
- c. Alat tulis
- d. Satu set peralatan irigasi tetes

3.2.2. Bahan

- a. Air
- b. Bak penampung
- c. Gelas penampung/gelas ukur

3.3. Prosedure Pelaksanaan

Dalam melakukan kegiatan Pemasangan irigasi tetes dan pengujian keseragaman emitter ada beberapa tahapan yang perlu dilakukan antara lain sebagai berikut:

- 3.3.2. Tahapan persiapan
- a. Menyiapkan alat dan bahan
 - b. Membuat jaringan irigasi tetes dengan jumlah emitter yang telah di tentukan
 - c. Mengoperasikan jaringan irigasi emiter
 - d. Menghitung volume air yang tertampung dengan gelas ukur
- 3.3.3. Tahapan pengambilan data
- a. Pengoprasian rangkaian percobaan emitter
 - b. Mengukur volume air aplikasi tiap emiter menggunakan gelas ukur dalam waktu 10 menit
 - c. Menghentikan pengoprasian pompa air setelah pengukuran selesai
- 3.3.4. Pengujian kinerja emitter
- a. Mengukur debit emitter (Q) pada tekanan (P) yang berbeda dengan selang waktu (t) selama 10 menit
 - b. Mengukur perbandingan antara tekanan (P) dan debit (Q)
- 3.3.5. Pengelolaan data
- a. Menghitung debit air yang keluar
 - b. Menghitung debit rata rata emitter dengan persamaan

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

Dimana:
 Q = Debit emiter (l/menit)
 V = Volume (l)
 T = Waktu (menit)
 - c. Setelah itu dapat diolah dengan MS. Exce

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Survei Lahan

Survei lahan merupakan suatu kegiatan observasi keadaan suatu wilayah penelitian. Kegiatan survei berlangsung pada tanggal 6 Juni 2022. Maksud dan tujuan dari kegiatan survei adalah untuk menentukan tempat atau lokasi yang akan di rencanakan sebagai lahan tanaman jagung hibrida dan juga digunakan sebagai tempat penelitian tugas akhir penulis dengan judul Unjuk Kerja Pemasangan Sistem Irigasi Tetes pada lahan terbuka (*Open Field*) survei lahan di lakukan bersama PT. Power Agro di daerah yang berada di Kawasan Kampus 4 Universitas Tarumanagara kec. Kelapa dua kab. Tangerang.



Gambar 12. Survei lahan

Tahap kegiatan survei lokasi diawali dengan mengetahui posisi sumur atau sumber air, sebagai dasar penentuan layout jaringan serta kebutuhan alat dan bahan. Kondisi kontur dan kemiringan lahan yang bervariasi di daerah sekitar kampus Tarumanagara memungkinkan terdapatnya beberapa variasi kondisi dan variasi kontur tanah pada lahan, dengan demikian perlu dilakukan survei lahan untuk mencari kondisi lahan yang dapat di jadikan tempat budidaya tanaman jagung hibrida. Setelah survei dilakukan terdapat satu lokasi yang menjadi kriteria untuk dijadikan sebagai tempat budidaya tanaman jagung hibrida



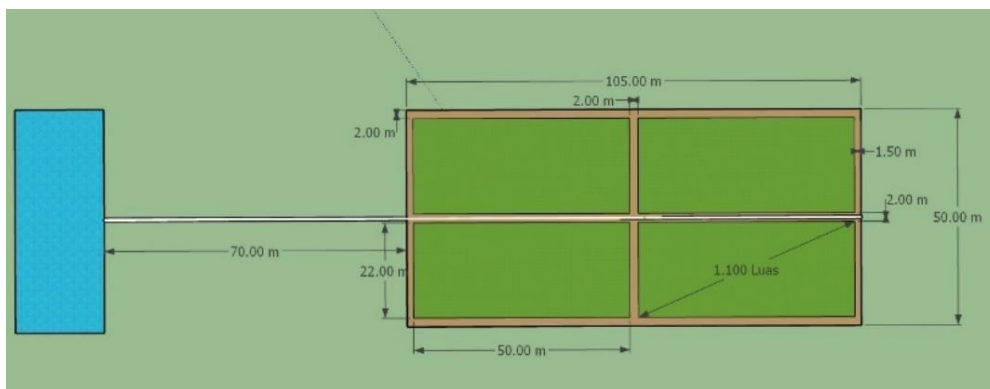
Gambar 13. Foto google earth lokasi lahan

Lokasi penelitian memiliki ukuran lahan dengan Panjang 105m dan lebar 50m lokasi penelitian dapat di lihat pada gambar yang merupakan hasil citra satelit peta lokasi penelitian dengan arsiran berwarna merah dan garis outline berwarna kuning. Lokasi penelitian ini merupakan daerah yang akan di kerjakan sebagai tempat budidaya tanaman jagung hibrida serta tempat penelitian tugas akhir penulis. Adapun beberapa faktor pemilihan lahan yang telah di survei:

- a. Dekat dengan sumber air
- b. Rata-rata kontur tanah pada lahan relatif datar
- c. Daerah lahan yang kering tidak lembab
- d. Pertumbuhan gulma yang tidak signifikan

4.2. Desain Lahan

Tahap mendesain lahan merupakan suatu tahap yang bertujuan untuk menghasilkan desain lengkap pada lahan. Hasil dari tahap ini berupa desain grafis lahan. Pada desain lahan ini didasari untuk mengetahui ukuran dan jarak lahan dengan sumber air yang akan dimanfaatkan dalam pemasangan sistem irigasi tetes.



