

TUGAS AKHIR

IMPLEMENTASI PENGGUNAAN IoT, SENSOR ARUS DAN SENSOR TEGANGAN PADA SISTEM PENGONTROLAN PROTOTYPE PMT DAN PMS (*DISCONNECTING SWITCH*)

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

BIMA SURIA NASUTION

1907220022



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Bima Suria Nasution
NPM : 1907220022
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Implementasi Penggunaan IoT, Sensor Arus dan Sensor Tegangan Pada Sistem Pengontrolan Prototype PMT dan PMS (Disconnecting Switch)
Bidang ilmu : Sistem Kontrol

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 05 Oktober 2023

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

Dosen Pembanding I / Penguji



Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd

Dosen Pembanding II / Penguji



Ir. Abdul Azis Hutasuhut, M.M

Program Studi Teknik Elektro



Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Bima Suria Nasution
Tempat /Tanggal Lahir : Medan, 31 Maret 2001
NPM : 1907220022
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Implementasi Penggunaan IoT, Sensor Arus dan Sensor Tegangan Pada Sistem Pengontrolan Prototype PMT dan PMS (Disconnecting Switch)”,

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 05 Oktober 2023

Saya yang menyatakan,



Bima Suria Nasution

ABSTRAK

Berdasarkan penelitian terdahulu terkait dengan “Pemantauan Arus Listrik dan Pengendalian Circuit Breaker Arus Lebih Berbasis Internet of Things (IoT)” dimana Mikrokontroler berperan sebagai pusat kendali komponen input dan output. Selanjutnya sensor arus digunakan untuk membaca arus listrik AC yang mengalir pada penghantar instalasi listrik. Saat ini hampir semua orang mengetahui bagaimana memanfaatkan internet dan smartphone untuk kebutuhan pokok dalam menjalankan aktivitasnya. Dengan adanya teknologi Internet of Things semakin memudahkan dalam menghubungkan barang-barang elektronik dengan internet (Tama & Winardi, 2022) Dengan semakin canggihnya perkembangan teknologi saat ini, yang dapat diakses oleh semua orang dengan menggunakan internet dan banyaknya manfaat yang dimilikinya. Dengan menggunakan perangkat IoT yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari, penulis tertarik untuk membahas perangkat Internet of Things (IoT) dalam sistem kendali keamanan. Gangguan PMT dan PMS (Disconnecting Switch) dimana pemantauan dilakukan dari jarak jauh dan lebih mudah diterapkan. Penerapan IoT dalam monitoring gangguan pada PMT dan PMS adalah dengan menampilkan tegangan dan arus pada saluran 1, saluran 2 dan saluran 3 serta dilengkapi dengan tombol on/off untuk memutus dan menghubungkan jaringan. Tingkat keakuratan atau kebenaran hasil pembacaan IoT dibandingkan dengan hasil pembacaan pada LCD perangkat adalah 100%, dibuktikan dengan grafik arus dan tegangan dimana kedua hasil pembacaan tersebut saling tumpang tindih sehingga menunjukkan nilai yang sama. Tingkat sensitivitas relay yang dikontrol melalui IoT setelah pengumpulan data menggunakan stopwatch rata-rata 1,3 detik.

Kata Kunci : PMT, PMS, Arduino, Sensor

ABSTRACT

Based on previous research related to "Electric Current Monitoring and Circuit Breaker Control for Overcurrent Based on Internet of Things (IoT)" where the Microcontroller acts as a control center for input and output components. Next, the current sensor is used to read the AC electric current flowing in the electrical installation conductor. Currently, almost everyone knows how to use the internet and smartphones for basic needs in carrying out their activities. With the existence of Internet of Things technology, it makes it easier to connect electronic goods to the internet (Tama & Winardi, 2022) With the increasingly sophisticated development of technology today, which can be accessed by everyone using the internet and the many benefits of using IoT devices that can be applied in everyday life, the author is interested in discussing Internet of Things (IoT) devices in security control systems. PMT and PMS (Disconnecting Switch) disturbances where monitoring is carried out remotely and is easier to apply. The application of IoT in monitoring disturbances in PMT and PMS is by displaying the voltage and current on line 1, line 2 and line 3 and is equipped with an on/off button to disconnect and connect the network. The level of accuracy or correctness of the IoT reading results compared with the reading results on the device's LCD is 100%, as evidenced by the current and voltage graphs where the two reading results overlap, indicating the values are the same. The sensitivity level of the relay controlled via IoT after collecting data using a stopwatch is an average of 1.3 seconds.

Keywords: *PMS, PMS, Arduino, Sensor*

KATA PENGANTAR

Assalammualaikum Wr. Wb

Alhamdulillahirabbil'alamin puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan kesehatan dan rahmatnya yang berlimpah sehingga penulis dapat menyelesaikan ini. Selanjutnya tidak lupa pula penulis mengucapkan Shalawat dan Salam kepada Junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membawa Risalahnya kepada seluruh umat manusia dan menjadi suri tauladan bagi kita semua. Penyelesaian Tugas Akhir ini merupakan kewajiban bagi penulis guna melengkapi tugas-tugas serta memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan program Strata 1 Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul penulis yaitu : **“Implementasi Penggunaan Iot, Sensor Arus Dan Sensor Tegangan Pada Sistem Pengontrolan Prototype PMT Dan PMS (*Disconnecting Switch*)**. Dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini penulis banyak mendapatkan bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak yang tidak ternilai harganya. Untuk itu dalam kesempatan ini dengan ketulusan hati penulis mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah bersedia membantu, memotivasi, membimbing, dan mengarahkan selama penyusunan. Penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Terima kasih untuk yang istimewa kedua orang tua saya ayahanda Alm. Azhar Nasution dan Ibunda Mardaleni tercinta yang telah mengasuh dan mendidik penulis serta mendukung penulis untuk terus menempuh pendidikan serta dalam pembuatan Proposal Tugas Akhir ini.
2. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T.,M.T. selaku Dosen Pembimbing Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Prof. Dr. Agussani, M.AP selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregarr, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Faisal Irsan Pasaribu S.T.,M.T. selaku ketua Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

6. Ibu Elvy Sahnur Nasution, S.T., M.Pd. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Seluruh Dosen di Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan segala ilmu pengetahuan dan pengalaman kepada peneliti, serta seluruh staff pegawai Fakultas Teknik yang telah membantu peneliti baik selama masa pelaksanaan maupun dalam penyusunan ini.
8. Teman-teman seperjuangan M. Septo Pranoto, Novriyan Ditya, Dinda Syakilla
9. Teman-teman Kelas A3 Malam Teknik Elektro Stambuk 2019
10. Serta seluruh pihak yang tidak dapat peneliti sebutkan satu persatu. Peneliti hanya bisa berharap semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian semua. Amin.

