

**PERBANDINGAN ENERGI LISTRIK ANTARA
MESIN POMPA AIR BERBASIS TIMER DAN
SENSOR KELEMBABAN TANAH**

Skripsi

Oleh :

**Akmal Birri
NIM. 160211033**



**FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
DARUSSALAM-BANDAACEH
2023 M/1444 H**

PENGESAHAN PEMBIMBING

PERBANDINGAN ENERGI LISTRIK ANTARA MESIN POMPA AIR BERBASIS TIMER DAN SENSOR KELEMBABAN TANAH

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana (S1) Prodi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

AKMAL BIRRI
NIM. 160211033

Mahasiswi Prodi Pendidikan Teknik Elektro
Fakultas Tarbiyah dan Keguruan


Disetujui/Disahkan

Pembimbing I

Pembimbing II



Hari Anna Lastya, M.T.
NIP. 198704302015032005



Mursyidin, M.T
NIDN. 0105048203

PENGESAHAN SIDANG

PERBANDINGAN ENERGI LISTRIK ANTARA MESIN POMPA AIR BERBASIS TIMER DAN SENSOR KELEMBABAN TANAH

SKRIPSI

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Prodi Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Tarbiyah dan Keguruan
UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus Serta Diterima sebagai
Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1) dalam Ilmu
Pendidikan Teknik Elektro

Pada Hari/Tanggal: 8 Agustus 2023 M
21 Muharram 1444 H

Tim Penguji

Ketua



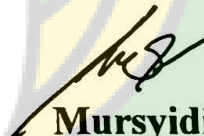
Hari Anna Lastya, M.T
NIP. 198704302015032005

Penguji I



Baihaqi, M.T.
NIP. 198802212022031001

Sekretaris



Mursyidin, M.T
NIDN. 0105048203

Penguji II



Muhammad Ikhsan, M.T.
NIDN. 2023108602

Mengetahui:

Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry
Darussalam, Banda Aceh



Prof. Saifuddin Zuhri, S.Ag., M.A., M.Ed., Ph.D.
NIP. 197301021997031003

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Akmal Birri
Nomor Induk : 160211033
Tempat/ Tgl. Lahir : Tanjong / 06-10-1998
Alamat : Desa Tanjong Kecamatan Lhoknga Kabupaten Aceh Besar
Nomor HP : 085323108741

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggung jawabkan.;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;


Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan dan ternyata ditemukan bukti bahwa nama saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan keadaan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 03 Agustus 2023

Yang Menyatakan,




Akmal Birri

ABSTRAK

Nama : Akmal Birri
NIM : 160211033
Fakultas/Prodi : Tarbiyah dan Keguruan / Pendidikan Teknik Elektro
Judul : Perbandingan Energi Listrik Antara Mesin Pompa Air Berbasis Timer Dan Sensor Kelembaban Tanah
Jumlah Halaman : 64 Halaman
Pembimbing I : Hari Anna Lastya, M.T
Pembimbing II : Mursyiddin, M.T
Kata Kunci : Energi Listrik, Mesin Pompa Air, Timer, Sensor Kelembaban Tanah

Proses penyiraman pada perkebunan merupakan aktivitas kunci untuk keberlangsungan hidup tanaman diperkebunan, pada aplikasinya pada perkebunan skala besar memerlukan alat dan mesin yang lebih besar untuk dapat menjangkau penyiraman secara merata, timer menjadi salah satu pilihan petani untuk menjadwalkan mesin pompa air otomatis dalam melakukan penyiraman dan menghemat tenaga kerja. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan konsumsi energi listrik dari mesin pompa air yang dikendalikan dengan menggunakan timer dan sensor kelembaban tanah untuk penyiraman kebun durian. Selain alat timer yang sudah tersedia penelitian ini juga merancang suatu alat sensor kelembaban tanah yang dapat mengontrol sistem kerja mesin pompa air secara otomatis berdasarkan nilai kelembaban tanah yang ditentukan. Metode penelitian yang dilakukan bersifat kuantitatif dengan menampilkan hasil perbandingan energi berupa angka dari data total energi dari alat bantu watt meter. Hasil penelitian ini menunjukkan hasil perbedaan yang signifikan, penggunaan timer menghasilkan energi listrik yang lebih tinggi dengan rata rata konsumsi energi 0.334 kWh, daripada sensor kelembaban tanah dan sensor kelembaban tanah dengan konsumsi energi 0.132 kWh.

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, Puji beserta Syukur saya ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberi rahmat serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat dan salam semoga tetap tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga dan sahabat. Penulisan skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk lulus skripsi pada program Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh, judul yang diajukan adalah **“Perbandingan Energi Listrik Antara Mesin Pompa Air Berbasis Timer Dan Sensor Kelembaban Tanah”**.

Proses penyusunan skripsi ini tidak lepas dari berbagai hambatan dan kesulitan mulai dari penentuan judul hingga proses penulisan. Namun dengan penuh semangat dan kerja keras serta ketekunan sebagai mahasiswa, Alhamdulillah akhirnya skripsi ini dapat terealisasikan. Dalam menyusun dan penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan ini tidak lupa juga penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberi rahmat dan hidayah serta kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini.
2. Terimakasih kepada kedua orang tua saya yang telah tiada, Bapak Sulaiman AB dan Mama saya Musafna AR. Yang telah mendoakan dari dulu hingga sampai diakhir umurnya.
3. Terima kasih kepada bapak Prof. Safrul Muluk, MA, M, Ed., Ph.D (Dekan Fakultas Tarbiyah dan Keguruan UIN Ar-Raniry), dan Ibu Hari Anna Lastya, M.T (Ketua Prodi Pendidikan Teknik Elektro).

4. Terima kasih Kepada Ibu Hari Anna Lastya M.T selaku Pembimbing I bapak Mursyidin, M.T selaku Pembimbing II yang telah meluangkan waktunya, tenaganya, dan juga telah mencurahkan pemikirannya dalam membimbing penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.
5. Terima kasih kepada Ibu Hari Anna Lastya M.T. selaku dosen pembimbing akademik.
6. Terima kepada Said Haris Munandar dan kawan-kawan yang telah membantu saya dalam menyelesaikan tugas akhir skripsi ini.
7. Terima kasih kepada Khairunisak dan Mawaddah juga keluarga saya yang selalu mendukung penulis selama penulisan skripsi ini berlangsung. Serta tidak lupa juga penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh kawan dan sahabat baik dari leting 2016, 2017, 2018 dan 2019.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini memiliki banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang dapat dijadikan masukan bagi penulis guna perbaikan di masa yang akan datang. Semoga Allah SWT meridhai penulis dan senantiasa memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Amin Amin yaa rabbal 'alamin.

Banda Aceh, 03 Agustus 2023

Penulis,

Akmal Birri

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPEL JUDUL	
PENGESAHAN PEMBIMBING	
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
BAB 1: PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	3
E. Definisi Operasional	4
BAB II: LANDASAN TEORITIS	6
A. Energi Listrik.....	6
B. Mesin Pompa Air Otomatis	9
C. Mesin Pompa Air Menggunakan Sensor Kelembaban.....	21
D. Penelitian yang Relevan	22
BAB III: METODE PENELITIAN.....	36
A. Rancangan Penelitian	42
B. Persiapan Alat dan Bahan.....	44
C. Instrumen Penelitian.....	47
D. Teknik Pengumpulan Analisis Data.....	49
E. Analisis data.....	49
BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	50
A. Hasil Penelitian	50
1. Hasil Pengujian Menggunakan Timer	51
2. Hasil Pengujian Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah.....	56
B. Hasil Perbandingan Penggunaan Energi.....	59
BAB V: KESIMPULAN DAN SARAN 61	
A. Kesimpulan	61
B. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1: Kisi Pengujian Menggunakan Timer	48
Tabel 3.2: Kisi Pengujian Menggunakan Sensor Kelembaban.....	48
Tabel 4.1: Ketentuan Kelembaban Tanah.....	51
Tabel 4.2: Hasil Pengujian Menggunakan Timer	53
Tabel 4.3: Hasil Pengujian Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah.....	57
Tabel 4.4: Total Perbandingan Energi Yang Dihasilkan	60



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Cara Kerja Pompa Air.....	11
Gambar 2.2 : Pompa Sistem Rotari	12
Gambar 2.3 : Pompa Sitem Sentrifugal	13
Gambar 2.4 : Konstruksi pompa air	20
Gambar 2.5 : <i>Sensor Soil Moisture</i> Kapasitif	22
Gambar 2.6 : <i>Sensor Soil Moisture</i> Resistif	24
Gambar 2.7 : Modul Esp32	26
Gambar 2.8 : Modul Esp8266	28
Gambar 2.9 : Modul Relay	30
Gambar 2.10 : Watt Meter	34
Gambar 3.1 : Diagram Alur Penelitian	43
Gambar 3.2 : Skematik Rangkaian Alat	45
Gambar 3.3 : Diagram Alur Kerja Alat	47
Gambar 4.1 : Kebun Durian	50
Gambar 4.2 : Mesin Timer	52
Gambar 4.3 : Mesin Pompa Air	52
Gambar 4.4 : Watt Meter	53
Gambar 4.5 : Pengujian Hari I Menggunakan Timer	54
Gambar 4.6 : Pengujian Hari II Menggunakan Timer	54
Gambar 4.7 : Pengujian Hari III Menggunakan Timer	55
Gambar 4.8 : Penyiraman Kebun Durian Menggunakan Timer	55
Gambar 4.9 : Hasil desain Akhir Sensor Kelembaban Tanah	56
Gambar 4.10 : Pengujian Hari I Sensor Kelembaban.....	58
Gambar 4.11 : Pengujian Hari II Sensor Kelembaban.....	58
Gambar 4.12 : Pengujian Menggunakan Sensor Kelembaban.....	59

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pentingnya penghematan energi listrik dalam berbagai aspek, terutama dalam industri dan pertanian. Dalam industri, penghematan energi listrik sangat penting karena dapat mengurangi biaya produksi dan meningkatkan profitabilitas perusahaan. Dalam pertanian, penghematan energi listrik sangat penting karena dapat membantu memenuhi kebutuhan air tanaman secara efisien dan hemat energi.

Mesin pompa air adalah salah satu peralatan yang sering digunakan dalam industri dan pertanian untuk mengalirkan air dari sumber air ke lokasi yang dibutuhkan. Dalam industri, mesin pompa air sering digunakan untuk memindahkan bahan baku atau produk jadi dari satu lokasi ke lokasi lain. Dalam pertanian, mesin pompa air sering digunakan untuk memasok air ke lahan pertanian untuk memenuhi kebutuhan air tanaman.

Mesin pompa air otomatis adalah mesin pompa air yang mengatur aliran air berdasarkan pengaturan waktu yang ditentukan sebelumnya. Mesin pompa air ini memiliki kelebihan yaitu mudah digunakan dan memiliki pengaturan waktu yang presisi. Namun, mesin pompa air ini juga memiliki kekurangan yaitu membutuhkan energi listrik secara terus-menerus selama periode pengairan dan tidak dapat menghemat energi listrik saat tidak ada kebutuhan air.

Mesin pompa air menggunakan sensor kelembaban tanah adalah mesin pompa air yang mengatur aliran air berdasarkan tingkat kelembaban tanah. Mesin pompa air ini memiliki kelebihan yaitu dapat menghemat energi listrik karena

hanya menyalakan saat kelembaban tanah rendah. Mesin pompa air ini juga memiliki keunggulan lain yaitu dapat memastikan bahwa tanaman menerima cukup air untuk pertumbuhan yang baik. Namun, mesin pompa air ini juga memiliki beberapa kekurangan seperti membutuhkan biaya tambahan untuk sensor kelembaban tanah dan mungkin memerlukan pemeliharaan yang lebih sering.

Ketidaksesuaian pada penerapan mesin pompa otomatis dengan timer pada penyiraman kebun, Berdasarkan waktu hidup yang tidak bisa disesuaikan dengan keadaan kelembaban tanah menjadikannya lebih besar penggunaan energi yang sia – sia. Berdasarkan hal-hal tersebut, latar belakang penelitian ini adalah untuk membandingkan energi listrik antara mesin pompa air otomatis dan mesin pompa air menggunakan sensor kelembaban tanah. Penelitian ini akan membahas perbedaan energi listrik antara kedua mesin pompa air dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Hasil dari penelitian ini akan berguna bagi para pengambil keputusan dalam industri dan pertanian untuk memilih mesin pompa air yang paling rendah dalam hal pemakaian energi listrik dan memenuhi kebutuhan air tanaman. Penelitian ini juga akan membantu memahami bagaimana pengaturan waktu dan sensor kelembaban tanah mempengaruhi energi listrik pada mesin pompa air. Ini akan membantu memperbaiki desain mesin pompa air dan membuat mesin pompa air yang lebih efisien dalam hal pemakaian energi listrik.

Pada penelitian ini, peneliti akan fokus pada **“Perbandingan Energi Listrik Antara Mesin Pompa Air Berbasis Timer Dan Sensor Kelembaban Tanah”** penelitian ini hanya dilakukan dengan tahap kajian dasar mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi energi listrik, mengobservasi, serta melakukan

uji coba lapangan terkait dengan penggunaan mesin pompa air dan menganalisis data yang diperoleh.

B. Rumusan Masalah

Bedasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, penulis mengidentifikasi pokok pokok permasalahan yang dirumuskan yaitu

1. Bagaimana hasil penggunaan energi listrik pada mesin pompa air berbasis timer dan mesin pompa air menggunakan sensor kelembaban tanah?
2. Bagaimana perbandingan energi listrik antara mesin pompa air berbasis timer dan mesin pompa air menggunakan sensor kelembaban tanah?

C. Tujuan Penelitian

Bedasarkan latar belakang yang diuraikan diatas, penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mendapatkan hasil penggunaan energi listrik pada mesin pompa air berbasis timer dan mesin pompa air menggunakan sensor kelembaban tanah dan bagaimana pengaruhnya terhadap energi listrik.
2. Melihat hasil perbandingan energi listrik antara mesin pompa air berbasis timer dan mesin pompa air menggunakan sensor kelembaban tanah.

D. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat yang berguna bagi berbagai pihak, antara lain:

1. Manfaat Teoritis

Manfaat secara teoritis dari penelitian ini adalah dapat digunakan untuk mengetahui dan memahami prinsip kerja dari komponen yang terdapat pada Alat

Penyiram berbasis timer dan yang menggunakan sensor kelembaban tanah.

2. Manfaat Praktis

a. Bagi Peneliti

Penelitian ini memberikan manfaat bagi peneliti dalam menyelesaikan permasalahan dalam perbandingan yang ada alat penyiraman berbasis timer dan penyiram otomatis menggunakan sensor kelembaban tanah.

b. Bagi Petani

Dapat memberikan informasi yang berguna bagi para pengambil keputusan dalam industri dan pertanian untuk memilih mesin pompa air yang paling efisien dalam hal pemakaian energi listrik dan memenuhi kebutuhan air tanaman. mengetahui solusi terbaik bagi peningkatan efisiensi energi listrik pada mesin pompa air untuk kebutuhan air tanaman.