Gambar 14. Desain ukuran lahan dan jarak sumber air

Pada gambar di atas menunjukkan suatu desain yang dimanfaatkan sebagai daya dukung lahan untuk mengetahui suatu ukuran yang akan di gunakan. ukuran lahan yang akan dimanfaatkan memiliki ukuran 105m x 50m dengan luas 5250 m² yang terbagi menjadi 4 area penanaman. Setiap area penanaman memiliki ukuran 50m x 22m dengan luas 1100 m², serta terdapat beberapa area bersih yang dimanfaatkan sebagai parit yaitu sisi kiri, kanan, dan tengah 2m, sisi depan, dan belakang 1,5m serta jarak lahan dengan sumber air 70m.

4.2.1. Desain lahan setiap area

Hasil desain lahan yang dirancang sebelumnya, terdapat suatu ukuran yang digunakan sebagai patokan untuk diolah kembali menjadi bahan acuan dalam penentuan rancang bangun pipa lateral, dan selang drip irigasi tetes. dari hasil desain lahan tersebut dapat dimanfaatkan untuk menentukan jumlah offtake dan drip irigasi tetes.



Gambar 15. Desain lahan setiap area

Ukuran lahan pada setiap area penanaman adalah 50m x 22m. hasil penentuan ukuran lahan tersebut dapat dimanfaatkan untuk menghitung jumlah drip, offtake dan Panjang selang drip irigasi pada setiap area penanaman. Desain gambar di atas terdapat 4 ukuran yang berbeda pada setiap area lahan tersebut. Pada sisi kiri di gunakan sebagai tempat selenoid valve dengan lebar 2m, jarak antar offtake 1m, sedangkan lebar lahan 22m. dari ukuran lahan tersebut dapat di tentukan jumlah selang drip irigasi yaitu:

Diketahui:

panjang lahan = 22m

lebar lahan = 50m

Area bersih = 2m

Jarak offtake = 1m

$$\text{Jumlah line drip} = \frac{\text{panjang lahan}}{\text{Jarak offtake}} - \text{Area bersih}$$

$$\text{Jumlah line drip} = \frac{22}{1} - 2$$

$$\text{Jumlah line drip} = 22 - 2$$

$$\text{Jumlah line drip} = 20$$

Dengan hasil perhitungan tersebut maka dapat diketahui jumlah selang drip yang akan terpasang sebanyak 20 selang drip. Dari setiap selang drip memiliki panjang 50m mengikuti lebar lahan tersebut. Selanjutnya yaitu untuk mengetahui jumlah emitter dari setiap satu selang drip dan total keseluruhan dengan perhitungan sebagai berikut :

Diketahui :

Jumlah selang drip = 20 Selang

Panjang selang drip = 50m

Jarak antar emiter = 0,2m

$$\text{Jumlah emiter dalam satu selang drip} = \frac{\text{panjang selang drip}}{\text{Jarak antar emiter}}$$

$$\text{Jumlah emiter dalam satu selang drip} = \frac{50}{0,2}$$

$$\text{Jumlah emiter dalam satu selang drip} = 250$$

Dari hasil perhitungan jumlah emitter dalam satu selang drip didapatkan hasil dengan jumlah emiter sebanyak 250. Kemudian, untuk mendapatkan hasil total keseluruhan emiter dalam satu area penanaman yaitu:

Diketahui:

Jumlah emitter dalam satu drip : 250

Jumlah selang drip : 20

Total keseluruhan jumlah emitter = jumlah emitter dalam satu drip x
jumlah selang drip

$$\text{Total emiter keseluruhan} = 250 \times 20$$

$$\text{Total emiter keseluruhan} = 5000$$

Total jumlah emitter dari hasil perhitungan selang drip dan jumlah emitter dalam satu drip adalah 5000 emiter dalam satu area penanaman.

4.3. Persiapan Lahan

Persiapan lahan merupakan kegiatan yang di lakukan untuk mengukur dan membersihkan area lahan yang perlu banyak membutuhkan penangan terkait pembuatan lahan pada tanaman jagung. Adapun beberapa persiapan sebelum melakukan penanaman pada lahan yaitu sebagai berikut:

4.3.1. Pemetaan lahan

Pemetaan lahan merupakan tahapan yang dilakukan untuk keperluan pengukuran. Tahap ini memerlukan meteran tanah dengan ukuran 50m untuk mengukur garis tepi pada lahan penelitian, serta memberi garis menggunakan tali dan patok sebagai penanda.



Gambar 16. Meteran tanah 50 m



Gambar 17. pemetaan lahan

4.3.2. Pengendalian gulma

Prinsip utama dalam pengendalian gulma pada budidaya tanaman adalah untuk menekan populasi gulma yang dapat merugikan tanaman. Penundaan pengendalian gulma sampai gulma berbunga akan memberikan kesempatan gulma untuk berkembangbiak dan penyebaran gulma pada lahan budidaya tanaman jagung. Pengendalian gulma yang dilakukan menggunakan dua cara yaitu dengan mekanik dan kimia. Pengendalian secara mekanik menggunakan alat tradisional seperti cangkul dan arit serta

pengendalian secara modern menggunakan mesin potong rumput untuk pengendalian secara kimia menggunakan herbisida



Gambar 18. Kondisi lahan sebelum pengendalian gulma

Gambar di atas adalah kondisi lahan sebelum proses pengendalian gulma. Kondisi gulma terlihat tumbuh di daerah lahan yang akan di jadikan tempat budidaya tanaman jagung hibrida yang di khawatirkan dapat mengganggu pertumbuhan tanaman.



Gambar 19. Penyemprotan herbisida

Gambar di atas menunjukkan pengendalian gulma secara kimiawi dengan menggunakan herbisida. Cara ini efektif dilakukan karena dapat menghemat waktu dan tenaga namun penggunaan herbisida secara terus menerus pada lahan pertanian berdampak merugikan seperti terjadinya pergeseran gulma dominan, resistensi beberapa jenis gulma, gangguan kesehatan pemakai serta keracunan pada tanaman. Herbisida yang digunakan memiliki sistem kontak yaitu herbisida yang mematikan gulma dengan cara kontak dengan gulma melalui absorpsi lewat akar maupun daun

dan akan merusak bagian gulma yang terkena langsung oleh herbisida tersebut dan tidak ditranslokasikan ke organ bagian gulma yang lain, contohnya herbisida berbahan aktif asam sulfat 70 %, besi sulfat 30 %, tembaga sulfat 40 % dan paraquat.