Akhir kata penulis ucapkan banyak terima kasih semoga ini dapat penulis lanjutkan dalam penelitian dan akhirnya dapat menyelesaikan yang menjadi salah satu syarat penulis menyelesaikan studi di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Wassalammualaikum, Wr.Wb

Medan, 23 September 2023

Penulis

Bima Suria Nasution

1907220022

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Tinjauan Pustaka Relevan	5
2.2. Landasan Teori.....	8
2.2.1. Internet of Things (IoT)	8
2.2.2. Mikrokontroler.....	12
2.2.3. Sensor.....	18
2.2.4. PMT (Pemutus Tegangan)	24
2.2.5. PMS (Pemisah Tegangan).....	25
2.2.6. Sistem Tenaga Listrik	29
2.2.7. Gardu Induk	30
2.2.8. Trafo.....	33
2.2.9. Sistem Kontrol Interlocking Pada PMS dan PMT	34
BAB 3 METODE PENELITIAN	38
3.1. Waktu dan Tempat	38
3.1.1. Waktu.....	38
3.1.2. Tempat	38
3.2. Bahan dan Alat	38
3.3. Flowchart Penelitian.....	40
3.4. Implementasi IoT	41

3.5. Prosedur Penelitian.....	42
3.6. Rangkaian Alat.....	43
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1. Prototype Alat Pengontrolan PMT dan PMS IoT	44
4.1. Pengujian IoT pada Alat.....	49
4.1.1. Pengujian Hasil Arus Pada IoT.....	49
4.2.2. Pengujian Hasil Tegangan Pada IoT.....	54
4.2.3. Pengujian Sensitifitas Pengontrolan Relay Pada IoT.....	57
BAB 5 PENUTUP	60
5.1. Kesimpulan.....	60
5.2. Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram 3 dimensi IoT	10
Gambar 2. 2 Diagram Arsitektur IoT.....	12
Gambar 2. 3 Ruang Alamat Memori.....	14
Gambar 2. 4 Skema Mikrokotroller	14
Gambar 2. 5 Mikrokotroller	15
Gambar 2. 6 Blok Diagram MikroKotroller	18
Gambar 2. 7 Ilustrasi Sensor ACS 712	20
Gambar 2. 8 Terminal ACS 712	21
Gambar 2. 9 Skema Rangkaian Sensor ZMPT101B	22
Gambar 2. 10 Modul ZMPT101B.....	23
Gambar 2. 11 PMT	24
Gambar 2. 12 PMS Putar	25
Gambar 2. 13 PMS Siku	26
Gambar 2. 14 PMS Engsel.....	26
Gambar 2. 15 PMS Luncur	27
Gambar 2. 16 PMS Pantgraph	27
Gambar 2. 17 Sistem Ketenaga Listrikan	29
Gambar 2. 18 Single Line GI.....	31
Gambar 2. 19 Konstruksi Trafo	33
Gambar 2. 20 Plant Sistem Interlock PMT dan PMS	35
Gambar 2. 21 Hardware sistem Interlock PMT dan PMS	36
Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian.....	40
Gambar 3. 2 Implementasi IoT	41
Gambar 3. 3 Rangkaian Alat.....	43
Gambar 4. 1 Tampilan Iot Pada Smartphone.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 2 Perbandingan Hasil Bacaan Arus Pada Line 1.....	52
Gambar 4. 3 Perbandingan Hasil Bacaan Arus Pada Line 2.....	53
Gambar 4. 4 Perbandingan Hasil Bacaan Arus Pada Line 3.....	53
Gambar 4. 5 Perbandingan Hasil Bacaan Tegangan Pada Line 1.....	56
Gambar 4. 6 Perbandingan Hasil Bacaan Tegangan Pada Line 2.....	56
Gambar 4. 7 Perbandingan Hasil Bacaan Tegangan Pada Line 3.....	56

Gambar 4. 8 Tampilan IoT Pada Smartphone 2	57
Gambar 4. 9 Sensitifitas Relay Terhadap Tombol Pada IoT	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Sensor Tegangan ZMPT101B.....	23
Tabel 4. 1 Data Arus Pada LCD	49
Tabel 4. 2 Data Arus Pada Alat Ukur	51
Tabel 4. 3 Data Arus Pada IoT.....	51
Tabel 4. 4 Data Tegangan Pada LCD Alat	54
Tabel 4. 5 Data Tegangan Pada Alat Ukur	55
Tabel 4. 6 Data Tegangan Pada IoT.....	55
Tabel 4. 7 Data Pengujian Pengontrolan Relay	57

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring berkembangnya zaman yang semakin pesat dan semakin canggih, tentunya kebutuhan listrik juga otomatis semakin bertambah, dimana hari demi hari semakin banyak berbagai peralatan baik itu peralatan rumah tangga atau pun kebutuhan pada umumnya menggunakan energi listrik sebagai sumber untuk penggunaannya. Oleh karena itu PLN sebagai perusahaan yang mengelola energi listrik negara harus mampu memenuhi kebutuhan listrik secara terus menerus dan berkualitas. Maka dari itu, perlu dilakukannya pemeliharaan dan keamanan peralatan listrik agar selalu terjaga keberlangsungannya jika terjadi gangguan. Suatu gangguan listrik dapat terjadi dikarenakan oleh beberapa faktor, bisa terjadi gangguan oleh alam seperti hujan petir, angin kencang, banjir, ataupun bisa terjadi gangguan yang disebabkan terjadinya kesalahan pengoperasian sistem sehingga dapat mengakibatkan gangguan energi listrik yang berdampak rugi oleh masyarakat luas.

Maka dari itu diperlukan suatu sistem proteksi yang dapat melindungi peralatan listrik yang digunakan dari berbagai bentuk gangguan dan harus dapat meminimalisir akibat dari gangguan tersebut. Proteksi yang termasuk dalam sistem kelistrikan biasanya terdiri dari relay, transformator, sakelar atau sering disebut circuit breaker (PMT) dan juga *disconnect switch* (PMS). PMS merupakan sebuah perangkat yang berfungsi sebagai alat yang melindungi petugas dari sisa tegangan listrik yang terjadi pada saat listrik dimatikan. PMT atau pemutussirkuit adalah perangkat sakelar mekanis yang dapat memutus dan menghubungkan arus beban dalam kondisi normal maupun kondisi abnormal.

Sistem proteksi dapat di jalankan dengan baik dengan dukungan komponen pelatan yang mendukung, banyak perangkat-perangkat teknologi kelistrikan yang dapat membantu meringankan pekerjaan, salah satu manfaat yang bisa di dapat dari berkembangnya teknologi itu yaitu mempercepat efisiensi waktu pengerjaan, bisa memonitoring pekerjaan dari jarak jauh, dan bisa mendeteksi terjadinya gangguan dengan cepat. Salah satu alat yang dapat memudahkan dalam pemantauan sistem pengontrolan yaitu dengan menggunakan arduiono. Arduino merupakan suatu

perangkat elektronik atau sebuah papan elektronik open-source dengan komponen utama yaitu chip mikrokontroler. Mikrokontroler sendiri adalah chip atau IC (*integrated circuit*) yang dapat diprogram komputer yang tujuannya untuk memasukkan program ke dalam mikrokontroler agar rangkaian elektronik dapat melakukannya, membaca input, memproses input, dan kemudian menghasilkan output yang diinginkan (Kurniawan, 2018).

Selain itu untuk meringankan pekerjaan dalam mendeteksi terjadinya gangguan sistem PMS dan PMT pada perangkat listrik di pasang sebuah sensor arus dan sensor tegangan yang digunakan untuk mendeteksi jika terjadinya gangguan pada rangkaian listrik. Selain diperlukan sensor arus dan sensor tegangan, digunakan juga sebuah perangkat yang berbasis internet. Dengan berbasis internet ini sebuah perangkat dapat di kontrol dengan jarak jauh dan lebih efisien dalam memonitor jika terjadi suatu gangguan listrik. Jadi perangkat elektronik dan perangkat listrik dapat diperiksa dan dikendalikan dengan berbasis internet. Penggunaan Internet of Things (IoT) mengacu pada penggunaan Teknologi informasi, koneksi internet dan jaringan perangkat sensor yang bukan komputer agar dapat terhubung melalui jaringan internet.

Internet adalah teknologi yang mampu menghubungkan beberapa perangkat melalui media kabel atau nirkabel. Dengan bantuan Internet, perangkat apa pun dapat saling menerima informasi dan mengirimkannya ke perangkat lain. Salah satu kegunaan internet dikenal dengan IoT. IoT dapat memfasilitasi dan menghubungkan perangkat yang berbeda untuk berkoordinasi dan berkomunikasi satu sama lain secara online (Arto et al., 2019).