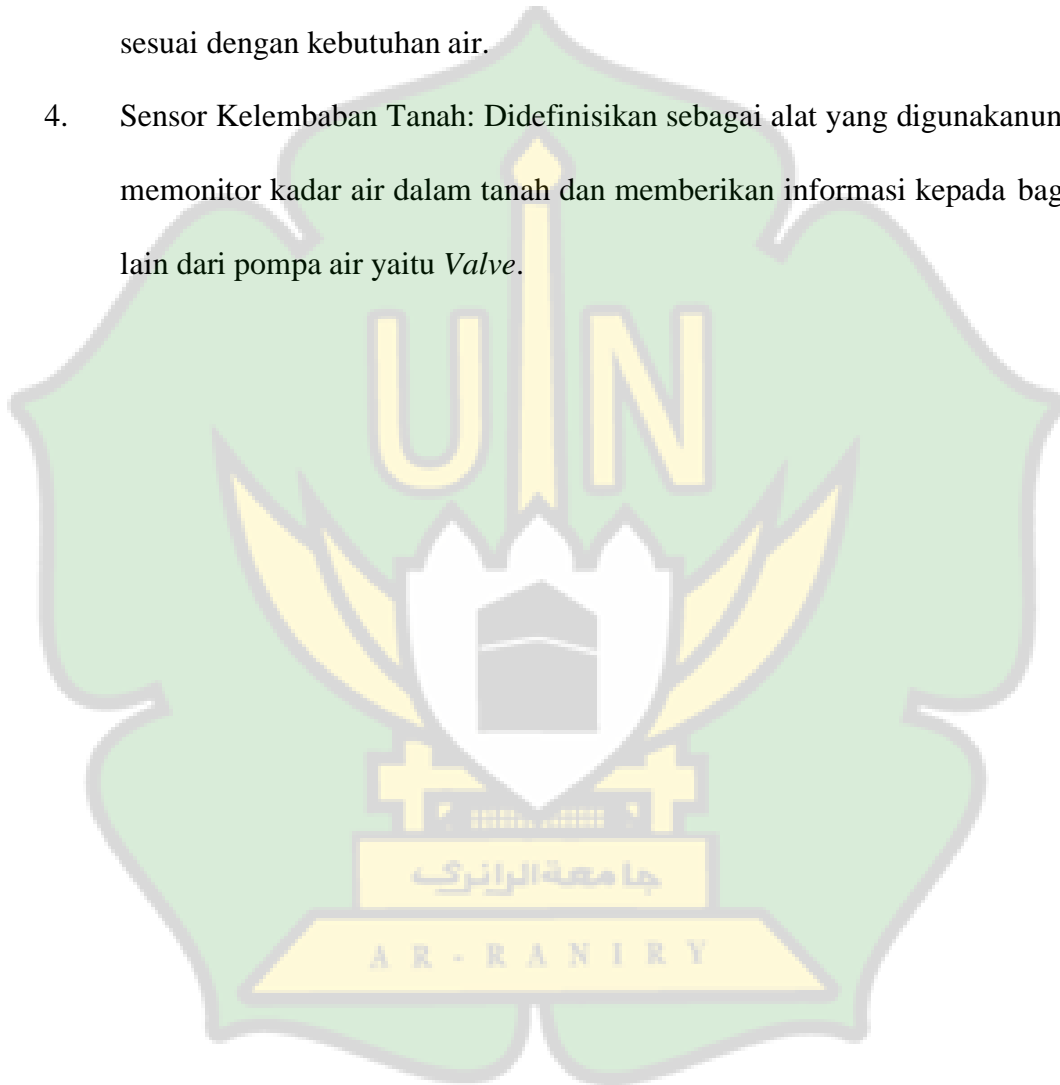
E. Definisi Operasional

Setiap istilah tentu mengandung suatu pengertian tertentu, namun sering kali salah menafsirkan terhadap istilah tersebut. Guna mencegah salah pengertian tersebut, penulis perlu memberi empat pengertian dan pembatasan atas istilah-istilah yang digunakan dalam penelitian ini, agar lingkup pembahasan diketahui dengan jelas. Istilah-istilah yang dijelaskan pengertiannya adalah:

1. Energi Listrik: Bisa diukur sebagai rasio antara daya yang digunakan oleh mesin pompa air dalam memompa air dan daya yang diambil dari sumber listrik.
2. Mesin Pompa air berbasis timer: Didefinisikan sebagai mesin pompa air yang memiliki kontrol otomatis untuk mengaktifkan dan mematikan pompa air

sesuai dengan kebutuhan air.

3. Mesin Pompa air menggunakan Sensor Kelembaban Tanah: Didefinisikan sebagai mesin pompa air yang memiliki sensor kelembaban tanah untuk memonitor kondisi tanah dan mengaktifkan atau mematikan pompa air sesuai dengan kebutuhan air.
4. Sensor Kelembaban Tanah: Didefinisikan sebagai alat yang digunakan untuk memonitor kadar air dalam tanah dan memberikan informasi kepada bagian lain dari pompa air yaitu *Valve*.



BAB II

LANDASAN TEORITIS

A. Energi Listrik

Energi listrik adalah bentuk energi yang dihasilkan oleh aliran elektron melalui suatu konduktor, seperti kabel listrik. Ini adalah bentuk energi yang paling umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari untuk menghasilkan tenaga listrik yang digunakan untuk penerangan, pemanasan, pengoperasian peralatan elektronik, dan banyak lagi.

Energi listrik dapat dihasilkan dari berbagai sumber, termasuk pembangkit listrik tenaga fosil (seperti batu bara, minyak, dan gas alam), pembangkit listrik tenaga nuklir, pembangkit listrik tenaga air, energi surya, energi angin, dan energi biomassa.

Pada dasarnya, energi listrik merupakan bentuk energi yang dapat diubah menjadi berbagai bentuk energi lainnya, seperti energi cahaya, energi panas, energi mekanik, atau energi kimia, melalui penggunaan peralatan atau alat yang sesuai. Untuk mengukur dan menghitung energi listrik yang digunakan, digunakan satuan kilowatt-hour (kWh). Satu kilowatt-jam setara dengan daya 1 kilowatt yang digunakan selama satu jam. Menghemat energi listrik merupakan melakukan efisiensi energi listrik.¹

Energi listrik memiliki peran yang sangat penting dalam kehidupan modern, namun penggunaannya juga mempengaruhi sumber daya alam dan lingkungan. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan efisiensi energi,

¹ Setya, A. N., & Agung, A. I. (2017). Efisiensi Energi Listrik Dalam Upaya Meningkatkan Power Quality dan Penghematan Energi Listrik di Gedung Universitas Ciputra (UC) Apartment Surabaya. *Jurusan Teknik Elektro*, 6(03), 193-202.

penggunaan energi terbarukan, dan upaya konservasi energi guna menjaga keberlanjutan dan melindungi lingkungan. Seperti banyak ilmuwan dalam penelitiannya menyatakan bahwa salah satu energi yang sangat penting untuk keberlangsungan hidup adalah sumber energi listrik²

Energi listrik merupakan bentuk energi yang dihasilkan dari pergerakan partikel bermuatan listrik, seperti elektron, dalam suatu rangkaian listrik. Energi listrik ini dapat diubah menjadi berbagai bentuk energi lainnya, seperti energi cahaya, energi panas, energi mekanik, dan sebagainya.

Beberapa karakteristik penting dari energi listrik adalah sebagai berikut:

- a. Beragam sumber: Energi listrik dapat dihasilkan dari berbagai sumber, baik yang terbarukan maupun non-terbarukan. Sumber terbarukan meliputi tenaga surya, tenaga angin, tenaga air, biomassa, dan lain-lain. Sedangkan sumber non-terbarukan meliputi batu bara, minyak bumi, gas alam, dan sebagainya.
- b. Mudah diatur dan dialirkan: Salah satu keunggulan energi listrik adalah mudah diatur dan dialirkan melalui kabel dan saluran listrik. Hal ini memungkinkan distribusi energi listrik dari pembangkit listrik ke berbagai lokasi pengguna dengan efisien.
- c. lokasi yang efisien dan kemudian dipasok ke berbagai area yang membutuhkan energi.
- d. Bersih dan ramah lingkungan (bila dari sumber terbarukan): Energi listrik dari sumber-sumber terbarukan seperti tenaga surya dan tenaga angin

² Prastuti, O. P. (2017). Pengaruh Komposisi Air Laut dan Pasir Laut Sebagai Sumber Energi Listrik. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 1(1), 35-41.

merupakan energi bersih dan ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi gas rumah kaca atau polusi udara seperti pembakaran bahan bakar fosil.

- e. **Fleksibilitas penggunaan:** Energi listrik memiliki fleksibilitas dalam penggunaannya. Dapat digunakan untuk berbagai keperluan, mulai dari penerangan, pengoperasian perangkat elektronik, sistem transportasi seperti mobil listrik, hingga aplikasi industri dan produksi.
- f. **Kecepatan dan efisiensi:** Energi listrik memiliki kecepatan yang sangat tinggi, sehingga dapat digunakan dalam berbagai aplikasi yang membutuhkan reaksi instan, seperti sistem kontrol dan komunikasi. Selain itu, transformasi energi dari satu bentuk ke bentuk lainnya (misalnya dari energi listrik menjadi energi cahaya pada lampu) umumnya memiliki efisiensi yang tinggi.

Penggunaan energi listrik yang bijaksana dan efisien sangat penting untuk menjaga keberlanjutan lingkungan dan mengurangi dampak negatif perubahan iklim. Dengan memanfaatkan sumber energi terbarukan dan menerapkan teknologi yang lebih efisien, kita dapat memanfaatkan energi listrik secara berkelanjutan dan berkontribusi pada pelestarian lingkungan untuk generasi mendatang.

B. Mesin Pompa Air Otomatis

1. Pengertian Pompa Air

Pompa adalah salah satu mesin fluida yang termasuk dalam golongan mesin kerja. Pompa berfungsi untuk merubah energi mekanis (kerja putar poros) menjadi energi fluida dan tekanan. Suatu pompa sentrifugal pada dasarnya terdiri dari satu impeler atau lebih yang dilengkapi dengan sudu, yang dipasangkan pada poros yang berputar dan diselubungi oleh sebuah rumah (*casing*). Fluida memasuki impeler secara aksial di dekat poros dan mempunyai energi potensial, yang diberikan padanya oleh sudu. Begitu fluida meninggalkan impeler pada kecepatan yang relatif tinggi, fluida itu dikumpulkan didalam '*volute*' atau suatu seri luan *diffuser* yang mentransformasikan energi kinetik menjadi tekanan. Ini tentu saja diikuti oleh pengurangan kecepatan. Sesudah konversi diselesaikan, fluida kemudian dikeluarkan dari mesin tersebut.³

Mesin pompa air adalah perangkat mekanis yang digunakan untuk mengalirkan air dari satu tempat ke tempat lain. Pompa air bekerja dengan prinsip untuk menggerakkan air dari lokasi dengan tekanan rendah ke lokasi dengan tekanan lebih tinggi. Pompa air dapat digunakan untuk berbagai tujuan, termasuk pengiriman air bersih ke rumah tangga, irigasi pertanian, penyediaan air untuk industri, mengalirkan air dari sumur atau sumur bor, dan berbagai aplikasi lainnya. Berikut adalah beberapa komponen utama dalam mesin pompa air:

- a. Motor: Mesin pompa air biasanya dilengkapi dengan motor listrik atau mesin pembakaran internal yang berfungsi untuk menggerakkan pompa.

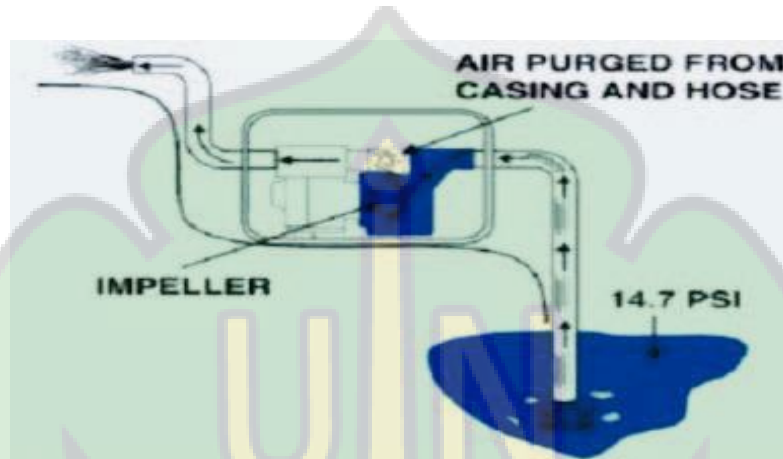
³ Chuch, *Pompa Air*, Jurnal Ilmiah Volume 2 Nomor 5, (2006), h. 12.

- b. Pompa: Ini adalah komponen inti mesin pompa air yang bertugas untuk menaikkan tekanan dan memindahkan air dari satu tempat ke tempat lain. Pompa ini bisa berupa pompa sentrifugal, pompa *submersible*, pompa jet, atau jenis pompa lainnya, tergantung pada aplikasi dan kebutuhan.
- c. *Impeller*: Bagian dalam pompa yang bertugas menggerakkan air dengan cara memutar dan menciptakan aliran air.
- d. Saluran masuk dan keluar: Saluran masuk (*inlet*) digunakan untuk menghisap air dari sumber, sementara saluran keluar (*outlet*) digunakan untuk memancarkan air yang telah dipompa ke tujuan yang dituju.
- e. Katup: Katup digunakan untuk mengatur arah aliran air dan mencegah air mengalir kembali ke dalam pompa setelah dipompa keluar.
- f. Rangkaian listrik dan pengendali: Untuk mesin pompa air dengan motor listrik, rangkaian listrik dan pengendali berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan pompa serta mengontrol operasi pompa sesuai kebutuhan.

Mesin pompa air sangat penting dalam memudahkan akses air bersih dan memenuhi kebutuhan air dalam berbagai sektor kehidupan. Pompa air adalah suatu peralatan mesin yang digunakan untuk memindahkan suatu cairan (Fluida) dari suatu tempat ketempat yang lain melalui media pipa dengan cara mendorong fluida langsung secara mekanik melalui saluran pipa atau merubah energi mekanik menjadi energi tekanan atau energi kinetik⁴

⁴ Kurniawan, A., Saragih, B., & Hasballah, H. (2021). ANALISA PERANCANGAN MESIN POMPA AIR DANGKAL UNTUK KEBUTUHAN SKALA RUMAH TANGGA. *Jurnal Teknologi Mesin UDA*, 2(2), 17-21.

Air yang terdapat dalam ruang *impeller* akan digerakkan menggunakan sebuah motor, selama impeler tersebut berputar, air akan terus didorong keluar menuju ke pipa penyaluran atau *outlet* air. Dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Cara Kerja Pompa Air

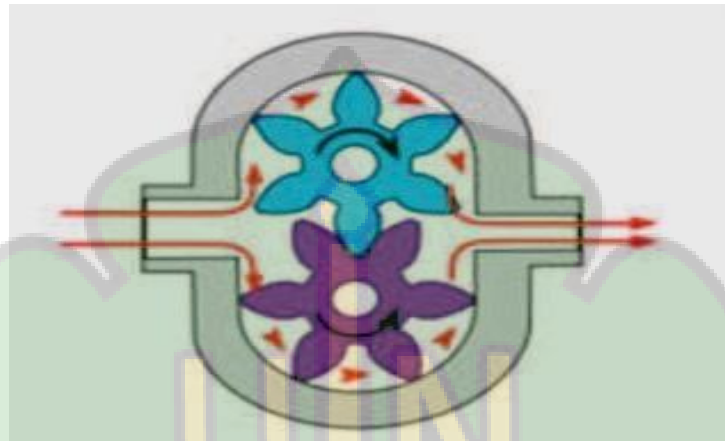
2. Jenis-Jenis Pompa Air Otomatis

Pompa air mesin pada dasarnya terdiri dari dua jenis dilihat dari cara kerja dan rancangannya. Jenis pompa tersebut adalah pompa sistem rotari dan pompa sistem sentrifugal.

a. Pompa Air Sistem Rotari

Pompa jenis ini memiliki impeller yang berputar untuk menimbulkan kekuatan tarikan, sehingga air yang dipindahkan akan mampu terus menerus menarik air dari dasar sumur untuk dialirkan menuju ke pipa outlet. Jenis pompa ini banyak dipergunakan pada pompa air untuk kebutuhan rumah tangga. Hampir

semua jenis pompa kecil menggunakan sistem kerja rotari.⁵ Berikut pada Gambar 2.2 untuk pompa sistem rotari.