Gambar 20. Pengendalian gulma menggunakan cangkul

Gambar di atas menunjukkan pengendalian gulma secara mekanik dengan menggunakan cangkul yang dilakukan oleh peneliti. Adapun kegiatan pengolahan tanah, pembabatan (pemangkas) dapat juga dengan menggunakan alat modern seperti mesin potong rumput.



Gambar 21. Kondisi lahan setelah pengendalian gulma

Hasil dari pengendalian gulma pada lahan penelitian dapat di lihat dari gambar di atas bahwa gulma yang berada pada lahan tersebut telah dibersihkan dengan pengendalian gulma secara kimiawi menggunakan herbisida, serata mekanik menggunakan cangkul, dan mesin potong rumput.

4.3.3. Penggemburan tanah

Tanah merupakan suatu sistem yang dinamis, tersusun dari empat bahan utama yaitu bahan mineral, bahan organik, air dan udara. Bahan-bahan penyusun tanah tersebut berbeda komposisinya untuk setiap jenis tanah, kadar air dan perlakuan terhadap tanah. Penggemburan tanah memanfaatkan mesin cultivator yang dioperasikan di lahan penelitian. Tanah diolah satu kali pembajakan lebih untuk menghasilkan tanah yang lebih baik, serta kedalaman pengolahan tanah 25-30 cm dan lahan harus bersih dari sisa gulma.



Gambar 22. Rotari lahan



Gambar 23. Kondisi lahan setelah rotary lahan

4.4. Alat dan bahan pemasangan irigasi tetes

Dalam melakukan penelitian ada beberapa alat yang digunakan sebagai alat bantu yang dapat mempermudah serta pendukung pekerjaan dalam pemasangan irigasi tetes adalah sebagai berikut:

4.4.1. Alat

Adapun alat yang diperlukan dalam pemasangan irigasi tetes yaitu:

a. Bor tangan



Gambar 24. Bor tangan

Bor tangan digunakan untuk pengeboran pada saat pemasangan bahan yang menggunakan baja ringan yang dapat menyatukan beberapa baja ringan

b. Gerinda



Gambar 25. Gerinda

Gerinda digunakan untuk memotong benda kerja pada saat pembuatan dudukan solar panel dan box panel.

c. Gergaji besi



Gambar 26. Gergaji besi

Gergaji besi di gunakan untuk memotong bagian yang perlu di potong pada pipa PVC

d. Spidol permanen



Gambar 27. Spidol

Spidol permanen digunakan untuk menandai sesuatu yang perlu di tandai seperti garis pada benda kerja yang akan di potong dan pada ukuran benda kerja tertentu

e. Meteran tanah



Gambar 28. Meteran tanah

Meteran digunakan untuk keperluan pengukuran lahan penelitian dan sebagainya

f. Patok



Gambar 29. Patok

Patok berfungsi sebagai penyempurnaan posisi selang drip pada saat di lahan dan juga sebagai tempat pengikat dari ujung selang drip

4.4.2. Bahan

Bahan yang digunakan merupakan bahan yang telah di rencanakan dalam pembuatan jaringan irigasi tetes adapun beberapa bahan yang akan di digunakan dalam pemasangan yaitu sebagai berikut:

a. Solar pompa



Gambar 30. Solar pompa

Pompa dengan menggunakan tenaga surya / sinar matahari digunakan untuk penyedot air dari *reservoir* ke lahan penelitian

b. Solar panel



Gambar 31. Solar panel

Solar panel di gunakan sebagai pengubah tenaga sinar matahari menjadi tenaga listrik untuk dapat menghidupkan pompa air dengan kapasitas 200 WP.

c. *Box panel*



Gambar 32. Box panel

Box panel digunakan sebagai tempat pelindung untuk mikrokontroler dan MCB serta rangkaian elektronik lainnya dari hujan dan lain sebagainya.

d. MCB



Gambar 33. MCB

MCB berfungsi sebagai sistem proteksi dalam instalasi listrik bila terjadi beban lebih dan hubungan singkat arus listrik (*short circuit* atau konsleting).

e. Surge arrester



Gambar 34. Surge arrester

Berfungsi sebagai pelindung jaringan listrik dari lonjakan tegangan listrik besar dengan membelokkan tegangan tersebut ke tempat yang tepat atau grounding.

f. Pipa PVC 1 inc



Gambar 35. Pipa PVC 1 inc

Pipa PVC digunakan sebagai pipa utama dalam distribusi air dari sumber air ke lahan dan juga sebagai pipa lateral penyambung *offtake* dan selang drip irigasi tetes.

g. Selang drip irigasi tetes



Gambar 36. Selang drip irigasi tetes

Selang drip berfungsi sebagai alat penyiraman dengan cara meneteskan butiran air ke dalam perakaran tanaman. Sistem irigasi selang datar tetes garis dengan pemancar di dalam

h. *Solenoid valve*



Gambar 37. *Solenoid valve*

Merupakan katup otomatis yang dapat terbuka dan tertutup dengan system mikrokontroler

i. Filter irigasi tetes



Gambar 38. Filter irigasi tetes

berfungsi untuk filterisasi/penyaringan air sebelum menuju lahan pada saat air dari *reservoir* ke pipa utama.

j. *Offtake*



Gambar 39. Offtake

Digunakan sebagai penyambung dari pipa lateral ke selang drip yang memiliki katup manual yang dapat di buka dan ditutup sesuai kebutuhan.

k. Elbow dan sok



Gambar 40. Elbow dan sok

Berfungsi untuk menyambung kan pipa satu dengan yang lain ataupun membelokan pipa.