Berdasarkan penelitian sebelumnya terkait tentang “*Monitoring Arus Listrik Dan Kontrol Circuit Breaker Untuk Arus Lebih Berbasis Internet Of Things (Iot)*” dimana Mikrokontroler bertindak sebagai pusat kontrol untuk komponen input dan output. Selanjutnya sensor arus digunakan untuk membaca arus listrik AC yang mengalir pada saluran penghantar instalasi listrik. Saat ini hampir semua orang tahu menggunakan internet dan smartphone kebutuhan dasar dalam menjalankan aktifitas mereka, dengan adanya keberadaan teknologi IoT mempermudah untuk membuat barang elektronik terhubung dengan internet (Tama& Winardi, 2022)

Dengan semakin canggihnya perkembangan teknologi pada saat ini yang mana dapat di akses semua dengan menggunakan internet dan banyaknya manfaat penggunaan perangkat IoT ini yang bisa di aplikasikan dalam kehidupan sehari-hari membuat penulis tertarik untuk membahas tentang perangkat IoT pada sistem pengontrolan keamanan gangguan PMT dan PMS dimana dalam pemantauannya dalam dilakukan dengan jarak jauh dan lebih muda dalam pengaplikasiannya. Maka berdasarkan penelitian diatas, penulis tertarik dalam penyusunan tugas akhir dengan mengangkat judul ***"IMPLEMENTASI PENGGUNAAN IoT, SENSOR ARUS DAN SENSOR TEGANGAN PADA SISTEM PENGONTROLAN PROTOTYPE PMT DAN PMS(DISCONNECTING SWITCH)"***

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang dapat diambil pada tugas akhir ini, yaitu:

1. Bagaimana pengaplikasian IoT dalam memonitoring terjadinya gangguan pada sistem pengontrolan PMS dan PMT?
2. Bagaimana tingkat akurasi hasil bacaan sensor arus dan sensor tegangan yang diimplementasikan kedalam IoT?
3. Bagaimana tingkat sensitifitas relay sebagai pengontrolan pemutus dan penghubung jaringan pada masing – masing line?

1.3. Ruang Lingkup

1. Terjadinya gangguan pada sistem pengontrolan PMS dan PMS dimonitor dengan perangkat IoT.
2. Sensor arus dan sensor tegangan akan membaca terjadinya gangguan dan termonitor oleh perangkat IoT.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Mengetahui pengaplikasian IoT (Internet of Thing).dalam memonitoring terjadinya gangguan pada sistem pengontrolan PMS dan PMT.
2. Menganalisis tingkat akurasi hasil bacaan sensor arus dan sensor tegangan yang diimplementasikan kedalam *Internet of Things*.
3. Menganalisis tingkat sensitifitas relay sebagai pengontrolan pemutus dan penghubung jaringan pada masing – masing line.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat pada penelitian ini adalah :

1. Dapat mengoperasikan sistem kontrol PMS dan PMT dari jarak jauh.
2. Dapat mendeteksi dengan cepat jika terjadi gangguan pada sistem kontrol PMS dan PMT.

1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir diuraikan secara singkat sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan tentang pendahuluan, latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka relevan, yang mana berisikan tentang teori-teori penunjang keberhasilan didalam masalah pembuatan tugas akhir ini, dan juga teori dasar yang berisikan tentang penjelasan dari komponen utama yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang lokasi penelitian, fungsi-fungsi dari alat dan bahan penelitian, tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pengerjaan, tata cara dalam pengujian, dan struktur dari langkah-langkah pengujian

BAB IV ANALISA DAN HASIL PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang analisis hasil dari penelitian, serta penyelesaian masalah yang terdapat didalam penelitian ini.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan tentang kesimpulan dari penelitian dan saran-saran positif untuk pengembangan penelitian ini.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka Relevan

IoT telah banyak digunakan pada penelitian – penelitian terdahulu. Pemanfaatan IoT diimplementasikan dalam beragam jenis dan bermacam – macam fungsi. Adapun beberapa penelitian mengenai IoT yang relevan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut :

Penelitian oleh (Megawati, 2021) menerapkan sistem literature review untuk mengupas sekitar 50 penelitian yang berkaitan dengan IoT baik penelitian yang berbasis nasional maupun internasional. Dalam penelitian ini akan mendalami penerapan IoT dalam kehidupan sehari-hari manusia, mulai dari bidang pendidikan, kesehatan, ekonomi, keamanan, hingga transportasi. Selain beberapa bidang tersebut, dalam penelitian ini juga mereview beberapa penelitian yang menerapkan IoT dalam bidang yang lebih spesifik ke dalam kehidupan manusia. Hasil dari penelitian ini menjelaskan tentang rendahnya angka penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti Indonesia, rata-rata penelitian nasional yang berkaitan dengan pengembangan IoT tidak melebihi 10% dari keseluruhan penelitian yang telah di review. Penelitian yang telah dilakukan hanya terfokus pada bidang pendidikan dan keamanan, kurangnya penyebaran ide pada pengembangan IoT sehingga mengakibatkan rendahnya angka penelitian IoT pada bidang-bidang lainnya. Rendahnya angka penelitian yang dilakukan dapat ditingkatkan dengan bantuan pemerintah dalam penyediaan fasilitas yang memadai dan adanya kesadaran peneliti untuk mengembangkan penelitian yang lebih berbobot dan kaya akan informasi serta dapat mengikuti perkembangan dunia.

IoT telah banyak digunakan dalam perkembangan teknologi akhir-akhir ini. IoT dapat diartikan sebagai komunikasi antar perangkat menggunakan internet. Kecanggihan teknologi IoT dapat memudahkan banyak pekerjaan, termasuk mengontrol sistem hidroponik, sehingga perawatan tanaman dapat dilakukan di mana saja dan kapan saja. Hidroponik adalah solusi terbaik bagi masyarakat perkotaan yang kekurangan lahan untuk penghijauan. Komponen yang diperlukan dalam IoT adalah perangkat yang memiliki modul IoT, perangkat

untuk terhubung ke Internet seperti router atau modem, dan database tempat mengumpulkan semuanya. Tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan teknologi IoT untuk memantau dan mengontrol kondisi tanaman pada sistem hidroponik dari jarak jauh. Hasil pemrosesan sensor dari mikrokontroler end device akan dikirim oleh XBee ke mikrokontroler server dan ditampilkan ke web server ThingSpeak. Sebuah aplikasi dibuat untuk smartphone yang terhubung dengan ThingSpeak yang dapat memonitor dan mengontrol sistem kapanpun dan dimanapun. Kontrol akan mengirimkan logika satu atau nol ke ThingSpeak dan diteruskan ke perangkat. (Setiawan et al., 2019)

Listrik telah menjadi kebutuhan utama dalam kehidupan sehari-hari. Hampir setiap hari aktivitas manusia tidak terlepas dari penggunaan listrik. Saat ini tarif dasar listrik semakin mengalami kenaikan. Penghematan listrik perlu dilakukan dengan berbagai cara agar pemborosan listrik dapat ditanggulangi. Salah satu cara penghematan yang diusulkan pada penelitian ini adalah sistem pemantauan dan pengendalian beban listrik terpusat yang dapat dilakukan dari jarak jauh. Sistem jarak jauh akan menggunakan aplikasi IoT.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat desain, mengimplementasikan dan mengetahui unjuk kerja aplikasi IoT untuk pemantauan dan pengendalian beban listrik di ruangan. Penelitian dilakukan dengan membuat desain sistem dan mengimplemetasikannya dalam sebuah purwarupa (prototype). Alat yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain: laptop Intel Core i3, 4 GB RAM, Windows 7 64 bit, Perangkat lunak Arduino IDE dan Tools Set. Bahan yang digunakan antara lain: Mikrokontroler NodeMCU E12 Wifi, Relay Driver, LED indicator, Sensor PIR. Jalannya penelitian dibagi menjadi delapan tahap yang meliputi studi literatur, perumusan masalah dan tujuan, pengumpulan data, perancangan media, implementasi, analisis hasil, kesimpulan dan penulisan laporan. Analisis hasil penelitian dilakukan dengan cara melakukan uji fungsionalitas unjuk kerja sistem setiap bagian dan uji unjuk kerja sistem secara keseluruhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Desain aplikasi internet of things (IoT) untuk pemantauan dan pengendalian beban listrik di ruangan dibagi dalam 3 (tiga) bagian utama yaitu input, proses dan output. Bagian input terdiri atas 4 (empat) buah sensor PIR yang merepresentasikan pendeteksi keberadaan orang dalam ruangan. Bagian proses terdiri atas mikrokontroler yang sudah terintegrasi dengan perangkat wifi NodeMCU 12E. Bagian output terdiri atas