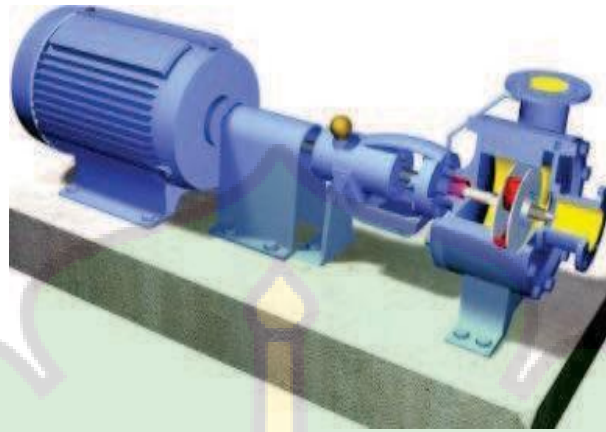
Gambar 2.2 Pompa Sistem Rotari

b. Pompa Air Sistem Sentrifugal

Pompa jenis ini banyak dipergunakan pada peralatan marine atau kapal laut untuk membuang air dari dok kapal secara cepat. Jenis pompa ini bekerja dengan kecepatan tinggi, sehingga volume air yang bergerak secara memutar dapat terlempar keluar dari *outlet* air.⁶ Adapun bentuk dari pompa sistem sentrifugal dapat dilihat pada Gambar 2.3.

⁵ Riza, dkk, *Analisis Debit Pada Pompa Air Mesin Bensin*, (Tegal: Politeknik Harapan Bersama, 2018), h. 4.

⁶ Chuch, *Pompa Air...*, h. 13.



Gambar 2.3 Pompa Sistem Sentrifugal

3. Karakteristik Pompa Air

Karakteristik mesin pompa air mencakup berbagai aspek yang mempengaruhi kinerja, aplikasi, dan efisiensi pompa. Berikut adalah beberapa karakteristik utama dari mesin pompa air:

- a. Jenis pompa: Mesin pompa air dapat berupa berbagai jenis, seperti pompa sentrifugal, pompa *submersible*, pompa jet, pompa dorong, dan lain sebagainya. Setiap jenis pompa memiliki keunggulan dan kelemahan masing-masing serta cocok untuk aplikasi tertentu.
- b. Kapasitas (*Flow Rate*): Kapasitas pompa, juga dikenal sebagai laju aliran (*flow rate*), mengukur jumlah air yang dapat dipompa oleh mesin dalam satuan waktu. Kapasitas biasanya diukur dalam liter per detik (L/s) atau galon per menit (GPM). Kapasitas ini penting untuk memastikan pompa dapat menyediakan aliran air yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi.
- c. Tekanan (*Head*): Tekanan pompa, juga dikenal sebagai *head*, mengukur

tinggi vertikal maksimum yang dapat diangkat oleh pompa atau tekanan yang diberikan kepada air. Tekanan biasanya diukur dalam meter (m) atau pound per inci persegi (PSI). Tekanan ini penting untuk mengatasi resistensi dalam sistem dan memastikan air dapat mengalir ke tujuan yang dituju.

- d. Efisiensi: Efisiensi adalah ukuran sejauh mana mesin pompa air dapat mengubah energi yang diaplikasikan menjadi energi kinetik pada air. Semakin tinggi efisiensi, semakin sedikit energi yang terbuang dalam bentuk panas atau kehilangan, dan semakin efisien penggunaan energi secara keseluruhan.
- e. Daya: Daya yang dikonsumsi oleh mesin pompa air mengukur energi yang diperlukan untuk mengoperasikannya. Daya biasanya diukur dalam watt (W) atau kilowatt (kW). Penggunaan daya yang tepat dapat membantu dalam menghemat energi dan mengurangi biaya operasional.
- f. Bahan konstruksi: Material konstruksi mesin pompa air harus sesuai dengan sifat air yang akan dipompa dan kondisi lingkungan di sekitar pompa. Material yang umum digunakan termasuk besi cor, *stainless steel*, plastik tahan korosi, dan sebagainya.
- g. Keandalan dan umur pakai: Mesin pompa air yang handal dan tahan lama merupakan faktor penting, terutama dalam aplikasi yang beroperasi secara terus-menerus atau dalam lingkungan yang keras.
- h. Sistem pengontrol: Beberapa mesin pompa air dilengkapi dengan sistem pengontrol otomatis, seperti pompa yang otomatis menyala saat air

mencapai level tertentu atau pompa yang berhenti saat level air tertentu tercapai. Sistem pengontrol ini membantu dalam mengoptimalkan penggunaan air dan energi.

Memahami karakteristik mesin pompa air sangat penting dalam pemilihan dan pengoperasian yang efisien, aman, dan tepat guna sesuai dengan kebutuhan aplikasi. Memilih pompa yang sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan aplikasi akan memberikan hasil yang maksimal dan menghindari masalah yang tidak diinginkan.

4. Prinsip Kerja Pompa Air

Sebuah pompa air bekerja dengan cara memindahkan sejumlah air melalui ruang *suction* menuju keruang outlet dengan menggunakan impeller, sehingga seluruh ruangan udara terisi oleh air dan menimbulkan tekanan fluida untuk ditarik melalui dasar sumur menuju penampungan. Air yang terdapat dalam ruang impeller akan digerakkan sebuah motor. Selama motor berputar air akan terus didorong keluar menuju ke pipa penyaluran atau outlet pompa. Pompa air adalah perangkat mekanis yang digunakan untuk memindahkan air dari satu tempat ke tempat lain. Ada beberapa jenis pompa air yang berbeda, yang digunakan untuk aplikasi dan keperluan yang beragam. Berikut adalah beberapa jenis lain pompa air yang umum. Pompa Sentrifugal, Pompa ini adalah jenis pompa paling umum dan paling banyak digunakan. Mereka menghasilkan aliran air dengan prinsip pusat sentrifugal, di mana air dihisap melalui impeler dan dilemparkan ke luar oleh gaya sentrifugal.

Pompa sentrifugal digunakan untuk berbagai aplikasi, termasuk irigasi, pemompaan air bersih, sistem air pendingin, dan banyak lagi. Pompa Submersible, Pompa ini dirancang untuk bekerja di bawah permukaan air. Mereka ditempatkan langsung dalam sumur atau *reservoir*, dan pompa ini akan memompa air ke permukaan. Pompa *submersible* biasanya digunakan untuk mengalirkan air dari sumur dalam aplikasi rumah tangga, irigasi pertanian, dan sumur air dalam industri. Pompa Jet, Pompa jet atau pompa jet *ejector* adalah tipe pompa yang menggabungkan prinsip sirkulasi jet dengan pompa sentrifugal. Pompa ini umumnya digunakan untuk pompa air dari sumur dangkal atau dengan permukaan air yang tidak lebih dari 25 kaki dari pompa. Pompa Dorong (*Booster Pump*), Pompa dorong adalah jenis pompa yang digunakan untuk meningkatkan tekanan air dalam sistem pipa. Mereka sering digunakan dalam rumah tangga atau gedung bertingkat untuk meningkatkan tekanan air dalam sistem air rumah atau gedung. Pompa Engkol (*Hand Pump*), Pompa tangan adalah jenis pompa sederhana yang dioperasikan dengan tangan. Mereka biasanya digunakan untuk mengalirkan air dari sumur dangkal atau sumber air lainnya tanpa memerlukan sumber daya listrik atau bahan bakar. Pompa *Vortex*, Pompa *vortex* menggunakan *impeller* khusus yang menciptakan pusaran air di dalamnya. Pompa ini cocok untuk mengalirkan air yang mengandung partikel padat atau serat, seperti air limbah atau lumpur.

5. Bagian-Bagian Pompa Air

Untuk memfungsikan pompa air, tentu tidak dapat dilepaskan dari bagian-bagian mesin pompa itu sendiri. Pompa air memiliki beberapa bagian, yakni sebagai berikut.

1. Motor

Motor bagian ini merupakan bagian utama dari pompa air dengan menggunakan motor tersebut sebuah pompa baik dari jenis sentrifugal maupun rotari dapat berfungsi.

2. Valve

Bagian ini berfungsi untuk memisahkan bagian hisap dan bagian pompa, sehingga terjadi perbedaan tekanan dan pemisahan air. Selain terdapat dalam ruang kompresi mesin jenis tertentu, *valve* ini juga terdapat pada ujung pipa untuk menjaga agar ruangan pompa air terus terisi air dan tidak diisi oleh udara. *Valve* juga dipergunakan untuk melakukan pengendalian terhadap tekanan pompa air agar terhindar dari kerusakan secara otomatis. *Valve* tersebut umumnya dihubungkan dengan saklar pemutus arus atau relay. Jika output pompa air mengalami peningkatan tekanan hingga tekanan tertentu, *valve* atau *membrane* tersebut akan terdorong ke atas dan memutuskan listrik secara otomatis.

Valve pada pompa air adalah bagian penting dari sistem untuk mengatur aliran air yang masuk dan keluar dari pompa. *Valve* (katup) digunakan untuk mengontrol aliran air dan tekanan di dalam sistem, sehingga memungkinkan pengoperasian pompa dengan efisien dan aman. Beberapa jenis *valve* yang umum digunakan pada pompa air antara lain:

Katup isolasi (*Isolation Valve*): Katup isolasi berfungsi untuk mengontrol aliran air ke pompa. Saat katup isolasi ditutup, aliran air berhenti dan pompa dapat diamankan untuk pemeliharaan atau perbaikan. Ketika katup isolasi dibuka, aliran air mengalir masuk ke pompa sehingga dapat dioperasikan.

Katup retensi (*Check Valve*): Katup retensi adalah jenis katup satu arah yang memungkinkan aliran air hanya ke satu arah saja. Katup ini mencegah air kembali mengalir ke pompa setelah dipompa keluar. Ini penting untuk mencegah pompa dari kerja berlebihan dan mempertahankan tekanan di dalam sistem.

Katup Regulasi Tekanan (*Pressure Relief Valve*): Katup regulasi tekanan digunakan untuk mengatur tekanan air di dalam sistem. Ketika tekanan melebihi batas tertentu, katup ini akan membuka dan melepaskan sebagian air untuk mengurangi tekanan. Ini membantu mencegah kerusakan pada sistem dan memastikan tekanan yang aman.

Katup penstabil tekanan (*Pressure Control Valve*): Katup penstabil tekanan berfungsi untuk menjaga tekanan air tetap konstan dalam sistem. Ketika tekanan naik di atas atau turun di bawah nilai yang diatur, katup ini akan mengatur aliran air untuk mempertahankan tekanan yang diinginkan. Katup bypass adalah katup bypass digunakan untuk mengalihkan aliran air dari jalur utama ke jalur lain, menghindari pompa bekerja di tekanan yang berlebihan saat aliran tertutup.

Penggunaan valve pada pompa air sangat penting dalam mengoptimalkan kinerja dan keamanan sistem. Memilih dan merawat valve yang tepat akan membantu menjaga keandalan pompa, mengurangi risiko kegagalan, dan memastikan penggunaan air yang efisien serta berkelanjutan.

3. Saklar Otomatis Pompa Air

Saklar otomatis ini bertugas melindungi pompa dari kelebihan beban pada keadaan tertentu. Air pada bagian output akan terputus atau memiliki beban yang sangat besar. Kondisi tersebut dapat menimbulkan kerusakan motor jika

dibiarkan. Untuk melindungi pompa dari kerusakan terdapat sebuah saklar otomatis pada jenis semua pompa air.

4. Kapasitor

Kapasitor terdapat pada pompa air untuk membantu start motor penggerak agar lebih cepat berputar. Kapasitor pada mesin pompa air berfungsi untuk membantu memulai dan menjalankan motor listrik pada pompa air. Motor listrik pada pompa air umumnya menggunakan jenis motor listrik tiga fasa yang memerlukan daya lebih tinggi untuk memulai putarannya. Kapasitor digunakan sebagai perangkat tambahan pada motor untuk memberikan momen awal yang cukup untuk mengatasi torsi inersia yang dimiliki oleh pompa dan memulai putaran motor. Berikut adalah fungsi utama kapasitor pada mesin pompa air:

- a. Pemberian torsi awal (*Starting Torque*): Kapasitor menyediakan torsi awal yang diperlukan untuk mengatasi torsi inersia pada pompa air saat motor listrik dihidupkan. Tanpa kapasitor, motor listrik mungkin kesulitan memulai putaran, terutama pada pompa dengan beban awal yang berat atau saat sistem air yang dipompa memiliki tekanan tinggi.
- b. Perbaikan faktor daya (*Power Factor Correction*): Penggunaan kapasitor pada motor listrik dapat meningkatkan faktor daya motor. Faktor daya adalah rasio antara daya aktif yang dihasilkan motor dan daya total yang dikonsumsi. Dengan meningkatkan faktor daya, konsumsi energi dapat lebih efisien dan mengurangi biaya operasional.
- c. Stabilisasi tegangan: Kapasitor membantu menjaga tegangan pada motor listrik tetap stabil selama operasi. Ini dapat membantu mencegah fluktuasi

tegangan yang berlebihan yang dapat merusak motor atau peralatan lainnya yang terhubung dengan sistem listrik.

- d. Perlindungan motor: Kapasitor juga berfungsi sebagai perlindungan tambahan untuk motor listrik. Dalam beberapa kasus, kapasitor dapat melindungi motor dari arus tinggi atau kondisi operasi yang tidak normal yang dapat menyebabkan kerusakan pada motor.
- e. Penggunaan kapasitor pada mesin pompa air sangat penting untuk memastikan motor dapat dihidupkan dengan mulus dan dapat beroperasi dengan efisien. Kapasitor yang sesuai dan berfungsi dengan baik membantu menjaga kinerja dan umur pakai motor, serta meningkatkan efisiensi penggunaan energi pada sistem pompa air.