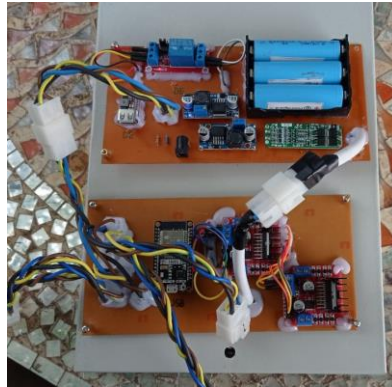
l. Lem pipa



Gambar 41. Lem pipa

Lem yang di gunakan untuk merekatkan sambungan pada pipa seperti sambungan yang menggunakan elbow dan sok.

m. Mikrokontroler



Gambar 42. Mikrokontroler

Mickrokontroler ini sebagai pusat pengendali smart irigasi tetes dan tempat kendali sensor soil moisture serta *solenoid valve*.

n. Sensor *soil moisture*



Gambar 43. Sensor *soil moisture*

Sensor *soil moisture* merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi kadar air atau kelembapan pada suatu tanah.

o. Baja ringan



Gambar 44. Baja ringan

Digunakan untuk membuat kerangka dudukan solar panel dan box panel.

p. Reng besi



Gambar 45. Reng besi

Digunakan untuk membuat siku pada kerangka agar lebih kokoh dan kuat.

q. Baut skrup



Gambar 46. Baut skrup

Digunakan untuk menggabungkan baja ringan dan reng

4.5. Teknik pemasangan irigasi tetes

Dalam penerapannya irigasi tetes di Indonesia masih terkendala oleh biaya investasi dan biaya operasi tinggi, sehingga petani Indonesia masih sulit untuk menerapkannya secara mandiri. Atas dasar itu berbagai upaya untuk membantu petani perlu dilakukan. Salah satunya dengan penerapan teknologi tepat guna yaitu Irigasi tetes, merupakan suatu sistem penyiraman dengan cara meneteskan butiran air ke bagian perakaran tanaman. Sistem ini menekankan pada keefektifan dan keefisienan irigasi pada lahan petani. Sistem irigasi tetes yang digunakan peneliti memiliki beberapa komponen penting; yaitu solar pompa, solar panel, *solenoid valve*, filter, mikrokontroler, dan sensor *soil moisture* serta pipa dan selang drip irigasi sebagai saluran primer dan sekunder. Adapun beberapa Teknik pemasangan yang dilakukan.

4.5.1. Pemasangan solar panel

Pada tahap ini berupa pemasangan solar panel dilokasi penelitian. Pemasangan solar panel ini terdiri dari pemasangan panel surya, dan pemasangan *box* panel yang berisi sekring, MCB 2 phase dan *surge arrester*. peneliti menggunakan tiga solar panel dengan spesifikasi sebagai berikut:

Model number : ST 200W-32-M

Max Power : 200W

Max Power Voltage : 18.24V

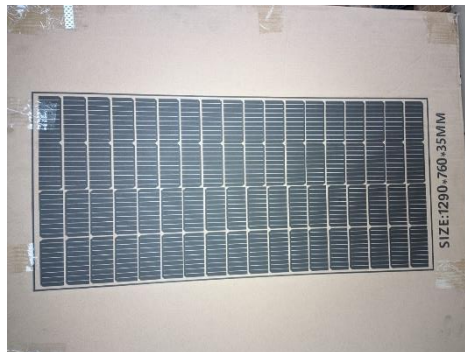
Max Power Current : 10.96A

Open-Circuit Voltage : 21.8V

Short-Circuit Voltage : 11.62A

Net Weight : 21KGS

Dengan ukuran 130cm x 76cm. kemudian, dalam pemasangan solar panel tersebut membutuhkan baja ringan yang memiliki 3 ukuran yang berbeda sebagai dudukan saat berada di lahan.



Gambar 47. Solar panel

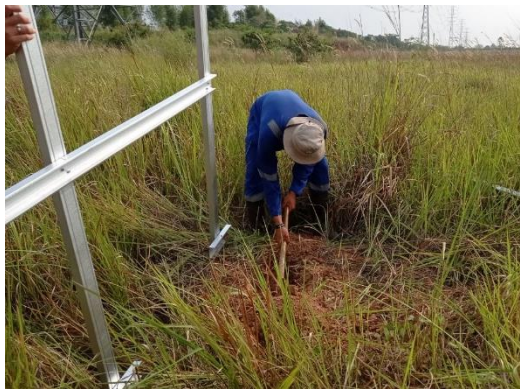
Tiga baja ringan berukuran 180cm dan 200cm serta dua baja ringan berukuran 240cm dan 246cm. Selanjutnya proses pembuatan yang dilakukan oleh peneliti dengan merancang dan membuat rangka dudukan solar panel.



Gambar 48. Ukuran baja ringan



Gambar 49. Pembentukan dudukan solar panel



Gambar 50. Pemasangan kaki-kaki dudukan solar panel

Gambar di atas menunjukkan pemasangan kaki-kaki kerangka dudukan solar panel yang di pasang dengan cara di gali dan di timbun oleh tanah. Setelah itu di lanjutkan dengan pemasangan solar panel.



Gambar 51. Pemasangan solar panel

Setelah pemasangan solar panel yang sudah di pasang di tempatnya. Selanjutnya pemasangan *box* panel.



Gambar 52. Susunan komponen pada *box* panel



Gambar 53. Hasil pemasangan solar panel

Setelah pemasangan *box* panel terhadap solar panel, pada gambar di atas menunjukkan hasil akhir dari pemasangan solar panel di lahan peneliti. Semua peralatan terlebih dahulu diuji oleh mahasiswa Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa peralatan yang akan digunakan sudah dapat bekerja dengan baik sesuai fungsi masing-masing. Selanjutnya proses pemasangan yang dilakukan oleh peneliti.