lampu LED indikator yang merepresentasikan kondisi beban yang ada dalam ruangan. Implementasi aplikasi IoT untuk pemantauan dan pengendalian beban listrik di ruangan dibangun dalam dua bagian yaitu hardware dan software. Hardware terdiri atas mikrokontroler nodeMCU 12E dan sensor PIR sedangkan software terdiri atas Arduino IDE sebagai compiler-nya dan Cayenne sebagai layanan IoT, Unjuk kerja aplikasi IoT untuk pemantauan dan pengendalian beban listrik di ruangan secara keseluruhan sudah dapat berjalan dengan baik sesuai dengan perencanaan. Semua sensor dan tampilan dapat berfungsi dengan baik walaupun kecepatannya masih bergantung pada kecepatan koneksi internet. (Erwan Eko Prasetyo, 2017)

Telah dilakukan penelitian mengenai pemanfaatan IoT dalam monitoring kadar kepekatan Asap dan Kendali Pergerakan Kamera. IoT sebagai komunikasi jarak jauh untuk sistem monitoring dan kendali. Dalam penelitian ini sistem dapat mendeteksi kadar asap dan dapat memonitornya melalui HP android, selain itu sistem ini dilengkapi kendali pergerakan kamera sehingga posisi kamera dapat dikendalikan dari jarak jauh untuk diposisikan terhadap pusat/sumber terdeteksinya keberadaan asap. Sistem ini sangat dibutuhkan sebagai keamanan gedung dan industri sebagai pencegah adanya kebakaran. Penelitian ini menggunakan sensor deteksi kadar kepekatan asap tipe MQ-2, Arduino Uno sebagai kontroler, Esp8266 sebagai modul Wifi dan motor servo sebagai penggerak kamera. Hasil pengujian membuktikan bahwa sistem telah berhasil diintegrasikan dan mampu mendeteksi kadar kepekatan asap dan memonitoring jarak jauh melalui HP android serta mengendalikan pergerakan kamera dengan baik. (Abdullah et al., 2021)

Kebakaran salah satu bencana yang mungkin saja terjadi sehingga menghancurkan atau membakar segala barang serta sesuatu yang kita miliki. Keterlambatan dalam penanganan dapat mengakibatkan kerugian baik itu jiwa ataupun materi. Solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan membangun sebuah sistem deteksi dini kebakaran yang dapat mengirim informasi kepada seseorang agar dapat ditangani dengan cepat. Metode penelitian yang digunakan yaitu eksperimen dimana sistem deteksi kebakaran langsung di uji coba.

Eksperimen dilakukan terhadap sensor api dan sensor suhu untuk menganalisis output seperti buzzer, LED, dan Notifikasi pada smartphone pengguna yang akan dilakukan. Hasil penelitian ini adalah membuat sebuah sistem deteksi dini kebakaran, apabila terjadi bahaya kebakaran pada suatu ruangan maka sistem secara otomatis mengirimkan pesan notifikasi ke smartphone bahwa telah terjadi kebakaran pada aplikasi blynk. Pengujian dilakukan dengan membuat simulasi kebakaran dengan ruangan yang di dalamnya terdapat api sehingga dapat memenuhi seluruh aspek yang diperlukan. Kesimpulan dari penelitian ini yaitu sistem deteksi dini kebakaran dapat memberikan peringatan pada pengguna apabila terjadi kebakaran di sekitar lokasi sistem melalui buzzer ataupun notifikasi smartphone sehingga dapat membantu mengurangi tingkat kebakaran serta kerugian yang dihasilkan. (Zidifaldi et al., 2022)

2.2. Landasan Teori

Berikut ini menjelaskan tentang teori – teori yang digunakan untuk membantu dan mempermudah proses penelitian yang dilakukan. Adapun teori – teori yang digunakan adalah sebagai berikut :

2.2.1. Internet of Things (IoT)

IoT adalah teknologi internet masa depan yang menjanjikan. IoT adalah jaringan yang menghubungkan sensor, aktuator, dan objek sehari-hari yang digunakan dalam perawatan kesehatan, transportasi, dan militer. Segala sesuatu di sekitar kita terhubung dengan internet melalui IoT (Sarhan, 2018: 40).

(Mudjanarko, 2017 :151) berpendapat bahwa definisi yang berbeda dari IoT adalah konsep atau skenario di mana suatu objek dapat mengirim data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi antara manusia atau komputer.

Internet, sistem elektromekanis mikro (MEMS), dan teknologi nirkabel semuanya bersatu untuk membentuk Internet of Things. Dalam konteks IoT, "benda" dapat merujuk ke subjek seperti orang dengan monitor untuk implan jantungnya, hewan ternak dengan transponder biochip, atau mobil dengan sensor bawaan untuk memberi tahu pengemudi saat tekanan ban rendah. Komunikasi mesin-ke-mesin (M2M) di bidang manufaktur, listrik, minyak, dan gas adalah area di mana IoT saat ini paling erat terkait. Sistem "pintar" sering digunakan untuk

merujuk pada produk yang memiliki kemampuan komunikasi M2M. (contoh: smart grid sensor, smart meter, dan smart label).

IoT telah dikembangkan selama beberapa dekade, terlepas dari kenyataan bahwa ide tersebut baru populer pada tahun 1999. Mesin Coke di Universitas Carnegie Mellon pada awal 1980-an adalah alat IoT pertama. Pemrogram tidak perlu pergi ke mesin untuk memeriksa status, memeriksa apakah minuman dingin sedang menunggu mereka, atau terhubung ke mesin melalui Internet. Dalam presentasi yang diberikan pada tahun 1999 oleh Kevin Ashton, salah satu pendiri dan direktur eksekutif Auto-ID Center di MIT, istilah IoT pertama kali digunakan.

Merek terkenal LG mengumumkan pada tahun 2000 akan mengembangkan dan merilis teknologi IoT, khususnya smart wardrobe. Lemari pintar ini dapat menentukan apakah stok makanan perlu diisi ulang. Melalui Program Savi, pada tahun 2003, FRID yang disebutkan sebelumnya mulai menonjol di era perkembangan teknologi Amerika. Walmart, peritel terbesar di dunia, mulai menggunakan RFID di semua tokonya di seluruh dunia pada tahun yang sama. Pada tahun 2005, media terkenal seperti *The Guardian* dan *Boston Globe* mulai mengutip berbagai artikel ilmiah dan proses pengembangan IoT, yang menyebabkan peningkatan popularitas IoT. Untuk memasarkan penggunaan IP dalam jaringan untuk "*Smart Objects*", yang juga bertujuan untuk mengaktifkan IoT itu sendiri, sejumlah bisnis sepakat untuk meluncurkan IPSO (IPSO) . (Zainab, et al., 2015: 38).