5. Tangki Penampung

Tangki penampung berfungsi untuk menampung air sementara waktu agar pompa tidak hidup dan mati setiap saat menghidupkan air di kran. Dengan menggunakan tangki penampung air penggunaan listrik menjadi lebih hemat dan pompa menjadi lebih awet karena tidak terus menerus mengalami tekanan besar dalam waktu singkat. Berikut bentuk dari konstruksi pompa air pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Konstruksi pompa air

C. Mesin Pompa Air yang Menggunakan Sensor Kelembaban

Sensor merupakan alat yang dapat digunakan untuk mendeteksi sesuatu. seperti suhu, kecepatan jarak dan sering berfungsi untuk mengukur magnitude (besaran) sesuatu. Sensor adalah jenis *transduser* (mengubah daya menjadi daya lain) seperti mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor biasanya dikategorikan melalui pengukur dan memegang peranan penting dalam pengendalian proses pabrikasi modern. Sensor memberikan ekivalen mata, pendengaran, hidung, lidah dan menjadi otak Mikroprosesor dari sistem otomatisasi industri. Jadi sensor sangatlah penting dalam pembuatan alat-alat otomasi misalnya seperti dalam bidang industri, dan lain-lain. Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk merubah suatu besaran fisik menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu. Hampir seluruh peralatan elektronik yang ada mempunyai sensor didalamnya. Pada saat ini, sensor tersebut telah dibuat dengan ukuran sangat kecil dengan orde nanometer. Ukuran yang sangat kecil ini sangat memudahkan pemakaian dan menghemat energi.⁷ Adapun bentuk-bentuk alat sensor yang dapat digunakan pada mesin pompa air menggunakan sensor kelembaban, di antaranya:

1. Sensor *Soil Moisture* (Sensor Kelembaban)

Sensor kelembaban merupakan module untuk mendeteksi kelembaban tanah, yang dapat diakses menggunakan *microcontroller* seperti arduino. Sensor kelembaban tanah ini dapat dimanfaatkan pada sistem pertanian, perkebunan, maupun sistem hidroponik menggunakan hidrotan. *Soil Moisture Sensor* dapat

⁷ Budiarmo, *Sistem Monitoring Tingkat Ketinggian Air Bendungan Bebas Mikrokontroler*. Jurnal Dinamika Informatika, Vol 3, No 1, (2011), h. 19.

digunakan untuk sistem penyiraman otomatis atau untuk memantau kelembaban tanah tanaman secara offline maupun online. Sensor yang dijual pasaran mempunyai 2 module dalam paket penjualannya, yaitu sensor untuk deteksi kelembaban, dan module elektroniknya sebagai amplifier sinyal. Sensor *soil moisture* dapat di lihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 *Sensor Soil Moisture* Kapasitif

Pada saat diberikan catudaya dan disensingkan pada tanah, maka nilai *Output Analog* akan berubah sesuai dengan kondisi kadar air dalam tanah. Pada saat kondisi tanah:

- a. Basah : tegangan output akan turun
- b. Kering : tegangan output akan naik

Tegangan tersebut dapat dicek menggunakan voltmeter DC. Dengan pembacaan pada pin ADC pada microcontroller dengan tingkat ketelitian 10 bit, maka akan terbaca nilai dari range 0 – 1023. Sedangkan untuk *Output Digital* dapat dilihat pada nyala led Digital output menyala atau tidak dengan mensetting nilai ambang pada potensiometer.

- a. Kelembaban tanah melebihi dari nilai ambang maka led akan padam.
- b. Kelembaban tanah kurang dari nilai ambang maka led akan menyala.

Adapun contoh lain dari sensor kelembaban yaitu jenis resistif, Sensor kelembaban resistif adalah jenis sensor yang digunakan untuk mengukur tingkat kelembaban atau kadar air dalam suatu lingkungan. Sensor ini beroperasi berdasarkan perubahan resistansi atau hambatan listrik pada bahan semikonduktor yang dipengaruhi oleh kelembaban di sekitarnya. Ketika tingkat kelembaban berubah, nilai resistansi dari sensor juga berubah, dan ini memberikan indikasi tentang tingkat kelembaban lingkungan. Prinsip kerja dari sensor kelembaban resistif adalah sebagai berikut:

- c. Bahan resistif: Sensor kelembaban resistif terbuat dari bahan semikonduktor yang sensitif terhadap kelembaban, seperti polimer atau senyawa metal oksida. Bahan ini memiliki karakteristik khusus di mana resistansinya akan berubah seiring dengan tingkat kelembaban.
- d. Hambatan listrik: Ketika bahan semikonduktor pada sensor terpapar oleh uap air dari lingkungan, molekul air menyerap ke permukaan bahan dan menyebabkan perubahan dalam struktur kristal. Perubahan ini mempengaruhi hambatan listrik di dalam sensor.
- e. Pembacaan Data: Sensor kelembaban resistif memiliki sirkuit pengukuran yang membaca nilai resistansi dan mengkonversinya menjadi nilai kelembaban dalam bentuk yang dapat dimengerti oleh pengguna atau sistem.

Keuntungan dari sensor kelembaban resistif meliputi Relatif Murah Sensor kelembaban resistif umumnya lebih terjangkau dari beberapa jenis sensor kelembaban lainnya. Kecil dan Mudah Digunakan Sensor ini seringkali memiliki ukuran kecil, mudah dipasang, dan mudah digunakan dalam berbagai aplikasi. Akurasi yang Memadai Sensor kelembaban resistif dapat memberikan akurasi yang memadai untuk kebanyakan aplikasi.

Namun, ada beberapa kelemahan dari sensor kelembaban resistif, seperti sensitivitasnya terhadap kondisi lingkungan tertentu dan umur pakai sensor yang dapat berkurang seiring waktu. Oleh karena itu, pemilihan sensor kelembaban resistif harus sesuai dengan kebutuhan dan lingkungan aplikasi yang diinginkan. Berikut dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Sensor Soil Moisture Kapasitif*

2. Esp Modul

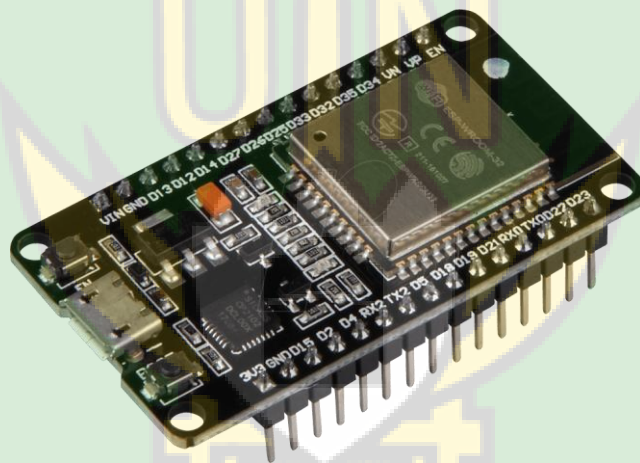
Esp modul adalah sebuah mikrokontroler yang populer yang dikembangkan oleh perusahaan Espressif Sistem. Ini adalah generasi kedua dari keluarga ESP8266 yang sukses. ESP32 adalah modul serbaguna yang menyatukan prosesor

mikrokontroler Tensilica Xtensa LX6, modul WiFi, dan modul Bluetooth dalam satu chip tunggal. ESP32 memiliki berbagai fitur yang kuat dan fleksibel, menjadikannya platform yang populer untuk berbagai aplikasi Internet of Things (IoT), prototipe, dan pengembangan perangkat elektronik. Beberapa fitur utama ESP32 meliputi:

- a. Dua inti prosesor Xtensa 32-bit LX6 yang dapat dijalankan pada kecepatan hingga 240 MHz.
- b. Modul WiFi 802.11 b/g/n yang mendukung mode station, access point, dan mode gabungan.
- c. Modul Bluetooth Classic (sistem komunikasi nirkabel) dan Bluetooth Low Energi (BLE).
- d. Memori program flash yang dapat diprogram dengan kapasitas hingga 16 MB.
- e. 520 KB RAM untuk menjalankan program dan menyimpan data.
- f. Banyak pin input/output (GPIO) yang dapat dikonfigurasi sesuai kebutuhan.
- g. Dukungan untuk berbagai protokol komunikasi seperti SPI, I2C, UART, dan banyak lagi.
- h. Fitur keamanan termasuk enkripsi, autentikasi, dan perlindungan terhadap serangan.
- i. ESP32 mendukung pengembangan perangkat lunak menggunakan berbagai framework dan lingkungan pemrograman, termasuk Arduino IDE, ESP-IDF (*Espressif IoT Development Framework*), dan

Micropython. Ini memungkinkan para pengembang untuk dengan mudah memprogram ESP32 dan membuat aplikasi IoT yang kompleks dengan mudah.

Dengan kombinasi WiFi, Bluetooth, dan kemampuan pemrosesan yang kuat, ESP32 menjadi pilihan yang populer untuk berbagai aplikasi IoT seperti kontrol perangkat, pengawasan lingkungan, otomatisasi rumah, sistem pemantauan, dan banyak lagi. Adapun bentuk dari Esp32 ini dapat dilihat pada Gambar 2.7.



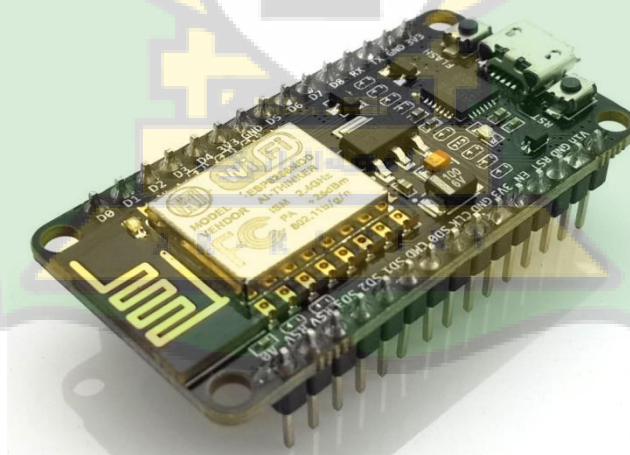
Gambar 2.7 Modul Esp32

Kemudian untuk esp 8266 adalah ESP8266 adalah modul Wi-Fi yang populer dan berbiaya rendah yang dirancang untuk aplikasi IoT (Internet of Things). Modul ini diperkenalkan oleh Espressif Sistem, sebuah perusahaan Tiongkok yang dikenal karena solusi IoT-nya. Modul ini mengintegrasikan mikrokontroler dengan kemampuan Wi-Fi, sehingga memudahkan untuk menghubungkan proyek-proyek dengan internet atau jaringan lokal. Fitur utama dari modul ESP8266:

- a. Mikrokontroler: Modul ini menyertakan mikrokontroler 32-bit Tensilica L106, yang sering berjalan pada 80 MHz atau lebih tinggi, dengan berbagai pilihan memori Flash.
- b. Konektivitas Wi-Fi: ESP8266 menyediakan konektivitas Wi-Fi 802.11 b/g/n bawaan, memungkinkan proyek untuk terhubung ke jaringan lokal dan internet secara nirkabel.
- c. Pin GPIO: Modul ini memiliki pin GPIO (General Purpose Input/Output) yang memungkinkan koneksi berbagai sensor, aktuator, dan komponen eksternal untuk berinteraksi dengan dunia fisik.
- d. Antarmuka Komunikasi: Modul ini mendukung protokol komunikasi seperti UART, I2C, SPI, dan PWM, sehingga sangat serbaguna untuk berbagai aplikasi.
- e. Dukungan Firmware dan Perangkat Lunak: Espressif menyediakan ekosistem firmware dan perangkat lunak yang kuat dan terus berkembang. Awalnya, modul ini dilengkapi dengan firmware yang menggunakan set perintah AT, tetapi kemudian mendukung pengembangan lingkungan pemrograman C/C++ menggunakan ESP8266 Non-OS SDK atau ESP8266 RTOS SDK.
- f. NodeMCU dan Platform Lain: Selain menggunakan ESP8266 sebagai modul mandiri, banyak papan pengembangan seperti NodeMCU dan Wemos D1 Mini yang didasarkan pada chip ESP8266, memberikan cara yang lebih mudah untuk bekerja dengan modul ini dengan mengekspos pin GPIO dan menyertakan konverter USB-to-serial.

Mode Tidur Mendalam: ESP8266 menawarkan mode tidur mendalam berdaya rendah, yang memungkinkan strategi penghematan daya pada proyek-proyek IoT berbasis baterai. Pembaruan OTA (Over-the-Air): Dengan dukungan OTA, Anda dapat memperbarui firmware modul ESP8266 secara remote, sehingga memudahkan pemeliharaan dan peningkatan perangkat IoT Anda.

ESP8266 telah banyak diadopsi dalam komunitas pembuat dan IoT karena harganya yang terjangkau, kemudahan penggunaannya, serta dokumentasi dan dukungan komunitas yang luas. Modul ini telah membuka jalan bagi versi yang lebih canggih seperti ESP32, Android dihubungkan ke Arduino dengan modul ESP32 berfungsi mengakses data dari Android. ESP32 adalah pusat kendali rangkaian yang bertugas mengaktifkan relay yang mencakup kemampuan Bluetooth selain Wi-Fi.⁸ Bentuk dari modul esp8266 dapat dilihat pad Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Modul Esp8266

⁸ Bayu, R. B. S., & Astutik, R. P. (2021). Rancang bangun smarthome berbasis qr code dengan mikrokontroller module esp32. *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, 2(01), 47-60.

3. Relay

Relay adalah sebuah perangkat elektromekanis yang digunakan untuk mengontrol sirkuit listrik dengan menggunakan sinyal listrik. Fungsinya mirip dengan saklar (*switch*), yaitu untuk membuka atau menutup jalur listrik. Namun, relay memiliki keunggulan karena dapat dikendalikan secara elektrik melalui sinyal input. Relay terdiri dari beberapa komponen utama, antara lain:

- a. Koil elektromagnetik: Koil merupakan inti dari relay yang berfungsi untuk menghasilkan medan magnet ketika dialiri arus listrik. Medan magnet ini akan menggerakkan kontak atau switch di dalam relay.
- b. Kontak atau switch: Kontak relay adalah bagian yang bergerak ketika koil relay diaktifkan. Kontak ini memiliki posisi terbuka dan tertutup. Ketika relay tidak aktif, kontak dalam posisi terbuka dan tidak ada aliran listrik. Namun, ketika relay diaktifkan, kontak akan bergeser ke posisi tertutup dan menghubungkan atau memutuskan jalur listrik.
- c. Penahan: Relay juga dilengkapi dengan penahan yang berfungsi untuk menjaga posisi kontak relay. Penahan ini memungkinkan kontak relay tetap berada pada posisi tertutup atau terbuka meskipun arus listrik pada koil relay dimatikan.

Relay digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti sistem kendali otomatis, sistem proteksi, kendali motor, dan banyak lagi. Dalam konteks IoT, relay sering digunakan untuk mengontrol perangkat listrik atau elektronik secara jarak jauh melalui penggunaan sinyal digital atau nirkabel. Sebagai contoh, relay dapat digunakan untuk menghidupkan atau mematikan lampu, motor, pompa air, dan

perangkat lainnya berdasarkan sinyal yang diterima dari mikrokontroler atau sistem pengendali lainnya. Berikut bentuk dari modul relay dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Modul relay

Relay adalah perangkat elektromekanis yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi untuk mengendalikan sirkuit listrik lainnya. Relay berfungsi sebagai saklar elektronik yang diaktifkan oleh arus listrik kecil untuk mengontrol aliran arus listrik yang lebih besar di sirkuit lain. Berkas kemampuannya untuk mengisolasi dan mengendalikan sirkuit yang berbeda, relay dapat digunakan dalam berbagai bidang dan aplikasi, termasuk:

- a. Otomasi industri: Relay sering digunakan dalam sistem otomasi industri untuk mengontrol motor, perangkat pemanas, sistem pengukuran, dan alat lainnya.
- b. Elektronika konsumen: Dalam perangkat elektronik konsumen, seperti peralatan rumah tangga dan perangkat elektronik kecil, relay dapat

berfungsi sebagai penghubung atau pemutus aliran listrik.