4.5.2. Pemasangan solar pompa

Solar pompa yang digunakan adalah solar pompa model SPVE9/15-D24/370 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Max. Flow : 9 M³/H

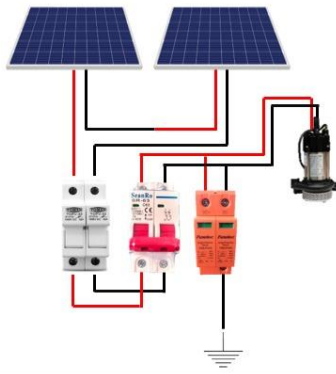
Max. Head	: 15 M
Voltage	: 24 V
Power	: 370 W
Outlet	: 1 inch
IP	: 54
Single Panel Power	: 260 W
Working Voltage	: 36 W
Connection	: 2 parallel

Hal pertama yang harus dilakukan adalah pembuatan pelampung pada pompa, karena sumber air berada di sungai. Pembuatan kerangka pelampung menggunakan baja ringan sebagai penyangga pelampung yang di buat dengan menggunakan bahan sederhana yakni sterofom bekas.



Gambar 54. Pembuatan kerangka dan pelampung

Setelah proses pembuatan kerangka, pelampung pompa dapat di pasang di bagian tengah kerangka menggunakan tali dan diikat secara kencang, kemudian pompa dapat di sambungkan dengan solar panel sebagai sumber daya pompa dan dapat di aplikasikan serta diuji coba di sungai.

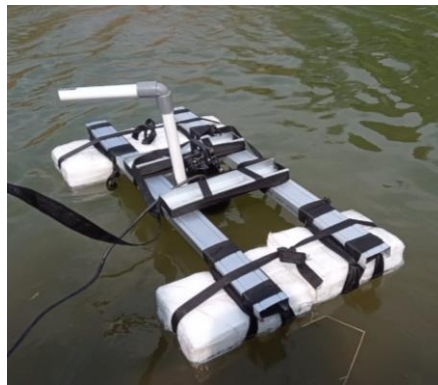


Gambar 55. Skema instalasi pompa air menggunakan solar panel

Pengujian pelampung solar pompa di lakukan untuk menguji ketahanan pada pelampung dengan menahan beban pada solar pompa yang memiliki berat 6 kg, pada gambar di bawah menunjukkan bahwa solar pompa yang telah diuji dapat berkerja dengan baik.



Gambar 56. Pengujian pompa air di sungai



Gambar 57. Solar pompa apung

Pada gambar di atas adalah hasil dari proses pembuatan pelampung yang sudah dapat di operasikan.

4.5.3. Pemasangan filter

Filter yang digunakan adalah jenis Y-disk dengan spesifikasi sebagai berikut:

Kode: DF-150-Y

Elemen Filter : Disk

Ukuran Filtrasi : 120 mesh / 125 mikron

Koneksi *Inlet / Outlet* : 1 1/2 "Ulir Pria

Permukaan Filter : 577cm²

Tekanan Maks : 8 bar

Arus Maks : 13 m³ / jam

Sambungan Limbah : Benang Pria 3/4 "

Koneksi Tekanan : 1/4 "Benang Pria

Dimensi : 287x 267, 260 mm

Berat : 1240 gr

Pemasangan filter berada pada selang utama tidak jauh dengan posisi pompa air.



Gambar 58. Filter Y- disk

4.5.4. Pemasangan pipa utama

Pipa utama menggunakan pipa PVC berukuran 1 inch dengan Panjang 124m, setiap satu pipa berukuran 4 meter, untuk Panjang pipa utama 124m membutuhkan 31 pipa.



Gambar 59. Penyambungan pipa

4.5.5. Pemasangan pipa lateral

Setelah pipa utama selesai di pasang, selanjutnya penyambungan pipa utama dengan pipa lateral menggunakan elbow, ukuran panjang pipa lateral 22m setelah itu pipa lateral dapat dilubangi menggunakan bor tangan dengan mata bor berukuran 16 untuk jarak antara offtake 100cm, paralon yang sudah di lubangi di manfaatkan sebagai tempat offtake drip irigasi.



Gambar 60. Sambungan pipa utama dengan lateral



Gambar 61. Proses melubangi pipa



Gambar 62. Mata bor



Gambar 63. Pemasangan *offtake*

4.5.6. Pemasangan *solenoid valve*

Solenoid valve merupakan katup otomatis di control oleh mikrokontroler yang sudah di rancang oleh penguji dari mahasiswa Politeknik Enjiniring Pertanian Indonesia. Pemasangan *solenoid valve* di lakukan pada pipa pembagi setelah sambungan elbow dari pipa utama.



Gambar 64. Pemasangan *solenoid valve*

Spesifikasi *solenoid valve*

Bahan	: Plastik
Jenis	: Tempat duduk ganda
Versi AC (DC)	: Tegangan 24V (15-30V), Arus Masuk 90mA,
Versi DC	: Tegangan 12-40V, Lebar Pulsa: 80-500ms
Rentang Tekanan	: 0-10bar (0-140 Psi)
Maks. Suhu Sekitar	: 60°C (140°F)

4.5.7. Pemasangan drip irigasi

Pemasangan selang drip dilakukan setelah proses pelubangan dan pemasangan *offtake* pada pipa lateral kemudian selang drip dapat di masukan ke bagian *offtake*. Selang drip yang digunakan memiliki spesifikasi sebagai berikut:

Nam produk : Drip Irrigation System

Nama merek : Chinadrip

Bahan : Plastik
Program type : Irrigation Watering Nozzle
Flow rate :1.0 - 3.0 L/H
Diameter :16 mm
MOQ :50000M
Packing : Roll
Thickness :0.2-1.2mm



Gambar 65. Pemasangan selang drip



Gambar 66. Pemasangan selang drip ke bagian *offtake*

4.5.8. Pemasangan patok

Pada tahap pemasangan patok ini merupakan kegiatan untuk penyempurnaan posisi selang drip, agar selang drip tampak rapih dan lurus di lahan serta sebagai tempat pengikat ujung selang drip irigasi.