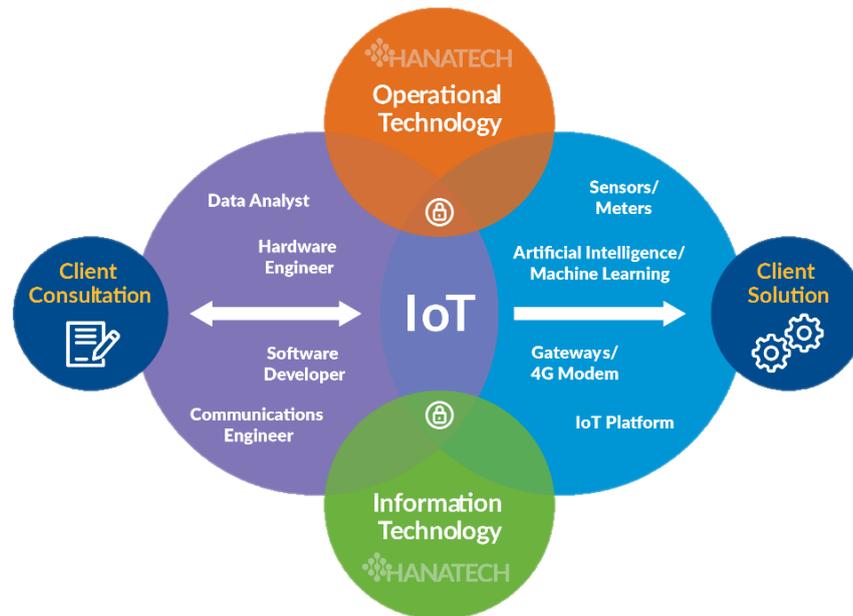
2.2.1.1.Desain dan Arsitektur IoT

Sistem IoT yang baik dibangun di atas dasar desain arsitektur yang baik. Di lingkungan IoT, skalabilitas, perutean, jaringan, dan masalah lainnya semuanya dapat diselesaikan dengan arsitektur yang baik. Huansheng (dalam Zainab, et al., 2015: 38) Biasanya, pendekatan arsitektur IoT berdasarkan tiga dimensi utama adalah :

- a) Item informasi : termasuk semua item yang terhubung ke lingkungan IoT mungkin merasakan item, mengidentifikasi item dan item kontrol.
- b) Jaringan independen : yang mencakup beberapa fitur seperti konfigurasi diri, perlindungan diri, adaptasi diri, dan optimalisasi diri;
- c) Aplikasi cerdas : yang memiliki perilaku cerdas melalui Internet secara umum. Perilaku cerdas memungkinkan kontrol cerdas, pertukaran metode data melalui item jaringan, pemrosesan data, semua aplikasi yang terkait

dengan IoT dapat diklasifikasikan menurut dimensi ini.

Ketika dimensi-dimensi ini bersatu, ruang baru yang disebut infrastruktur IoT dibuat. Ruang ini berfungsi sebagai sistem pendukung untuk hal-hal tertentu dan dapat memberikan berbagai layanan seperti identifikasi barang, identifikasi lokasi, dan perlindungan data. Tiga dimensi IoT dan koneksinya digambarkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. 1 Diagram 3 dimensi IoT

(Sarhan, 2018: 40).

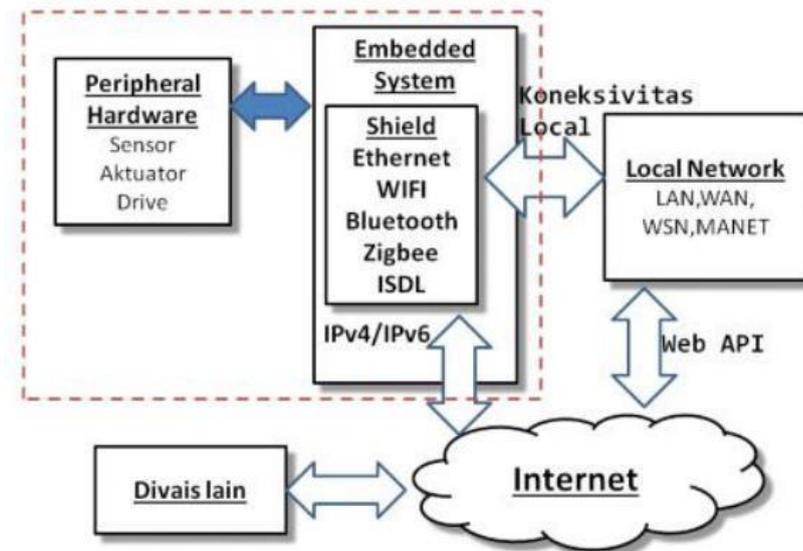
2.2.1.2.Cara Kerja IoT

IoT bekerja dengan menggunakan argumen pemrograman. Setiap argumen perintah dapat menciptakan interaksi antar mesin yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan tidak dibatasi oleh jarak yang jauh. Internet sekarang menjadi penghubung antara dua interaksi antar mesin. Di Internet of Things, manusia hanya berfungsi sebagai pengatur dan pengawas mesin langsung. Komponen fundamental IoT adalah :

1. IoT dan kecerdasan buatan membuat hampir semua mesin yang ada menjadi "pintar". Hasilnya, teknologi berbasis AI dapat meningkatkan Internet of Things dalam segala hal. Data, algoritme untuk kecerdasan buatan, dan jaringan yang tersedia digunakan untuk mengembangkan teknologi yang ada. Contoh sederhana termasuk meningkatkan atau mengembangkan lemari es dan freezer sehingga mereka dapat memesan secara otomatis ke supermarket ketika stok susu dan sereal hampir habis.
2. Konektivitas IoT memungkinkan pembuatan jaringan baru serta jaringan khusus IoT. Jaringan tidak lagi hanya bergantung pada penyedia utamanya. Jaringan tidak perlu luas dan mahal; itu dapat diakses dalam skala yang jauh lebih kecil dengan biaya lebih rendah. Jaringan kecil antar sistem perangkat dapat dibuat oleh IoT.
3. Sensor adalah yang membedakan IoT dari mesin berteknologi tinggi lainnya. Sensor ini mampu mendefinisikan instrumen, yang mengubah perangkat IoT pasif menjadi sistem aktif yang dapat dimasukkan ke dalam kehidupan sehari-hari dan menyimpang dari standar jaringan.
4. IoT memperkenalkan model baru untuk keterlibatan aktif dengan konten, produk, dan layanan.
5. Perangkat berukuran kecil. Perangkat kecil yang dibuat khusus digunakan di Internet of Things untuk kecepatan, skalabilitas, dan kemampuan beradaptasi yang tinggi.

2.2.1.3. Arsitektur Dasar IoT

Embedded System merupakan mikrokontroler berbasis RISC, seperti Intel MCS-96, PIC16F84, Atmel 8051, Motorola 68H11, dan sebagainya (Sulistyanto, dkk., 2015:20). Perangkat keras khusus, perangkat lunak sistem, API Web, dan protokol membentuk arsitektur IoT, yang memungkinkan perangkat tersemat cerdas untuk terhubung ke internet dan mengakses data sensor atau memindahkan sistem kontrol melalui internet. (Gambar 2.12).



Gambar 2. 2 Diagram Arsitektur IoT

(Sarhan, 2018: 40).

Ada berbagai metode yang digunakan perangkat untuk terhubung ke internet, seperti Ethernet, Wi-Fi, Bluetooth, dan sebagainya. Selain itu, perangkat mungkin tidak langsung terhubung ke internet melainkan berada di cluster (seperti jaringan sensor) dan terhubung ke base station (internet). Alamat IP yang unik diperlukan karena perangkat ini harus ditemukan dengan cara yang unik. Karena IPv4 hanya mendukung hingga 4 miliar nomor IP, perangkat pada dasarnya adalah skema IPv6 dengan perkiraan 20 miliar divisi IoT online.