- c. Otomotif: Relay digunakan dalam sistem kelistrikan otomotif, seperti sistem starter, kipas pendingin, lampu, dan sistem lainnya.
- d. Sistem perlindungan: Relay digunakan dalam sistem perlindungan seperti sistem alarm, sistem pemadam kebakaran, dan sistem keamanan.
- e. Pengaturan temperatur: Relay dapat digunakan dalam sistem pengaturan suhu untuk mengontrol pemanas atau pendingin sesuai dengan kondisi suhu yang diinginkan.
- f. Sistem kendali industri: Dalam sistem kendali industri yang lebih kompleks, relay digunakan untuk mengatur proses produksi, mengendalikan perangkat listrik, dan memonitor kondisi operasi.
- g. Peralatan medis: Relay digunakan dalam peralatan medis untuk mengendalikan berbagai fungsi, seperti aliran obat, suhu, dan tekanan.
- h. Sistem telekomunikasi: Relay digunakan dalam sistem telekomunikasi untuk mengarahkan sinyal dan memastikan pengiriman data yang tepat.

Dalam semua aplikasi tersebut, relay bekerja sebagai saklar yang diaktifkan oleh input listrik (misalnya arus atau tegangan) dan mengendalikan output listrik yang lebih besar. Hal ini memungkinkan relay untuk berperan dalam mengatur, mengendalikan, dan mengotomatisasi berbagai sistem dan perangkat listrik secara efisien dan aman.

4. Watt Meter

Watt meter adalah sebuah alat pengukur listrik yang digunakan untuk mengukur daya atau konsumsi energi listrik dalam satuan watt. Pengukuran

daya ini dapat dilakukan pada berbagai jenis sumber listrik, seperti aliran listrik yang masuk ke rumah atau bangunan, perangkat elektronik, atau peralatan industri.

Dengan menggunakan watt meter, Anda dapat memantau penggunaan energi listrik suatu perangkat atau seluruh sistem listrik dalam periode tertentu. Penggunaan watt meter sangat bermanfaat untuk mengidentifikasi dan mengontrol konsumsi energi, sehingga membantu menghemat biaya dan memastikan efisiensi penggunaan energi.

Ada beberapa jenis watt meter yang berbeda, termasuk watt meter analog dan watt meter digital. Watt meter digital umumnya lebih akurat dan memiliki fitur tambahan seperti kemampuan untuk menghitung biaya energi berdasarkan tarif listrik yang berlaku. Penggunaan watt meter sangat penting dalam berbagai sektor, termasuk rumah tangga, industri, dan bisnis, karena membantu dalam mengelola konsumsi energi secara efisien dan memberikan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana energi digunakan.

Watt meter adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur konsumsi daya listrik suatu perangkat atau sistem listrik dalam satuan watt (W) atau kilowatt (kW). Berfungsi untuk:

- a. Mengukur konsumsi daya listrik: Watt meter digunakan untuk mengukur berapa banyak daya listrik yang dikonsumsi oleh suatu perangkat atau sistem listrik. Hal ini membantu pengguna atau pemilik perangkat untuk memantau dan mengelola konsumsi energi mereka.
- b. Mengukur daya listrik yang dihasilkan: Watt meter juga dapat digunakan

untuk mengukur daya yang dihasilkan oleh sumber energi terbarukan seperti panel surya atau turbin angin. Hal ini memungkinkan untuk memantau kinerja sumber energi terbarukan dan menghitung berapa banyak energi yang dihasilkan.

- c. Membantu dalam menghitung biaya listrik: Dengan mengetahui berapa banyak daya yang dikonsumsi oleh suatu perangkat atau sistem, watt meter memungkinkan pengguna untuk menghitung perkiraan biaya listrik berdasarkan tarif listrik yang diberlakukan oleh penyedia layanan listrik.
- d. Mendeteksi masalah kelistrikan: Penggunaan watt meter juga membantu mendeteksi masalah dalam sistem listrik, seperti kebocoran arus, overloading, atau ketidakseimbangan beban, sehingga memungkinkan untuk mengambil tindakan pencegahan sebelum terjadi kerusakan lebih lanjut.
- e. Evaluasi efisiensi energi: Dengan mengukur konsumsi daya listrik dari berbagai perangkat atau sistem, watt meter dapat membantu dalam mengevaluasi efisiensi energi dan mengidentifikasi perangkat atau bagian sistem yang mengkonsumsi terlalu banyak energi sehingga memungkinkan untuk melakukan perbaikan atau penggantian.

Secara umum, watt meter berperan penting dalam manajemen energi dan membantu pengguna untuk lebih bijak dalam menggunakan daya listrik, menghemat biaya, dan berkontribusi pada upaya pengurangan dampak lingkungan dari konsumsi energi. Adapun bentuk dari watt meter ini adalah

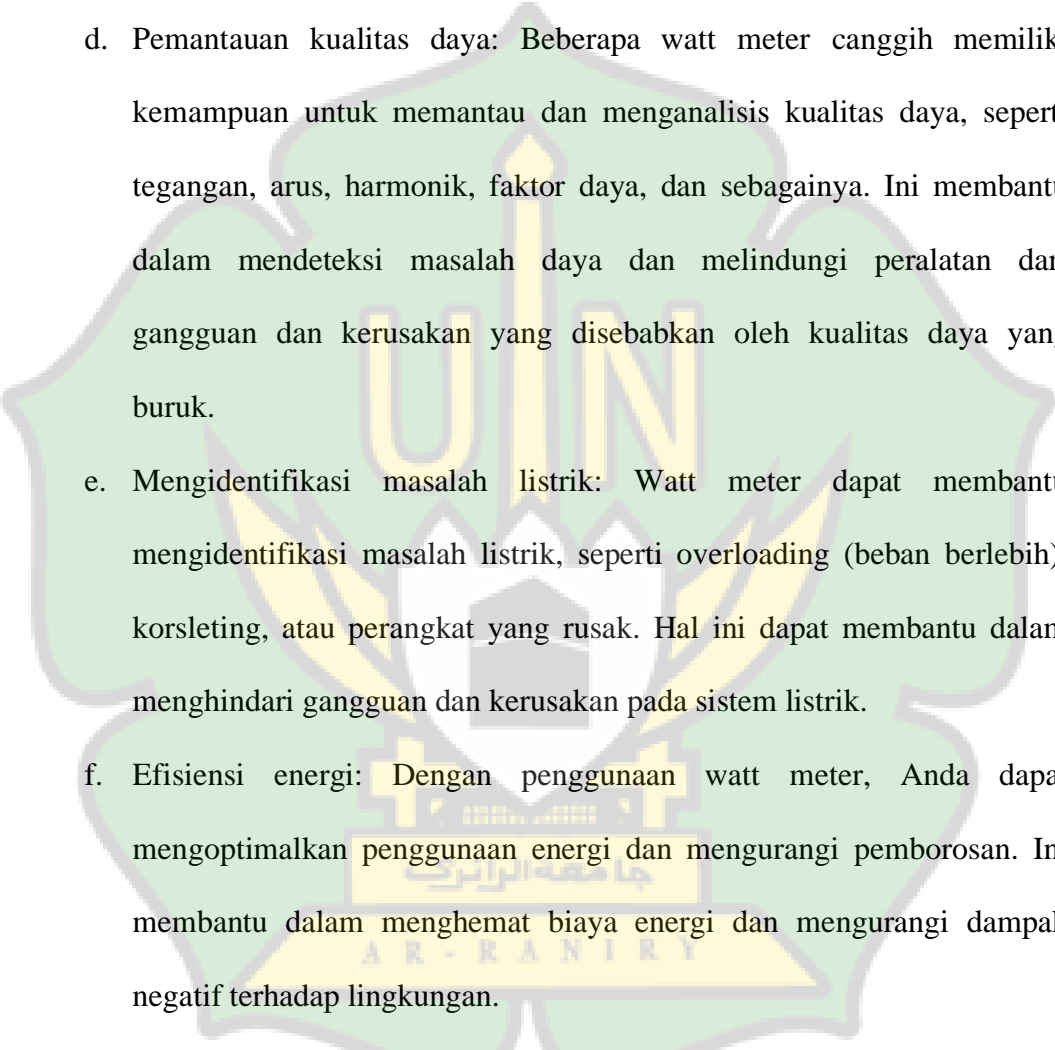
dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Watt Meter

Watt meter memiliki beberapa kelebihan yang membuatnya menjadi alat yang sangat berharga dalam pengukuran dan manajemen energi. Berikut adalah beberapa kelebihan utama dari watt meter:

- a. Akurasi pengukuran: Watt meter umumnya memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam mengukur daya dan konsumsi energi listrik. Hal ini membantu dalam mendapatkan data yang akurat mengenai penggunaan energi perangkat atau sistem listrik.
- b. Memantau penggunaan energi: Watt meter memungkinkan Anda untuk memantau penggunaan energi secara real-time atau dalam periode tertentu. Dengan pemantauan ini, Anda dapat mengidentifikasi perangkat atau sistem yang menggunakan energi secara berlebihan, sehingga membantu dalam mengidentifikasi dan mengatasi masalah efisiensi energi.

- 
- c. Mengukur biaya energi: Beberapa watt meter digital dapat menghitung biaya energi berdasarkan tarif listrik yang berlaku. Ini memungkinkan Anda untuk memantau dan mengelola anggaran energi secara lebih efektif.
- d. Pemantauan kualitas daya: Beberapa watt meter canggih memiliki kemampuan untuk memantau dan menganalisis kualitas daya, seperti tegangan, arus, harmonik, faktor daya, dan sebagainya. Ini membantu dalam mendeteksi masalah daya dan melindungi peralatan dari gangguan dan kerusakan yang disebabkan oleh kualitas daya yang buruk.
- e. Mengidentifikasi masalah listrik: Watt meter dapat membantu mengidentifikasi masalah listrik, seperti overloading (beban berlebih), korsleting, atau perangkat yang rusak. Hal ini dapat membantu dalam menghindari gangguan dan kerusakan pada sistem listrik.
- f. Efisiensi energi: Dengan penggunaan watt meter, Anda dapat mengoptimalkan penggunaan energi dan mengurangi pemborosan. Ini membantu dalam menghemat biaya energi dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.
- g. Penyusunan laporan: Watt meter seringkali memiliki fitur untuk menyimpan data pengukuran dalam bentuk laporan. Laporan ini dapat membantu dalam menganalisis tren penggunaan energi dari waktu ke waktu, serta dalam pelaporan ke pihak yang berkepentingan, seperti manajemen atau otoritas regulasi.

Watt meter adalah alat yang sangat berharga dalam mengukur, memantau, dan mengelola konsumsi energi listrik. Dengan informasi yang akurat tentang penggunaan energi, Anda dapat mengambil langkah-langkah untuk meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi biaya operasional.

D. Penelitian yang Relevan

Penelitian yang relevan adalah penelitian yang memiliki hubungan dan relevansi dengan topik atau masalah yang sedang diteliti atau dibahas. Relevansi penelitian adalah penting karena membantu memastikan bahwa hasil penelitian dapat memberikan kontribusi yang signifikan dan berguna dalam pemahaman, pengembangan, atau pemecahan masalah yang ada.

Berikut adalah beberapa contoh jenis penelitian yang dapat dianggap relevan:

1. Penelitian dengan judul Rancang Bangun Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Soil Moisture Alat ini bekerja berdasarkan kelembaban tanah yang sudah di set sesuai. Untuk mengatasi kendala musim kemarau dan agar petani tetap bisa bercocok tanam pada musim kemarau maka diperlukan suatu produk alat pertanian berbasis teknologi informasi dan komunikasi berupa chip microcontroller yang diprogram sehingga bisa mengontrol penyiraman tanaman secara otomatis berdasarkan kelembaban tanah yang dideteksi menggunakan sensor soil moisture buatan dalam negeri. Alat ini akan mendeteksi apakah tanah tempat bercocok tanam itu kering sehingga alat dapat mengontrol penyiraman secara otomatis saat tanah kekurangan unsur air. Jadi petani tidak perlu melakukan penyiraman secara manual. Sehingga tanaman bisa

tetap tumbuh dengan subur walau sedang musim kemarau. Selain membantu para petani alat ini bisa juga dipasang pada perkebunan, persemaian bibit, taman-taman di perkotaan, hotel, perkantoran⁹

2. Penelitian dengan judul Rancang Bangun Sistem Penyiraman Tanaman Secara Otomatis Menggunakan Sensor Suhu LM35 Berbasis Mikrokontroler Atmega8535. dengan membuat suatu perangkat sistem penyiraman tanaman secara otomatis menggunakan mikrokontroler ATmega8535 sebagai pengendali utama dan sensor suhu LM35. Sistem ini juga menggunakan Real Time Clock (RTC) 1307 sebagai pewaktu, serta Liquid Crystal Display (LCD) sebagai penampil. Sistem penyiraman tanaman yang telah dibuat dapat menyiram tanaman secara otomatis yang berkaitan dengan masalah yang dikaji.¹⁰
3. Penelitian dengan judul Purwarupa Alat Penyiram Tanaman Otomatis menggunakan Sensor Kelembaban Tanah dengan Notifikasi Whatsapp. pengujian yang terdiri dari pengujian sensor soil moisture, pengujian lampu led, pengujian lcd, pengujian relay, pengujian pompa air dan pengujian whatsapp. Dari hasil pengujian pada alat penyiram tanaman otomatis menggunakan sensor kelembaban tanah dengan notifikasi whatsapp didapatkan hasil pengujian sensor soil moisture didapatkan kelembaban tanah melebihi 6.5 maka secara otomatis pompa air menyala.

⁹ Gunawan, G., & Sari, M. (2018). Rancang bangun alat penyiram tanaman otomatis menggunakan sensor kelembaban tanah. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 3(1), 13-17.

¹⁰ Nasrullah, E., Trisanto, A., & Utami, L. (2011). Rancang bangun sistem penyiraman tanaman secara otomatis menggunakan sensor suhu lm35 berbasis mikrokontroler atmega8535. *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 5(3), 182-192.

kesimpulan dari penelitian ini adalah Mendapatkan notifikasi whatsapp pada setiap proses penyiraman dari alat penyiram tanaman otomatis menggunakan sensor kelembaban tanah dan Memperoleh informasi kelembaban tanah yang ditampilkan melalui Lcd.¹¹

4. Penelitian dengan judul Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Soil Moisture dan Sensor Suhu, Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem penyiraman tanaman secara otomatis menggunakan sensor soil moisture dan sensor suhu. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi mikrokontroller sebagai komunikasi alat, hubungan antar komponen tersebut melalui sensor moisture dan sensor DHT11. LCD sebagai pembaca suhu dan kelembaban¹²
5. Penelitian dengan judul Rancang Bangun Alat Pengontrol Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Di Area Pertanian, Perancangan Alat Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Pada Area Pertanian ini dibuat bertujuan untuk membantu para petani di Indonesia dalam mengelola lahan pertanian tanpa perlu melakukan penyiraman dan melihat kondisi cuaca secara manual. Cara kerja alat ini dengan menggunakan Arduino sebagai alat gerak otak dan Soil Moisture Sensor untuk mengambil data dari tumbuhan. Kemudian data yang telah didapatkan oleh alat tersebut akan dikirim ke sistem

¹¹ Hidayat, Y. F., Hendrawan, A. H., & Ritzkal, R. (2019). Purwarupa Alat Penyiram Tanaman Otomatis menggunakan Sensor Kelembaban Tanah dengan Notifikasi Whatsapp. *Prosiding Semnastek*.