Gambar 67. Patok pengikat ujung dari selang drip irigasi



Gambar 68. Patok penyempurna posisi selang drip



Gambar 69. Hasil dari pematokan selang drip irigasi

4.5.9. Pemasangan mikrokontroler

Pemasangan *box* panel dan mikrokontroler yang di pasang pada bagian tengah lahan serta tiang penyanggah menggunakan baja ringan. Sensor soil moisture di letakan di bagian selang drip irigasi di setiap lahan pada satu arean penanaman.

Pemasangan *box* panel di lakukan untuk menjaga mikrokontroler dari cuaca terutama pada saat hujan, mikrokontroler rentan terhadap air karena dapat membuat kerusakan pada instalasi listrik yang menyebabkan konsleting pada mikrokontroler

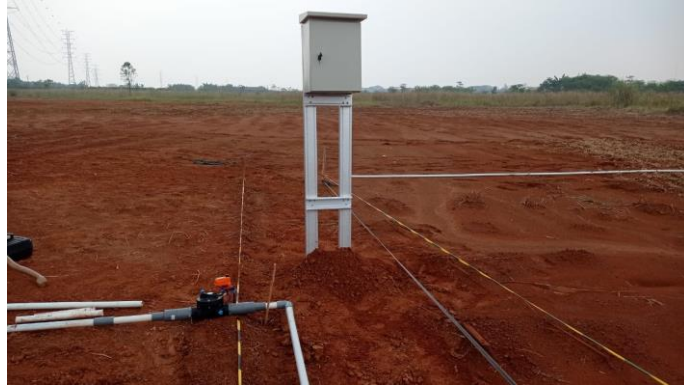


Gambar 70. Pemasangan box panel

Pada saat pemasangan mikrokontroler ke dalam *box* panel memerlukan spacer pcb agar dapat di pasang ke dalam *box* panel.



Gambar 71. pemasangan mikrokontroler



Gambar 72. Hasil pemasangan *box* panel dan mikrokontroler

Setelah pemasangan *box* panel dan mikrokontroler selanjutnya sensor dapat di gunakan dan di pasang di lahan penelitian, penempatan sensor telah di rencanakan di berbagai titik setiap area penanaman memiliki 2 sensor yang akan mendeteksi kelembapan tanah di setiap area penanaman.



Gambar 73. *Sensor soil moisture*

4.5.10. Biaya tenaga kerja

Biaya tenaga kerja meliputi lama pengerjaan setiap pemasangan irigasi tetes dan anggaran yang perlu dikeluarkan dari seluruh pemasangan irigasi tetes dalam berikut adalah table biaya tenaga kerja:

Table 2. Biaya tenaga kerja

No	Kebutuhan	Harian Kerja Pria (HKP)	HARGA HARIAN	Hari ke	Lama Kerja (Jam)	Total
1	Pemasangan solar panel	3	Rp 75,000	1	8	Rp 225,000
2	Pemasangan solar pompa	3	Rp 75,000	2	4	Rp 225,000
3	Pemasangan filter	3	Rp 75,000		1	
4	Pemasangan pipa utama	3	Rp 75,000	3	8	Rp 225,000
5	Pemasangan pipa lateral	3	Rp 75,000	4	3	Rp 225,000
7	Pemasangan drip irigasi	3	Rp 75,000		2	
8	Pemasangan patok	3	Rp 75,000		1	
9	Pemasangan Mikrokontroler	3	Rp 75,000		1	
Total Biaya Tenaga Kerja					28	Rp 900,000

Biaya yang dikeluarkan dalam pemasangan irigasi tetes berdasarkan waktu lama kerja dan jumlah tenaga kerja, yaitu Rp 900,000 dalam kurung waktu 4 hari dengan lama kerja pemasangan yang di lakukan sebanyak 28 jam.

4.6. Pengujian keseragaman emitter

Penelitian dilaksanakan pada Plot penanaman jagung hibrida di PT. Power Agro, Kecamatan kelapa dua, Kabupaten Tangerang. Data yang diperlukan dalam penelitian adalah data volume air pada 10 menit penyiraman. Alat yang digunakan dalam penelitian yaitu jaringan irigasi tetes *tipe Irrigation Watering Nozzle*, stopwatch, gelas ukur dan gelas penampung untuk pengukuran tekanan pompa dengan mengamati pressure gauge yang telah terpasang pada pipa outlet pompa.

Pengukuran debit emitter dilakukan dengan metode volumetri pada satu area penanaman. Waktu pelaksanaan pengukuran pada saat penyiraman berlangsung, dengan cara memasang 25 gelas penampung dengan 5 baris drip berbeda pada 5 titik penyiraman. Titik pengukuran dilakukan pada bagian depan baris pertama selang irigasi tetes, lalu gelas penampung dipasang pada selang di setiap tetesan emitter. Tentukan lama waktu pengukuran debit dan ukur volume air yang tertampung dalam gelas ukur selama pengukuran.

Debit emitter dihitung dengan cara membagi volume aliran yang tertampung (liter) dengan lama waktu pengukuran (detik).