2.2.2. Mikrokontroler

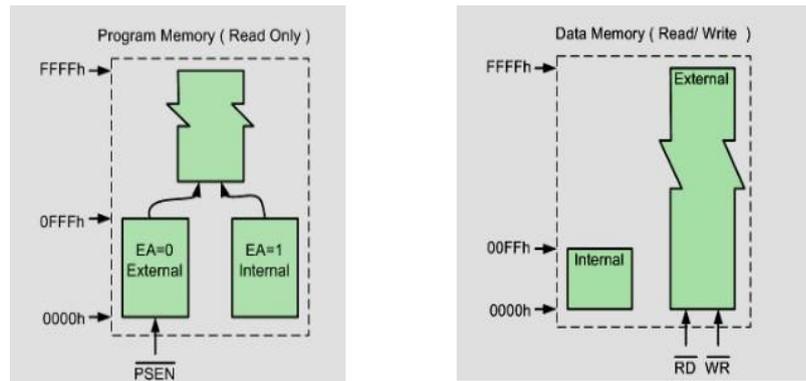
Sistem komputer yang dikenal sebagai "komputer mikro chip tunggal" adalah sistem yang semua atau sebagian besar komponennya terkandung dalam satu chip sirkuit terintegrasi (IC). Menurut Chamim (2010), mikrokontroler adalah jenis komputer yang melakukan satu atau lebih tugas yang sangat spesifik. Komponen mikrokontroler antara lain :

- a. Pemroses (processor)
- b. Memori,
- c. Input dan output

Kadang kala, mikrokontroler ini menggabungkan banyak chip ke satu papan sirkuit. Karena perangkat ini ideal untuk tugas khusus, aplikasi yang diinstal di komputer ini dirancang khusus untuk tugas tersebut. Karena desainnya yang relatif mudah, mikrokontroler ini biasanya harganya lebih murah daripada komputer jenis lain dalam hal harga. Salah satu mikrokontroler yang sering sekaligus digunakan adalah Arduino Uno, Arduino Uno yang berfungsi untuk menjalankan alat melalui pemrograman menggunakan Personal Computer (PC), power supply berfungsi untuk mensuplai tegangan langsung ke komponen atau mengubah tegangan AC (*Alternating Current*) 220 V menjadi DC Tegangan (*Direct Current*) 12 Volt (Noorly, Pasaribu, Aziz & Atikah, 2022)

Meskipun penggunaannya masih kalah dengan *Programmable Logic Control* (PLC), mikrokontroler menawarkan sejumlah keunggulan dibandingkan PLC. Meskipun demikian, mikrokontroler banyak digunakan di industri. Karena mikrokontroler lebih kecil dari modul PLC, maka letaknya dapat diatur dengan lebih mudah. Banyak peralatan rumah tangga, termasuk mesin cuci, telah banyak menggunakan mikrokontroler. Mikrokontroler banyak digunakan dalam manajemen lalu lintas, bidang medis, dan banyak bidang lainnya sebagai pengontrol sederhana. Komputer yang digunakan dalam mobil untuk mengontrol stabilitas mesin dan perangkat pengatur lalu lintas di lampu lalu lintas adalah contoh dari alat ini. Hanya ada dua mikrokontroler secara teknis, RISC dan CISC, dan masing-masing memiliki keluarga atau garis keturunannya sendiri. Reduced Instruction Set Computer disingkat RISC: CISC yang merupakan singkatan dari Complex Instruction Set Computer, memiliki lebih banyak fitur meskipun memiliki instruksi yang lebih sedikit. Bisa dibilang petunjuknya lebih lengkap dan fasilitasnya cukup. Keluarga Motorola dengan seri 68, keluarga MCS51 yang membuat Atmel, Philip, dan Dallas, dan keluarga PIC dari Microchip, Renesas, dan Zilog adalah di antara banyak jenisnya. Setiap keluarga masih memiliki sejumlah jenis yang berbeda. Akibatnya, menghitung jumlah mikrokontroler sangat menantang. Dalam hal betapa mudahnya belajar, orang yang berbeda perlu mengetahui hal yang berbeda. Mikrokontroler BASIC Stamp dapat diprogram menggunakan bahasa pemrograman BASIC, Jstamp dapat diprogram menggunakan bahasa pemrograman Java, C++ dapat diprogram menggunakannya untuk keluarga MCS51, dan masih banyak lagi.

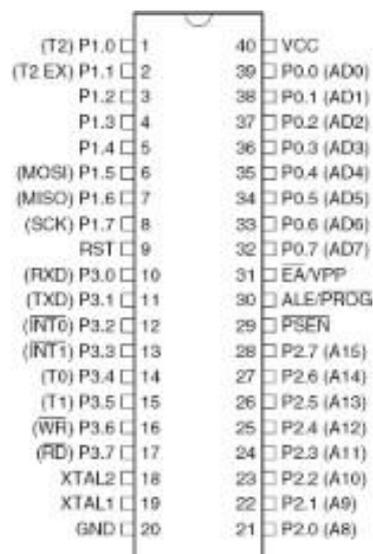
Memori mikrokontroler adalah ruang alamatnya sendiri. Memori mikrokontroler terdiri dari memori program dan memori data yang dipisahkan. Ini memungkinkan untuk mengakses data memori dan menggunakan pengalamatan 8-bit, memungkinkan kapasitas akses 8-bit mikrokontroler untuk langsung menyimpan dan memanipulasinya. (ROM/EPROM) memori program read-only Kita dapat menggunakan memori eksternal (RAM) untuk memori data.



Gambar 2. 3 Ruang Alamat Memori

(Sumber : Chanim, 2010)

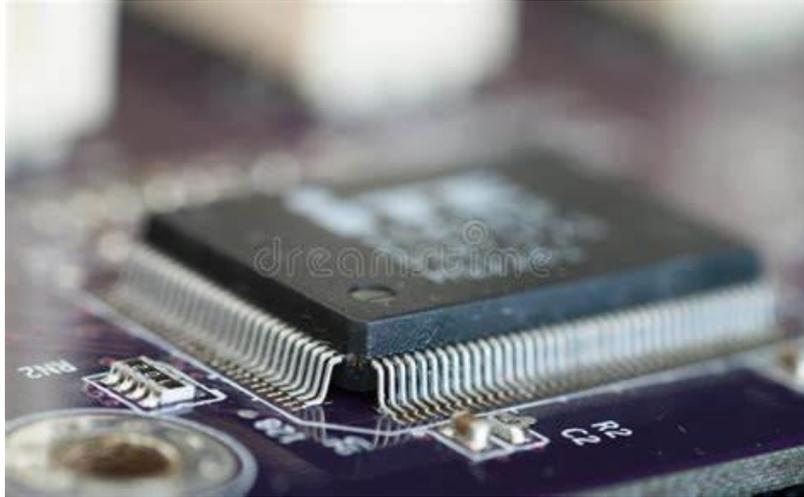
Register yang disebut "Register Fungsi Khusus" dapat ditemukan di dalam mikrokontroler. Keluarga MCS-51, misalnya, memiliki alamat SFR dari 80H hingga FFH. Ilustrasi skema mikrokontroler dapat ditemukan di sini :



Gambar 2. 4 Skema Miktkontroler

(Sumber : Chanim, 2010)

Sebuah sistem komputer yang dikenal sebagai mikrokontroler terkandung dalam sirkuit terpadu (IC). RAM, ROM, dan port IO hanyalah beberapa komponen penting yang membentuk komputer pada umumnya yang dapat ditemukan di sirkuit terpadu (IC). Mikrokontroler, berbeda dengan komputer pribadi yang biasanya dibuat untuk digunakan oleh semua orang, biasanya hanya dibuat untuk melakukan hal-hal tertentu, seperti mengontrol sistem tertentu.



Gambar 2. 5 Mikrokontroller

(Sumber : Chanin, 2010)

Hal ini tidak terlepas dari kedudukan mikrokontroler sebagai sistem tertanam, komponen perangkat sistem, atau sistem yang lebih besar, oleh karena itu orang juga menyebutnya sebagai mikrokontroler tertanam. Singkatnya, mikrokontroler dapat dianggap sebagai sistem komputer yang diapit sirkuit terpadu (IC). Sebelum mikrokontroler dapat digunakan, suatu perintah atau program harus dimasukkan ke dalam IC.