¹² Latif, N. (2021). Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Soil Moisture dan Sensor Suhu. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Al Asyariah Mandar*, 7(1), 16-20.

monitoring berbasis web menggunakan Ethernet Shield.¹³

6. Penelitian dengan judul Sistem Penyiraman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pada Tanaman Mangga Harum Manis Buleleng Bali Sistem otomatis yang dirancang oleh peneliti menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai kendali utama dan soil moisture sensor untuk mendeteksi tingkat kelembaban tanah. Proses penyiraman tanaman terjadi berdasarkan tingkat kelembaban yang telah dideteksi oleh soil moisture sensor. Berdasarkan pada pengujian yang telah dilakukan, proses penyiraman dilakukan saat tingkat kelembaban tanah bernilai kurang dari 20%. Sedangkan, ketika tingkat kelembaban tanah bernilai lebih dari 20%, maka proses penyiraman akan berhenti.¹⁴
7. Penelitian dengan judul Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis IoT hasil dari penelitian ini menunjukkan sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis IOT bekerja dengan baik. Sistem yang telah dibuat mampu memantau penyiraman otomatis secara realtime dan menampilkan status pompa air untuk 3 kondisi yang di kirimkan oleh sensor kelembaban tanah. Penelitian ini bertujuan Untuk mempermudah proses penyiraman tanaman dan mempermudah para petani dalam mengecek tanaman yang Di jaganya.

¹³ Prayama, D., Yolanda, A., & Pratama, A. W. (2018). Rancang Bangun Alat Pengontrol Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Di Area Pertanian. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 2(3), 807-812.

¹⁴ Rahardjo, P. (2022). Sistem Penyiraman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pada Tanaman Mangga Harum Manis Buleleng Bali. *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, 21(1), 31.

Sehingga petani terhindar dari Kelalaian dalam menjaga tanaman dan tamanan pun dapat tumbuh Subur dengan asupan air yang diberi secara otomatis.¹⁵

Relevansi penelitian menjadi penting untuk menghindari duplikasi atau pengulangan hasil penelitian yang sudah ada dan untuk memastikan bahwa penelitian yang dilakukan memiliki nilai tambah dan kegunaan yang nyata bagi ilmu pengetahuan, masyarakat, atau industri.

Penelitian pertama ditulis oleh Robby, dkk berjudul “*Pompa Otomatis dengan Sensor Air berbasis Arduino Uno*”. Penelitian ini akan dibahas tentang pembuatan sistem dengan menggunakan sensor air berbasis arduino yang dapat mengatasi masalah-masalah tersebut. Sistem ini dirancang dengan menggunakan sensor air (water sensor), *water flow sensor*, relay, arduino, dan mesin pompa dengan tujuan untuk menyalakan dan mematikan pengisian air pada tangki air secara otomatis. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada data yang diperoleh, penggunaan pompa air dengan sistem saklar sensor ini lebih efisien dibandingkan dengan penggunaan pompa air dengan saklar manual ataupun saklar mekanik (pelampung). Hasil perhitungan menunjukkan debit pengisian tangki air menggunakan pompa air dengan sistem saklar sensor 2,619% lebih efisien dibandingkan dengan penggunaan pompa memakai saklar manual, dan penggunaan listrik lebih hemat 18,124% dibandingkan dengan penggunaan pompa air memakai saklar mekanik.

¹⁵ Effendi, N., Ramadhani, W., & Farida, F. (2022). Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis IoT. *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, 3(2), 91-98.

Penelitian Mochammad berjudul “*Analisis efisiensi pemakaian energi listrik pada pompa air terhadap perubahan beban dengan menggunakan MV-VSD pada gedung instalasi pompa air 2 PT. Palyja*”. Penelitian ini menyebutkan untuk mengatur kebutuhan beban air dengan putaran motor dapat menggunakan Variable Speed Drive (VSD). Dengan menggunakan VSD, maka putaran motor dapat disesuaikan dengan kebutuhan beban air yang diperlukan. VSD dapat merubah frekuensi sesuai dengan putaran motor yang diinginkan. Menggunakan VSD dari sisi harga jauh lebih murah dibandingkan dengan menggunakan motor sinkron. Setelah menggunakan VSD, maka dapat lebih efisien dalam melayani konsumen.¹⁶

¹⁶ Mochammad, *Analisis Efisiensi Pemakaian Energi Listrik Pada Pompa Air Terhadap Perubahan Beban Dengan Menggunakan MV-VSD Pada Gedung Instalasi Pompa Air 2 PT. Palyja*. (Jakarta: USAKTI, 2013).

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

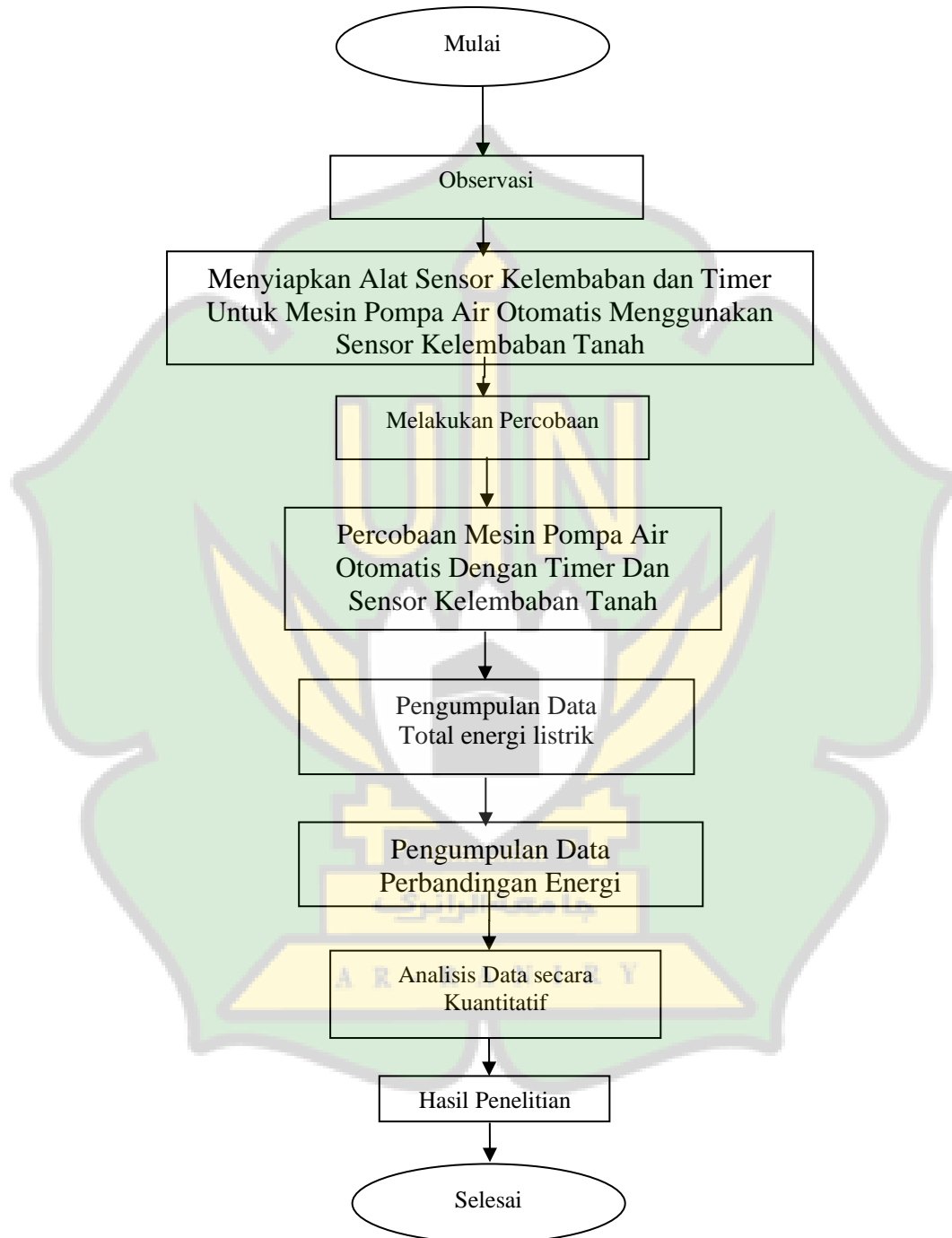
Penelitian ini merupakan penelitian komparatif. Penelitian komparatif adalah penelitian yang dimaksudkan untuk membandingkan dua perlakuan atau lebih dari suatu variable, atau beberapa variable sekaligus. Dalam penelitian komparatif perbandingan dilihat dari bagaimana seluruh unsur dalam komponen penelitian terkait satu dengan lainnya. Perhitungan yang digunakan macam-macam metode penelitian kuantitatif seperti komparatif adalah berupa persamaan dan perbedaan dalam perencanaan, pelaksanaan, serta factor pendukung hasil.¹⁷ Sedangkan pendekatan yang digunakan bersifat kuantitatif. Menurut Sugiyono penelitian secara kuantitatif ialah penelitian yang digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, teknik pengambilan sampel biasanya dilakukan cara tertentu, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif/statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan¹⁸.

Studi komparatif kuantitatif dalam penelitian ini dimulai dengan cara mengidentifikasi variabel - variabel dari dua objek yang berbeda yaitu Mesin pompa berbasis timer dan mesin pompa air menggunakan sensor kelembaban tanah, baik itu dari segi Efisiensi Energi, sistem kerja, perbedaan dan persamaan. Metodologi penelitian ini disajikan dalam bentuk *flow chart*. Adapun

¹⁷ Arikunto, *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. (Jakarta: Rineka Cipta, 2018), h. 12.

¹⁸ Sugiyono. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, R dan D*. (Bandung: Alfabeta, 2012), h.14.

langkah - langkah penelitian ini adalah sebagai berikut :



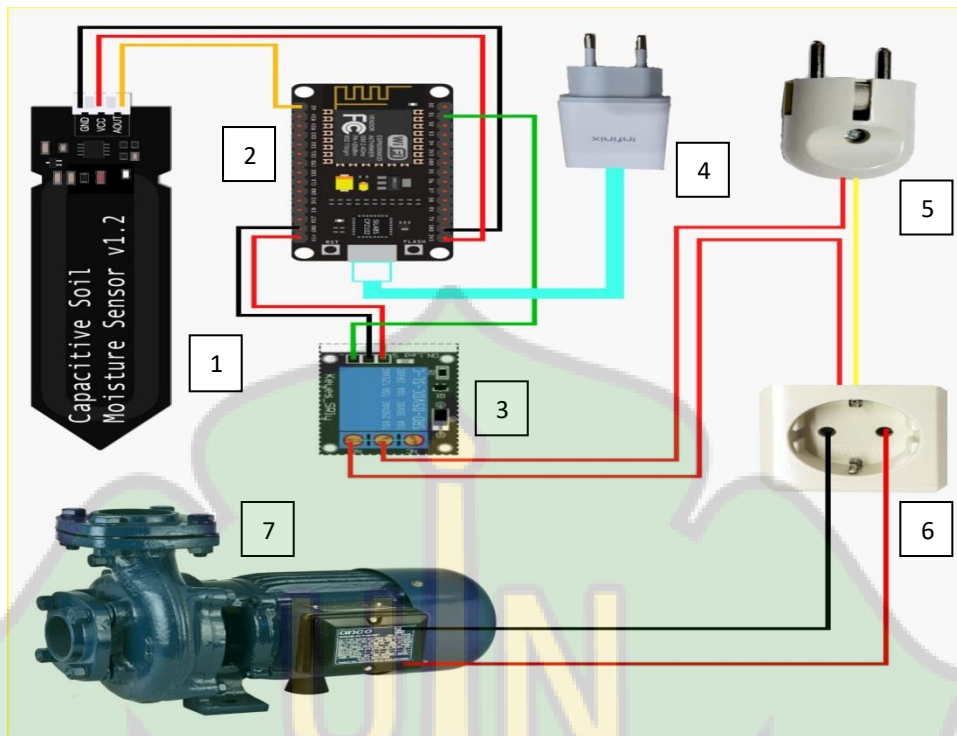
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

Berdasarkan diagram alur penelitian di atas, maka dapat dijelaskan bahwa tahapan penelitian ini dimulai dari pengamatan awal sehingga dapat diidentifikasi permasalahan penelitian terkait total energi listrik yang dihasilkan untuk dapat lebih efektif. Kemudian peneliti melakukan persiapan perlengkapan yang akan digunakan yakni mesin pompa air berbasis timer dan mesin pompa air menggunakan sensor kelembaban tanah. Kemudian lembar instrumen penelitian yang akan digunakan. Langkah selanjutnya peneliti melakukan percobaan atau pelaksanaan penelitian dari kedua alat mesin pompa tersebut. Setelah itu baru dilakukan analisis data hasil penelitian, sehingga ditemukan sebuah kesimpulan sebagai akhir dari penelitian ini tentang perbandingan total energi listrik yang dihasilkan antara mesin pompa air otomatis dan mesin pompa air menggunakan sensor kelembaban tanah.

B. Persiapan Alat dan Bahan

1. Sensor Kelembaban Tanah

Sensor kelembaban tanah di rancang sedemikian rupa yang dihubungkan dengan beberapa komponen lainnya seperti, relay, Esp8266 dan komponen pendukung lainnya. Kemudian skematik atau rangkaian komponen alat yang dihubungkan antara satu dan yang lainnya secara menyeluruh agar lebih dapat dipahami, adapun skematik atau rangkaian penghubungan antara setiap komponen digambarkan dengan rinci untuk mempermudah penelitian yang dilakukan dan sebagai penjelasan yang dapat berguna untuk para pengguna nantinya adapun bentuk dari rangkaian alat dapat dilihat pada Gambar 3.2 .