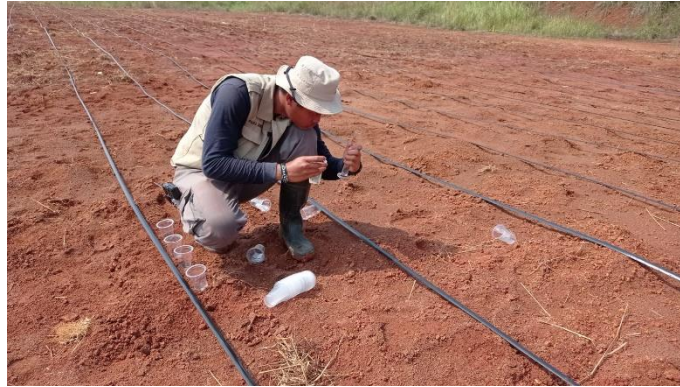
Table 3. Debit dan keseragaman distribusi emitter

DEBIT DAN KESERAGAMAN DISTRIBUSI EMITTER (%)										
Emitter ke-	Baris 1	$ X_i - \bar{X} $	Baris 2	$ X_i - \bar{X} $	Baris 3	$ X_i - \bar{X} $	Baris 4	$ X_i - \bar{X} $	Baris 5	$ X_i - \bar{X} $
1	175	4	170	2.6	175	3.4	180	8.4	160	3.6
2	177	2	172	0.6	183	4.6	169	2.6	160	3.6
3	180	1	174	1.4	174	4.4	165	6.6	155	8.6
4	185	6	175	2.4	178	0.4	169	2.6	158	5.6
5	178	1	172	0.6	182	3.6	175	3.4	185	21.4
Σ	895	14	863	7.6	892	16.4	858	23.6	818	42.8
\bar{X}	179		172.6		178.4		171.6		163.6	
$\frac{\Sigma X_i - \bar{X} }{\Sigma X_i}$	0.015642458		0.008806489		0.01838565		0.027505828		0.052322738	
$1 - \frac{\Sigma X_i - \bar{X} }{\Sigma X_i}$	0.984357542		0.991193511		0.98161435		0.972494172		0.947677262	
CU%	98%		99%		98%		97%		95%	

Keseragaman irigasi tetes dapat dikatakan seragam atau layak apabila nilai Cu lebih besar dari 90% (>90%). Nilai Cu yang rendah dapat dijadikan indikator kehilangan air melalui perkolasi sangat tinggi. Bahwa dapat disimpulkan irigasi tetes pada lahan peneliti di PT. Power Agro memiliki rata rata 97,4 %, keseragaman emitter dinyatakan layak karena nilai koefisien keseragaman irigasi (CU) Lebih dari >90%.



Gambar 74. Pengukuran debit emitter



Gambar 75. Pemindahan air dari gelas penampung ke dalam gelas ukur

4.2. Biaya investasi komponen irigasi tetes

Biaya investasi diperhitungkan dari jumlah biaya yang dikeluarkan untuk membangun jaringan irigasi tetes pada satu area penanaman di lahan penelitian berdasarkan tipe dan jenis bahan yang telah di rancang. Data biaya investasi model jaringan irigasi tetes hasil pengembangan dan perencanaan ditampilkan pada table berikut ini:

Table 4. Biaya investasi komponen irigasi tetes

NO	Komponen irigasi tetes	Jumlah barang	Satuan	Harga satuan	Jumlah harga
1	Solar pompa	1	unit	Rp 3,500,000	Rp 3,500,000
2	Solar panel	3	unit	Rp 1,250,000	Rp 3,750,000
3	Box panel	2	unit	Rp 150,000	Rp 300,000
4	MCB 2 pole	1	unit	Rp 250,000	Rp 250,000
5	Surge arrester	1	pcs	Rp 150,000	Rp 150,000
6	Pipa PVC 1 inc 4 meter	36	batang	Rp 55,000	Rp 1,980,000
7	Selang Drip	1	rol	Rp 1,260,000	Rp 1,260,000
8	Selenoid valve	1	pcs	Rp 400,000	Rp 400,000
9	Filter Y-disk	1	pcs	Rp 70,000	Rp 70,000
10	Offtake	20	pcs	Rp 10,000	Rp 200,000
11	Elbow	5	pcs	Rp 10,000	Rp 50,000
12	Sok	5	pcs	Rp 10,000	Rp 50,000
12	Lem pipa	2	kaleng	Rp 60,000	Rp 120,000
13	Sensor soil moisture	2	unit	Rp 11,000	Rp 22,000
14	Baja ringan	5	batang	Rp 100,000	Rp 500,000
15	Reng besi	4	batang	Rp 33,000	Rp 132,000
Total Biaya Investasi Komponen Irigasi					Rp 12,734,000

Data di atas menunjukkan bahwa perencanaan peralatan anggaran yang di butuhkan dalam pemasangan sistem irigasi tetes pada satu area penanaman adalah Rp 12,734,000

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan kegiatan penelitian yang dilaksanakan peneliti di PT. Power Agro Kecamatan kelapa dua, Kabupaten Tangerang pada 6 Juli 2022 – 18 Juni 2022 yang membahas tentang unjuk kerja pemasangan sistem irigasi tetes pada lahan terbuka (*open field*) dari hasil pembahasan yang peneliti lakukan dalam pemasangan sistem irigasi tetes di PT. Power Agro, bahwa setiap pemasangan pada setiap lahan perlu di rancang sesuai keadaan di lapangan karena setiap lahan memiliki karakteristik yang berbeda. Kesimpulan yang dapat di ambil dari penelitian yang sudah di lakukan.

1. Desain lahan yang telah di rancang peneliti memiliki ukuran 105m x 50m dengan luas 5250 m² yang di bagi menjadi 4 area penanaman memiliki ukuran 50m x 22m dengan luas 1100 m² dan dalam 1 area penanaman memiliki 20 selang drip dengan Panjang 50m setiap satu selang drip irigasi memiliki 250 emiter. Total keseluruhan jumlah emiter adalah 5000 lubang.
2. Beberapa komponen irigasi tetes yang peneliti gunakan yaitu solar pompa, solar panel, *solenoid valve*, filter, mikrokontroler, dan sensor *soil moisture* serta pipa dan selang drip irigasi sebagai saluran primer dan sekunder.
3. Pengujian kelayakan koefisien keseragaman irigasi (CU) pada selang drip irigasi pada emiter memiliki rata rata 97,4 %, keseragaman emiter dinyatakan layak karena nilai koefisien keseragaman irigasi (CU) Lebih dari >90%.