Ada karakteristik tertentu yang membedakan perangkat elektronik dari perangkat lain. Mikrokontroler memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

- Kemampuan CPU yang tidak terlalu tinggi Tidak seperti CPU, mikrokontroler sederhana biasanya hanya memiliki kemampuan untuk menjalankan atau memproses beberapa perintah. Meskipun banyak mikrokontroler saat ini memiliki spesifikasi yang lebih canggih, mereka tidak dapat menandingi kemampuan CPU untuk memproses data yang dihasilkan perangkat lunak.

- Mikrokontroler Memori Internalnya Kecil Anda yang sering melihat mikrokontroler pasti akan menyadari bahwa mikrokontroler memiliki memori internal yang kecil. Mikrokontroler biasanya hanya mendukung ukuran Bit, Byte, atau Kilobyte.
- Mikrokontroler dengan Memori Non-Volatile Dengan menggunakan memori non-volatile, perintah dapat dihapus atau dibuat ulang, dan data yang disimpan dalam mikrokontroler tidak boleh hilang meskipun daya tidak disuplai (Powersupply).
- Perintah yang Relatif Sederhana Dengan kemampuan CPU yang tidak terlalu tinggi, tidak banyak berpengaruh pada kemampuan mengolah data. Namun demikian, mikrokontroler canggih, seperti yang digunakan untuk pemrosesan sinyal dan tugas lainnya, masih terus dikembangkan.
- Port I/O terkait erat dengan program dan perintah. Port I/O adalah salah satu bagian terpenting mikrokontroler. Fungsi utama port input dan output I/O adalah sebagai jalur komunikasi. Port I/O yang disederhanakan memungkinkan perangkat input dan output untuk berkomunikasi satu sama lain..

2.2.2.1. Jenis – Jenis Mikrokontoller

1) Mikrokontroer AVR

Mikrokontroler AVR adalah mikrokontroler RISC 8-bit, dan merupakan jenis mikrokontroler yang paling sering digunakan dalam aplikasi elektronika dan instrumentasi. Ini adalah jenis mikrokontroler yang berjalan pada satu siklus clock, sedangkan mikrokontroler AVR dibagi menjadi empat kelas berdasarkan penggunaan atau fungsinya, memori, dan periferal: keluarga ATmega, AT90Sxx, ATTiny, dan AT86RFxx.

2) PIC

PIC adalah komponen dari keluarga mikrokontroler RISC. Ini pada awalnya dikembangkan dengan maksud untuk meningkatkan kinerja sistem I/O dengan memanfaatkan teknologi CPR 16-bit CP1600 General Instrument. PIC sekarang memiliki EPROM, kernel motor, dan komunikasi serial, di antara fitur-fitur lainnya. tetapi juga memiliki memori program mulai dari 32 hingga 512 kata. Bahasa assembly mendefinisikan satu kata sebagai satu instruksi, dengan 12 hingga 16 bit tergantung pada PICMicro. PIC merupakan

salah satu jenis mikrokontroler yang sangat populer di kalangan developer karena murah, memiliki banyak aplikasi database, dapat diprogram ulang melalui port serial komputer, dan banyak digunakan.

3) Mikrokontroler AT89S52

Mikrokontroler AT89S52 Versi perbaikan dari mikrokontroler AT89C51, Mikrokontroler AT89S52 Mikrokontroler AT89S52 memiliki dua input data 16-bit, memori flash 8K byte, dan RAM 256 byte adalah :

- a. Cocok dengan jenis mikrokontroler tipe MCS51
- b. Dengan adanya 8K Bytes ISP flash memori maka meningkatkan kemampuan baca/tulis hingga 1000 kali
- c. 32 Jalur I/O yang dapat diprogram ulang
- d. 256 X 8 bit RAM internal dengan 8 sumber interrupt
- e. Memiliki Tegangan kerja 4-5 V dengan rentang 0-33MHz
- f. Memiliki mode pemrograman In System Programmable yang fleksibel (Byte dan Page Mode)

4) Mikrokontroler ATmel91 Series

Jenis kelompok Mikrokontroler Atmel lain yang umumnya terdapat dipasaran yaitu AT90, Tiny & Mega series - AVR, Atmel AVR32, Atmel AT89 series, dan MARC4

5) MCS51 Series

Beberapa tipe Mikrokontroler MCS51 series yaitu :

8031 - tidak memiliki ROM internal
8051 - 4K ROM internal

8751 - 4K EPROM/OTP

8951 - 4K EPROM/MTP

ukuran ROM; '51(4K), '52(8K), '54(16K), '58(32K)

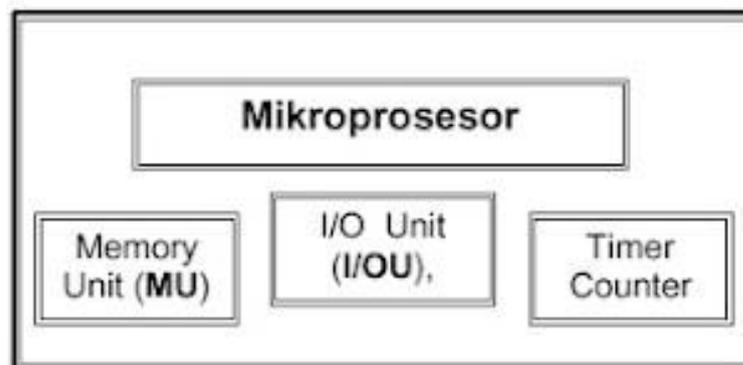
80C51 - In System Programmable (ISP)
89C2051 - kemasan 20-pin

Kata "pengontrol" pada mikrokontroler dan "prosesor" pada mikroprosesor pada dasarnya adalah yang membedakan mikrokontroler dari mikroprosesor. Kita sudah mengetahui perbedaan mendasar antara mikrokontroler dan mikroprosesor dari perbedaan terminologi ini. Kita dapat menyimpulkan perbedaan mendasar antara mikroprosesor dan mikrokontroler dari perbedaan antara kedua istilah ini. Mikroprosesor adalah prosesor kecil, sedangkan mikrokontroler adalah pengontrol kecil.

Pertanyaannya, tentu saja, apa yang diproses atau dikontrol-program, data, atau perintah yang dimasukkan. Dari sini, orang dapat dengan jelas melihat perbedaan antara kedua perangkat tersebut.

Mikroprosesor yang lebih sering disebut dengan *Central Processing Unit* (CPU) berguna untuk mengambil dan menghitung data, melakukan perhitungan dan mengolah data, serta menyimpan hasil pengolahan atau perhitungan dari data tersebut agar hasilnya dapat ditampilkan pada layar monitor. Monitor jika mereka diperiksa secara lebih mendalam berdasarkan fungsinya. Padahal mikrokontroler itu sendiri berguna untuk mengontrol sistem atau perangkat yang menggunakan data dalam Read-Only Memory (ROM).

CPU merupakan salah satu komponen yang menyusun mikrokontroler. Sebuah chip tunggal menampung sirkuit ALU, CU, register, RWM, ROM, serial dan paralel I/O, counter-timer, dan clock.



Gambar 2. 6 Blok Diagram MikroKontroller

(Sumber : Chanim, 2010)

2.2.3. Sensor

Sensor adalah alat untuk mendeteksi sesuatu, yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Dalam lingkungan sistem pengendali dan robotika, sensor memberikan kesamaan yang menyerupai mata, pendengaran, hidung, lidah yang kemudian akan diolah oleh kontroler sebagai otaknya. Sensor merupakan bagian transduser yang berfungsi untuk melakukan sensing atau “merasakan dan menangkap” adanya perubahan energi eksternal yang akan masuk ke bagian input dari transduser, sehingga perubahan kapasitas energi yang ditangkap segera

dikirim kepada bagian konverter dan transduser untuk diubah menjadi energi listrik.