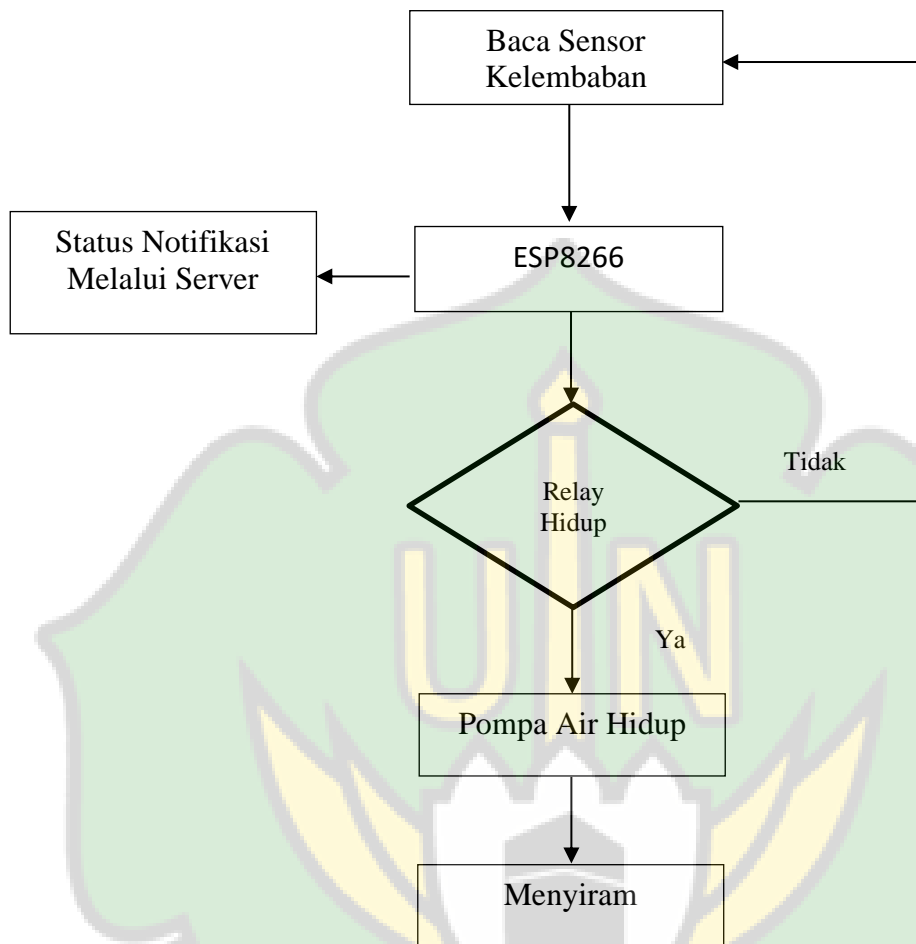
Gambar 3.2 Skematik Rangkaian Alat

Alat yang ditampilkan pada Gambar 3.2 diatas merupakan rangkaian komponen dari alat kelembaban tanah yang akan digunakan pada penelitian ini, adapun penjelasan dari alat yang telah dirancang diatas adalah:

1. Sensor yang digunakan memiliki jenis sensor kapasitif yang memiliki satu mata, peneliti memilih sensor ini karena lebih *sensitive* terhadap pembacaan kelembaban tanah yang berubah – ubah. Adapun bentuk sensor kelembaban tanah kapasitif ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 dibawah ini
2. Modul Esp8266 yang digunakan sebagai alat mikrokontroller yang dapat terintegrasi dengan komponen lainnya sebagai komponen yang dapat memerintahkan alat untuk bekerja dengan sesuai. Peneliti menggunakan modul Esp8266 pada penelitian ini adalah guna dapat memberi notifikasi melalui *smartphone* dengan hanya menghidupkan wifi koneksi.

3. Relay yang digunakan untuk memerintahkan mesin pompa yang digunakan untuk menyiram tanah jika adanya perintah oleh Esp8266.
4. Adaptor : merupakan komponen yang berfungsi merubah bentuk arus listrik dari arus listrik bolak-balik menjadi arus listrik searah dan juga merubah besar tegangannya yang diperlukan untuk menghidupkan alat ini melalui alat bantu powerbank atau lainnya.
5. Steker : steker ini berfungsi untuk menghubungkan arus listrik jaringan PLN yang terhubung ke alat sensor kelembaban dan mesin pompa air.
6. Stop Kontak: stop kontak yang digunakan berfungsi untuk tempat terhubungnya pompa air pada jaringan listrik PLN dan alat sensor kelembaban.

Pada Gambar 3.2 diatas penghubungan atau *wiring* dari setiap komponen terhubung jelas mulai dari komponen mikrokontroller yaitu Esp8266 yang terhubung ke sensor kelembaban dan juga relay, relay akan terhubung ke stop kontak yang akan dihubungkan mesin pompa nantinya, sehingga mesin pompa dapat berjalan otomatis sesuai yang telah ditentukan. Kemudian Diagram alur kerja alat dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram Alur Kerja Alat

Setelah selesai perancangan alat dan berjalan dengan baik, maka langkah selanjutnya adalah pengujian penggunaan energi listrik pada mesin pompa air dengan sistem otomatis alat sensor kelembaban tanah.

C. Instrumen Penelitian

Instrumen untuk meneliti dokumen yang dipakai dalam penelitian ini yaitu hasil pengukuran energi listrik yang di gunakan saat uji coba alat selama 3 hari percobaan dengan menggunakan mesin pompa berbasis timer dan sensor kelembaban tanah. Instrumen penelitian ini memiliki tujuan untuk hasil yang

dapat dikumpulkan sesuai dengan data dan berdasarkan batasan tentang penelitian yang dilakukan. Dapat dilihat pada Tabel 3.1 merupakan kisi – kisi parameter yang ditentukan untuk melihat hasil percobaan mesin pompa air menggunakan timer. Pada penelitian menggunakan timer peneliti mengambil rujukan hidup mesin otomatis selama 60 menit dalam tiap harinya, sesuai dengan kebiasaan petani durian dengan melihat kondisi lingkungan.

Tabel 3.1 Kisi Pengujian Menggunakan Timer

No.	Mesin Pompa Air Menggunakan Timer		Total Konsumsi Energi Listrik (kWh)	Kondisi Cuaca
	Hari/Tanggal	Waktu Hidup		
1				
2				
3				
Rata - Rata				

Selanjutnya untuk lembar instrument berikutnya, untuk dapat melihat hasil energi yang terpakai untuk penggunaan mesin pompa air menggunakan sensor kelembaban dapat dilihat pada Tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 Kisi Pengujian Menggunakan Sensor Kelembaban

No.	Mesin Pompa Air Menggunakan Sensor Kelembaban				Total Konsumsi Energi Listrik (kWh)	Kondisi Cuaca
	Hari/Tanggal	Waktu Hidup I	Waktu Hidup II	Nilai Kelembaban		
1						
2						
3						
Rata -Rata						

D. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan dua cara, yaitu: pertama, adalah studi dokumentasi ketika melakukan penelitian dalam 3 hari percobaan pada mesin pompa air berbasis timer dan 3 hari menggunakan mesin pompa air berbasis sensor kelembaban. Kedua, adalah mencatat hasil yang ditunjukkan oleh alat pengukur wattmeter digital pada mesin pompa berbasis timer dan mesin pompa yang menggunakan sensor kelembaban.

E. Analisis Data

Analisis data merupakan proses mencari dan mengatur secara sistematis bahan-bahan yang ditemukan di lapangan. Metode analisis data dalam penelitian ini adalah analisis kuantitatif yang menunjukkan hasil penelitian dengan berbentuk angka-angka yang dapat dijelaskan sebagai representative hasil yang didapatkan. Pada penelitian ini untuk menganalisis data peneliti menggunakan alat watt meter yang dapat memberikan hasil lebih akurat terkait energi listrik yang terpakai sesuai dengan lama penggunaan. Untuk menghitung Energi Listrik yang digunakan dapat dilihat pada persamaan 3.1 berikut ini

$$W = P \cdot t \dots\dots\dots (\text{Persamaan, 3.1})$$

Keterangan:

W= Energi listrik (*Joule*)

P = Daya listrik (*Watt*)

t = Waktu (*second*)

Kemudian untuk melihat perbandingan energi yang digunakan antara keduanya, akan dihitung rata – rata dan selisih perbandingan antara keduanya.

BAB IV

HASIL PENELITIAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian ini meneliti tentang perbandingan antara penggunaan timer dan sensor kelembaban tanah untuk penyiraman mesin pompa otomatis guna melihat perbandingan penggunaan energi listrik yang dihasilkan. Lokasi pengumpulan data pada penelitian ini di Desa Deah Mamplam, Kecamatan Leupung, Kabupaten Aceh Besar. Lokasi dan gambaran kebun durian dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Kebun Durian

Dari Gambar 4.1 diatas dapat dilihat tampak jelas kebun durian yang diteliti. Pada penelitian ini saya menggunakan 6 batang pohon durian dari banyak pohon durian yang tersedia. Kemudian dalam penelitian ini perlu adanya nilai tingkat kelembaban tanah yang baik untuk kebun durian, memiliki habitat asli berupa

hutan di wilayah yang beriklim tropis. Pohon durian tumbuh baik di dataran rendah hingga ketinggian maksimal 800 mdpl. Wilayah yang memiliki kelembaban antara 50-80% merupakan tempat yang cocok untuk pertumbuhan pohon durian.¹⁹

Sesuai dengan penjelasan tersebut bahwa 50 hingga 80 % merupakan tingkat yang baik untuk kelembaban tanah. Kemudian pada penelitian ini peneliti mencoba menyesuaikan tingkat terendah dari kelembaban untuk mesin pompa hidup dan tingkat kelembaban teratas untuk mesin pompa mati, dengan cara melacak tingkat kelembaban tanah sebelum siram dan setelah siram untuk dapat ditentukan pada alat sensor kelembaban tanah yang diusulkan. Berikut Tabel Karakteristik Kelembaban tanah kebun durian yang telah ditentukan guna untuk mempermudah penelitian.

Tabel 4.1 Ketentuan Kelembaban Tanah

Nama	Kelembaban Tanah
Batas bawah kelembaban	20%
Batas atas kelembaban	80%

Penelitian ini akan melihat perbandingan penggunaan energi listrik antara mesin pompa air menggunakan timer dan mesin pompa air menggunakan sensor kelembaban tanah.

1. Hasil Pengujian Menggunakan Timer

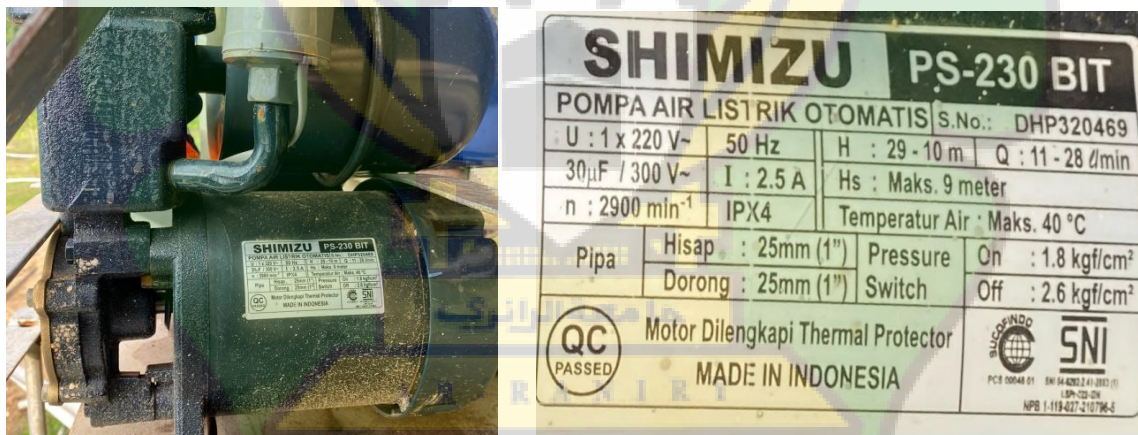
Untuk melakukan pengujian menggunakan timer, peneliti terlebih dahulu menyiapkan alat dan bahan, adapun bentuk dari alat yang dipersiapkan yaitu satu

¹⁹ Wiryanta B.T.W., 2008. Sukses Bertanam Durian. Yogyakarta (ID): Agromedia Pustaka.

buah timer dan satu buah mesin pompa air. Dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan 4.3.



Gambar 4.2 Mesin Timer



Gambar 4.3 Mesin Pompa Air

Setelah itu, peneliti melakukan pengujian dengan menghidupkan mesin pompa air dengan perintah timer yang ditentukan untuk hidup 1 kali untuk satu hari. Untuk mendapatkan data hasil penggunaan energi listrik yang dipakai selama hidup mesin pompa air, peneliti memakai alat bantu yaitu watt meter untuk lebih

mudah dalam pendataan hasil pengujian, bentuk dari alat watt meter yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Watt Meter

Kemudian setelah dilakukan penelitian hasil penggunaan energi listrik untuk mesin pompa air otomatis dengan mesin pompa air dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Menggunakan Timer

No.	Mesin Pompa Air Menggunakan Timer		Total Konsumsi Energi Listrik (kWh)	Kondisi Cuaca
	Hari/Tanggal	Waktu Hidup		
1	17/Juli/2023	17.00-18.00	0.338	Normal
2	18/Juli/2023	17.00-18.00	0.333	Kering
3	19/Juli/2023	17.00-18.00	0.332	Hujan/Basah
Rata-rata			0.334 Wh	

Pada Tabel 4.2 diatas dijelaskan bahwa pengujian yang dilakukan dalam 3 hari lamanya dengan waktu hidup yang sama di tiap harinya menghasilkan total penggunaan energi yang stabil dengan rata – rata 0.334 kWh. Hasil pengujian yang memperlihatkan pengujian hari I, hari II dan hari ke III pengujian timer dan mesin pompa air dapat dilihat pada Gambar 4.5, 4.6 dan 4.7.



Gambar 4.5 Pengujian Hari I Menggunakan Timer



Gambar 4.6 Pengujian Hari II Menggunakan Timer



Gambar 4.7 Pengujian Hari III Menggunakan Timer

Proses penyiraman kebun durian menggunakan timer untuk mesin pompa otomatis, saat mesin pompa melakukan penyiraman pada kebun durian dengan menggunakan sensor kelembaban dapat dilihat pada Gambar 4.8.

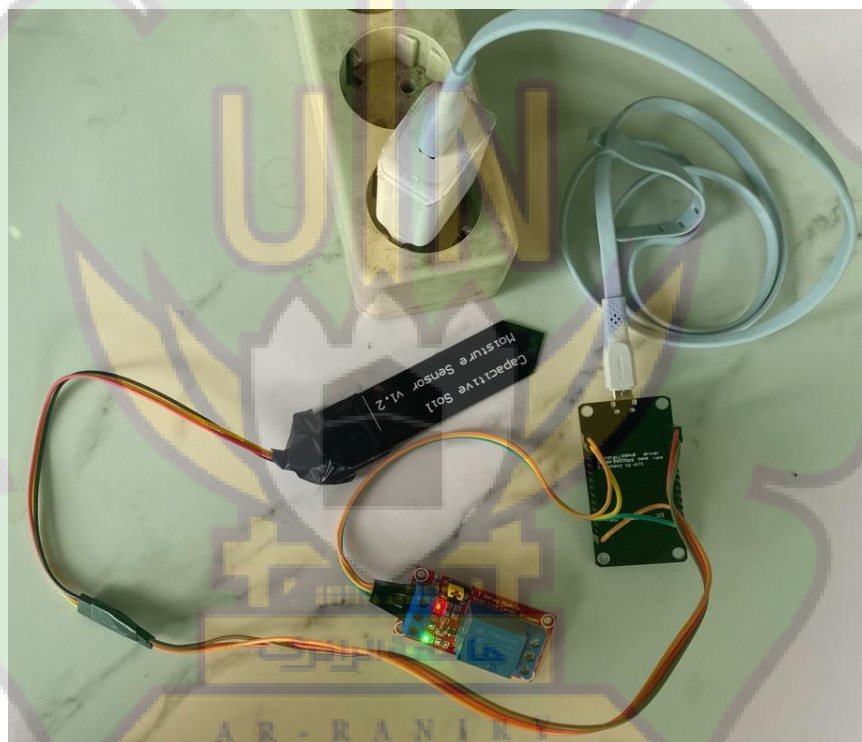


Gambar 4.8 Penyiraman Kebun Durian Menggunakan Timer

Pada Gambar diatas merupakan hasil dokumentasi pengujian yang dilakukan untuk setiap harinya pada pengujian penyiraman mesin pompa air otomatis menggunakan air dengan timer.