5.2. Saran

1. Dalam melakukan pemasangan irigasi tetes ada beberapa hal yang harus di perhatikan yaitu rancangan dan pemasangan Perlu adanya analisis pendahuluan mengenai penggunaan komponen irigasi tetes agar tidak terjadi *head loss* pada sistem yang menyebabkan keseragaman penyebaran menjadi tidak optimal.

2. Perlu adanya pengecekan dan pembersihan berkala pada filter untuk mengurangi terjadinya penyumbatan.
3. Perlu adanya fertigasi pada sistem irigasi tetes karena pemupukan dapat dilakukan bersama-sama dengan aplikasi pengairan. Teknik fertigasi sangat cocok diterapkan dalam budidaya tanaman di daerah dengan jumlah air yang terbatas, karena jumlah air yang digunakan dalam teknik fertigasi dapat diatur.

DAFTAR PUSTAKA

- Agromedia, R. 2007. *Budi Daya Jagung Hibrida*. Jakarta: AgroMedia.
- Ardiansah, I., Putri, S. H., Wibawa, A. Y., dan Rahmah, D. M. 2018. Optimalisasi Ketersediaan Air Tanaman dengan Sistem Otomasi Irigasi Tetes Berbasis Arduino Uno dan Nilai Kelembaban Tanah. *Ultimatics: Jurnal Teknik Informatika*, 10(2), 78-84.
- Deden. S., 2019. Mengenal berbagai macam jenis irigasi pertanian <http://cybex.pertanian.go.id/>. [Diunduh] 29 Juni 2022
- Efendy, J., dan Hutapea, Y. 2010. Analisis adopsi inovasi teknologi pertanian berbasis padi di Sumatera Selatan dalam perspektif komunikasi. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 13(2).
- Idrus, M., Velthuzend, A., Kuswadi, D., Suprpto, S., dan Darmaputra, I. G. 2018. Kinerja Irigasi Tetes Tipe Emiter Aries pada Tanaman Pisang Cavendhis di PT Nusantara Tropical Farm. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 18(1), 33-38.
- Kusmali, M., Munir, A., dan Faridah, S. N. 2015. Aplikasi Irigasi Tetes Pada Tanaman Cabe Merah Di Kabupaten Enrekang. *Jurnal Agritechno*, 140-148.
- Mada, G. S., Delvion, E. B. S., dan Dethan, N. K. F. 2021. Pendampingan Penerapan Teknologi Jaringan Irigasi Tetes Pada Kelompok Tani Mutis Cemerlang Desa Noepesu Kecamatan Miomaffo Barat. *Jurnal Pasopati: Pengabdian Masyarakat dan Inovasi Pengembangan Teknologi*, 3(4).
- Muanah, M., Karyanik, K., dan Romansyah, E. 2020. Rancang Bangun dan Uji Kinerja Penerapan Teknik Irigasi Tetes Pada Lahan Kering. *Jurnal Agrotek Ummat*, 7(2), 103-109.
- Putra, B., & Ressie, M. L. 2016. Mengoperasikan dan Memelihara Pompa Air Irigasi.
- Puspitasari, K., Sebayang, H. T., & Guritno, B. 2013. Pengaruh Aplikasi Herbisida Ametrin Dan 2, 4-D Dalam Mengendalikan Gulma Tanaman Tebu (*Saccharum Officinarum L.*) The Effect Of Herbicide Ametrin And 2, 4-D Application In Weed Control Of Sugar Cane (*Saccharum Officinarum L.*). *Jurnal Produksi Tanaman*, 1(2), 72-80.
- Ridwan, D. 2013. Model jaringan irigasi tetes berbasis bahan lokal untuk pertanian lahan sempit. *Jurnal Irigasi*, 8(2), 90-98.
- Samsugi, S., Mardiyansyah, Z., dan Nurkholis, A. 2020. Sistem Pengontrol Irigasi Otomatis Menggunakan Mikrokontroler Arduino UNO. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Tertanam*, 1(1), 17-22.

- Sapei, A. 2006. *Irigasi Tetes*. Bogor: Bagian Teknik Tanah dan Air Departemen Teknik Pertanian FATETA Institut Pertanian Bogor
- Setiawan, B. 2019. Pengaruh Intensitas Pengolahan Tanah Dengan Bajak Rotary Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Bawang Merah (Doctoral dissertation, Universitas Mercu Buana Yogyakarta).
- Syamsiar, M. D., Rivai, M., dan Suwito, S. 2016. Rancang bangun sistem irigasi tanaman otomatis menggunakan wireless sensor network. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), A261-A266.
- Tnunay, O., dan Kaunang, S. 2019. Analisis Pendapatan Pada Usahatani Jagung Dengan Irigasi Tetes (Studi Kasus) Di Laboratorium Lapangan Terpadu Lahan Kering Kepulauan (Ltlkk) Universitas Nusa Cendana Kota Kupang. *Jurnal Excellentia*, 8(1), 79-89.
- Tusi, A., dan Lanya, B. 2016. Rancangan irigasi sprinkler portable tanaman pakchoy. *Jurnal Irigasi*, 11(1), 43-54.
- Yanto, H., Tusi, A., dan Triyono, S. 2014. Aplikasi sistem irigasi tetes pada tanaman kembang kol (*Brassica Oleracea Var. Botrytis L. Subvar. Cauliflora DC*) dalam green house. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. 3(2): 141-154.