2. Hasil Pengujian Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah

Untuk melakukan pengujian menggunakan sensor kelembaban tanah, selain mempersiapkan 1 buah mesin pompa air, peneliti melakukan perancangan alat sensor kelembaban tanah secara mandiri dan dalam bentuk prototipe untuk dapat digunakan pada pengujian yang dilakukan. Hasil perancangan alat sensor kelembaban tanah untuk digunakan pada mesin pompa otomatis yang telah dirancang dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Hasil desain Akhir Sensor Kelembaban Tanah

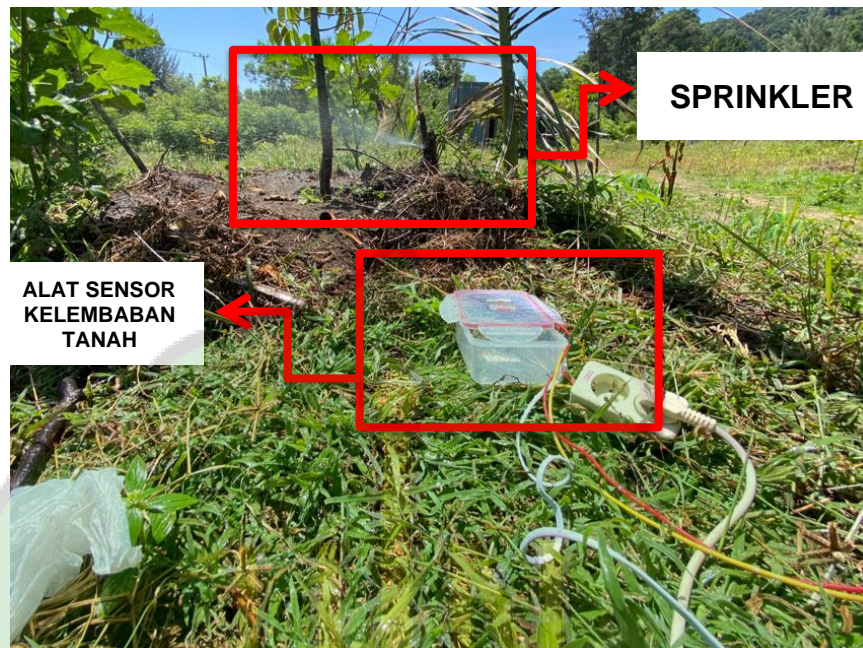
Hasil pengujian penelitian penggunaan energi yang dihasilkan dengan menggunakan alat sensor kelembaban tanah pada mesin pompa air otomatis. dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Hasil Pengujian Menggunakan Sensor Kelembaban

No.	Mesin Pompa Air Menggunakan Sensor Kelembaban				Total Konsumsi Energi Listrik(kWh)	Kondisi Cuaca
	Hari/Tanggal	Waktu Hidup I	Waktu Hidup II	Nilai Kelembaban		
1	21/Juli/2023	8.00 – 8.10	17.50 - 18.01	20 – 80 (%)	0.126	Normal
2	22/Juli/2023	8.20 – 8.31	17.10 - 17.21	20 – 80 (%)	0.139	Kering
3	23/Juli/2023	-	-	-	-	Hujan / Basah
Rata Rata					0.132	

Pada Tabel 4.3 diatas dijelaskan bahwa pengujian yang dilakukan dalam 3 hari lamanya dengan waktu hidup 2 kali di tiap harinya menghasilkan total penggunaan energi yang sedikit berbeda di tiap harinya dengan rata rata energi yang digunakan 0.132 kWh dan data yang didapat berhubungan dengan sesuai dengan kondisi cuaca. Dan pada hasil diatas juga dijelaskan bahwa dengan mesin sensor kelembaban pompa air otomatis ini akan mati, karena mendeteksi kelembaban yang basah atau melebihi ketentuan batas atasnya.

Pada pengujian sensor kelembaban tanah, tampak hasil dari penelitian ini, dengan menjelaskan hasil Mulai dari hasil yang ditampilkan oleh watt meter untuk pengujian hari I dan hari II dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan 4.12.



Gambar 4.10 Pengujian Menggunakan Sensor Kelembaban

Untuk total hasil penggunaan energi listrik pada mesin pompa air otomatis menggunakan sensor kelembaban.



Gambar 4.11 Pengujian Hari I Sensor Kelembaban



Gambar 4.12 Pengujian Hari II Sensor Kelembaban

Pada Gambar 4.11 dan 4.12 diatas, diperlihatkan hasil pengujian dari total energi yang digunakan dalam 1 hari dan juga alat dan bahan yang digunakan antara lain mesin pompa air dan watt meter sebagai penghitung total energi. Kemudian hasil penyiraman kebun durian menggunakan sensor kelembaban untuk mesin pompa air otomatis dengan memperlihatkan alat sensor kelembaban dan penyiraman air untuk kebun durian.

B. Hasil Perbandingan Penggunaan Energi

Penelitian ini bertujuan untuk melihat total energi yang dihasilkan oleh dua mesin pompa air otomatis dengan menggunakan timer dan alat sensor kelembaban tanah, Penelitian menggunakan alat bantu watt meter dalam pengumpulan data. Watt meter ini dapat membantu menghitung total energi selama hidupnya mesin pompa air, kemudian peneliti mencatat data energi yang ditampilkan oleh watt meter setelah mesin pompa air mati atau sesudah penyiraman selama 1 hari penuh. Adapun perbandingan penggunaan energi yang dihasilkan oleh mesin

pompa air otomatis berbasis timer dan sensor kelembaban dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Tabel Total Perbandingan Energi Yang Dihasilkan

Pengujian	Jumlah Energi Yang Digunakan(kWh)		Kondisi Cuaca
	Alat Timer	Sensor Kelembaban Tanah	
I	0.338	0.126	Normal
II	0.333	0.139	Kering
III	0.332	-	Hujan / basah
Total Energi	1.003 kWh	0.265 kWh	
Rata - Rata	0.334 kWh	0.132 kWh	
Selisih Energi	0.738 kWh		

Pada Tabel 4.4 diatas dapat dilihat bahwa perbandingan penggunaan energi yang jauh antara penggunaan Timer dan sensor kelembaban tanah untuk mesin pompa otomatis pada kebun durian. Dibuktikan dengan selisih dari total energi menggunakan timer dan alat sensor kelembaban tanah sebesar 0.738 kWh.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang digunakan, hasil dari penelitian ini disimpulkan dapat menjawab segala rumusan masalah pada penelitian ini.

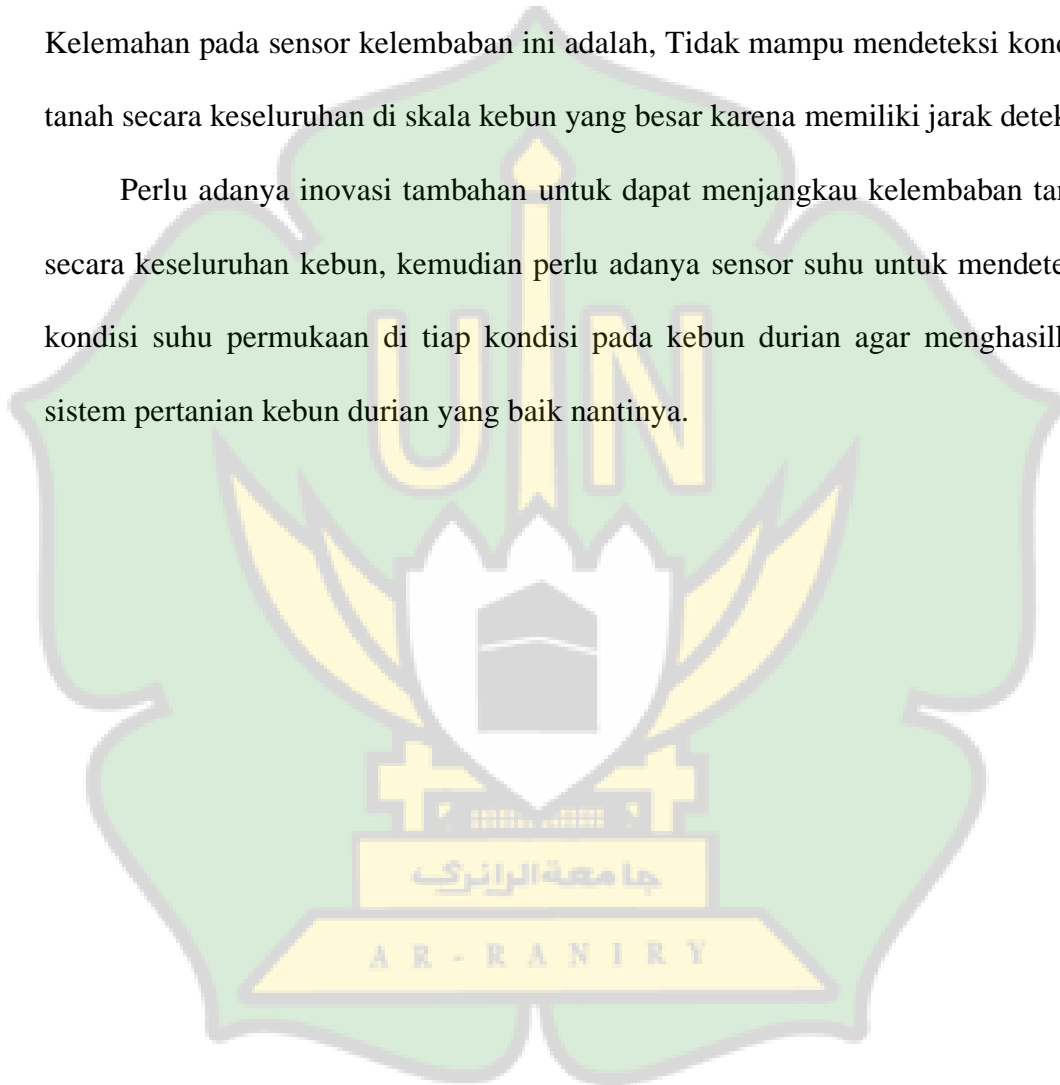
1. Hasil penggunaan energi listrik dengan mesin timer dan sensor kelembaban tanah pada mesin pompa air otomatis dengan pengujian selama 3 hari tiga kondisi cuaca yang berbeda, menunjukkan bahwa, hasil pengujian untuk penggunaan energi mesin pompa air otomatis menggunakan timer mendapatkan rata-rata energi yang digunakan sebesar 0.334 kWh. Hasil penggunaan energi pada mesin pompa air otomatis dengan sensor kelembaban tanah dengan rata-rata penggunaan energi 0.132 kWh..
2. Setelah dilakukan pengujian data penelitian yang didapat selama 3 hari akan dijumlahkan dan didapatkan total penggunaan energi diantara keduanya. Penggunaan energi mesin pompa air otomatis berbasis timer lebih tinggi dengan nilai total 1.003 kWh, dibandingkan penggunaan energi mesin pompa air otomatis berbasis sensor kelembaban tanah dengan nilai total 0.265 kWh.

Maka dapat disimpulkan bahwa mesin pompa air otomatis berbasis sensor kelembaban tanah lebih baik digunakan pada penyiraman otomatis di kebun durian dengan nilai penggunaan energi yang lebih rendah dengan selisih energi 0.738 kWh.

3. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, pengujian ini hanya dilakukan untuk melihat perbandingan energi listrik yang terpakai pada kedua alat ini yaitu Timer dan Sensor Kelembaban Tanah untuk mesin pompa air otomatis. Kelemahan pada sensor kelembaban ini adalah, Tidak mampu mendeteksi kondisi tanah secara keseluruhan di skala kebun yang besar karena memiliki jarak deteksi.

Perlu adanya inovasi tambahan untuk dapat menjangkau kelembaban tanah secara keseluruhan kebun, kemudian perlu adanya sensor suhu untuk mendeteksi kondisi suhu permukaan di tiap kondisi pada kebun durian agar menghasilkan sistem pertanian kebun durian yang baik nantinya.



DAFTAR PUSTAKA

- Arifin dan Zulita, *Perancangan Murottal Otomatis Menggunakan Mikrokontroller Arduino MEGA 2560*. Jurnal Media Infotama, Vol 12, No 1. 2016.
- Arikunto, *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta, 2018
- Budiarso, *Sistem Monitoring Tingkat Ketinggian Air Bendungan Bebas Mikrokotroller*. Jurnal Dinamika Informatika, Vol 3, No 1, 2011.
- Bayu, R. B. S., & Astutik, R. P. (2021). Rancang bangun smarthome berbasis qr code dengan mikrokontroller module esp32. JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering, 2(01), 47-60.
- Danida, *Buku Pedoman Energi Efisiensi untuk Desain Bangunan Gedung di Indonesia 3 Studi Kasus dan Informasi Tambahan*, Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Manusia, 2012.
- Effendi, N., Ramadhani, W., & Farida, F. (2022). Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis IoT. Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology), 3(2), 91-98.
- Ghurri, *Konsep Manajemen Energi*. Denpasar: Universitas Udayana, 2016
- Gunawan, G., & Sari, M. (2018). Rancang bangun alat penyiram tanaman otomatis menggunakan sensor kelembaban tanah. JET (Journal of Electrical Technology), 3(1), 13-17.
- Hidayat, Y. F., Hendrawan, A. H., & Ritzkal, R. (2019). Purwarupa Alat Penyiram Tanaman Otomatis menggunakan Sensor Kelembaban Tanah dengan Notifikasi Whatsapp. Prosiding Semnastek.
- Latif, N. (2021). Penyiraman Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Soil Moisture dan Sensor Suhu. Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Al Asyariah Mandar, 7(1), 16-20.
- Mochammad, *Analisis Efisiensi Pemakaian Energi Listrik Pada Pompa Air Terhadap Perubahan Beban Dengan Menggunakan MV-VSD Pada Gedung Instalasi Pompa Air 2 PT. Palyja*. (Jakarta: USAKTI, 2013.
- Mulyani dan Hartono, *Pengaruh Efisiensi Energi Listrik pada Sektor Industri dan Komersial terhadap Permintaan Listrik di Indonesia*, Jurnal Ekonomi Kuantitatif Terapan Vol. 11 No.1 (2018).

- Nasrullah, E., Trisanto, A., & Utami, L. (2011). Rancang bangun sistem penyiraman tanaman secara otomatis menggunakan sensor suhu lm35 berbasis mikrokontroler atmega8535. *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 5(3), 182-192.
- PMPI, *Buku Panduan Energi yang Terbuka*, Jakarta: Kementerian Energi dan Sumber Daya Manusia, 2012
- Prayama, D., Yolanda, A., & Pratama, A. W. (2018). Rancang Bangun Alat Pengontrol Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Di Area Pertanian. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 2(3), 807-812.
- Riza, dkk, *Analisis Debit Pada Pompa Air Mesin Bensin*, Tegal: Politeknik Harapan Bersama, 2018
- Robby, dkk, *Pompa Otomatis dengan Sensor Air Berbasis Arduino UNO*, Bandung: UPI, 2016
- Rahardjo, P. (2022). Sistem Penyiraman Otomatis Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pada Tanaman Mangga Harum Manis Buleleng Bali. *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, 21(1), 31.
- Sugiyono. *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, R dan D*. Bandung: Alfabeta, 2012.