Sensor atau sering disebut juga dengan Transducer merupakan piranti yang mentransform (mengubah) suatu nilai (energi) fisik ke nilai fisik yang lain, menghubungkan antara fisik nyata dan piranti elektronika yang berguna untuk monitoring, controlling, dan proteksi. Sensor adalah peralatan yang digunakan untuk merubah suatu besaran fisik menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu. (Rizky & Pasaribu, 2017)

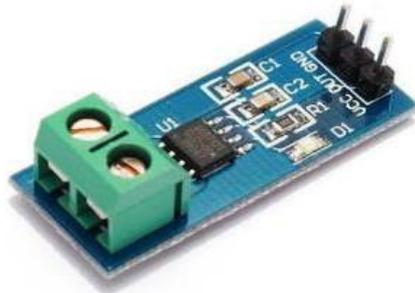
Sensor dalam melakukan sensing harus memenuhi persyaratan-persyaratan kualitas yakni :

- a. Linieritas : konversi harus benar-benar proposional jadi, karakteristik konversi harus linier.
- b. Tidak tergantung temperatur : keluaran konverter tidak boleh tergantung pada temperatur di sekelilingnya, kecuali sensor suhu.
- c. Kepekaan : kepekaan sensor harus dipilih sedemikian sehingga, pada nilai-nilai masukan yang ada dapat diperoleh tegangan listrik keluaran yang cukup besar.
- d. Waktu tanggapan : waktu tanggapan adalah waktu yang diperlukan keluaran sensor untuk mencapai nilai akhirnya pada nilai masukan yang berubah secara mendadak. Sensor harus dapat berubah cepat bila nilai masukan pada sistem tempat sensor tersebut berubah.
- e. Batas frekuensi terendah dan tertinggi : batas-batas tersebut adalah nilai frekuensi masukan periodik terendah dan tertinggi yang masih dapat dikonversi oleh sensor secara benar. Pada kebanyakan aplikasi disyaratkan bahwa frekuensi terendah adalah 0 Hz.
- f. Stabilitas waktu : untuk nilai masukan (input) tertentu sensor harus dapat memberikan keluaran (output) yang tetap nilainya dalam waktu yang lama.
- g. Histerisis : gejala histerisis yang ada pada magnetisasi besi dapat pula dijumpai pada sensor. Misalnya, pada suatu temperatur tertentu sebuah sensor dapat memberikan keluaran yang berlainan.

Empat sifat diantara syarat-syarat dia atas, yaitu linieritas, ketergantungan pada temperatur, stabilitas waktu dan histerisis menentukan ketelitian sensor (Sapitri, 2017).

2.2.3.1.Sensor Arus ACS 712

Menurut (Taif. Abbas dan Jamil 2019) ACS712 adalah paket IC yang dapat digunakan sebagai sensor arus daripada trafo arus karena lebih kecil dan tidak terlalu besar. Mirip dengan sensor efek hall lainnya, ACS712 menggunakan medan magnet di sekitar arus untuk menghentikannya menjadi tegangan linier saat arus berubah. Nilai variabel sensor ini dimasukkan ke dalam mikrokontroler, untuk diproses. Keluaran sensor ini masih berupa sinyal tegangan AC yang disearahkan oleh rangkaian penyearah agar mikrokontroler dapat mengolahnya.



Gambar 2. 7 Ilustrasi Sensor ACS 712

Sumber : (Ratnasari & Senen, 2017)

Sensor arus Hall Effect ACS712 dikatakan satu (Ratnasari dan Senen, 2017). Efek Hall Allegro ACS712 adalah sensor arus AC atau DC presisi yang digunakan untuk mengukur arus dalam sistem komersial, industri, otomotif, dan komunikasi. Aplikasi tipikal sensor ini meliputi perlindungan beban berlebih, catu daya mode switching, mengendalikan motor, dan mendeteksi beban listrik.

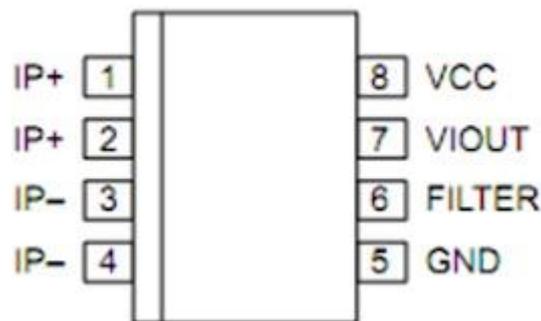
Sensor arus ACS712 juga dapat dianggap sebagai sensor untuk mendeteksi arus. Namun, menggunakan sensor arus ACS712 biasanya memiliki kelemahan, seperti kenyataan bahwa nilai arus yang berasal dari sensor tidak linier, terkadang memerlukan tingkat linier yang lebih tinggi. Kami pertama-tama akan berbicara tentang sensor ACS712 sebelum melangkah lebih jauh. Sensor arus ACS712 atau Hall Effect merupakan modul yang berfungsi untuk mendeteksi aliran arus listrik yang melewatinya. Memiliki variasi jenis berdasarkan arus maksimum yaitu 5A, 20A, dan 30A, serta menggunakan VCC 5V. Efek Hall Allegro ACS712 adalah

sensor arus AC atau DC presisi yang digunakan untuk mengukur arus dalam sistem komersial, industri, otomotif, dan komunikasi. Aplikasi tipikal sensor ini meliputi perlindungan beban berlebih, catu daya mode switching, mengendalikan motor, dan mendeteksi beban listrik. Beban yang perlu diukur dihubungkan secara seri dengan sensor ini.

Karena memiliki jalur tunggal khusus tembaga dan sirkuit Hall linear dengan offset rendah, sensor ini memberikan pembacaan yang sangat akurat. Arus baca mengalir melalui kabel tembaga di sensor ini, menciptakan medan magnet yang ditangkap oleh Integrated Hall IC dan diubah menjadi tegangan proporsional. Beginilah cara kerja sensor ini.

Dengan menempatkan komponen internal dekat dengan hall transducer dan konduktor yang menghasilkan medan magnet, akurasi pembacaan sensor dapat ditingkatkan. Bi CMOS Hall IC buatan pabrik yang sangat presisi di dalamnya akan distabilkan dengan tepat oleh voltase proporsional rendah. Gambar dan daftar terminal untuk ACS712 disediakan di bawah ini.

Pin-out Diagram



Gambar 2. 8 Terminal ACS 712

Spesifikasi Sensor ACS712 :

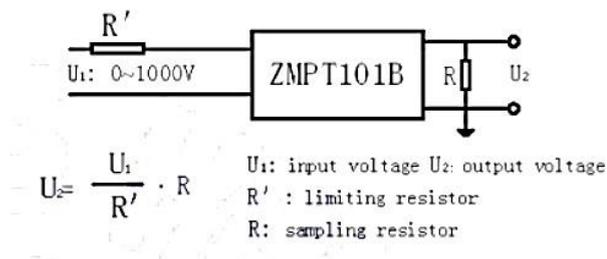
- Rise time output = 5 μ s.
- Bandwidth sampai dengan 80 kHz.
- Total kesalahan output 1,5% pada suhu kerja $T_A = 25^\circ\text{C}$.
- Tahanan konduktor internal 1,2 m Ω .
- Tegangan isolasi minimum 2,1 kVRMS antara pin 1-4 dan pin 5-8.
- Sensitivitas output 185 mV/A.

- g) Mampu mengukur arus AC atau DC hingga 30 A.
1. Tegangan output proporsional terhadap input arus AC atau DC.
 2. Tegangan kerja 5 VDC.

Untuk mengukur arus yang melewati sensor ini digunakan rumus tegangan pada pin Out = $2,5 \pm (0,185 \times I)$ Volt, dimana I = arus yang terdeteksi dalam satuan Ampere. Sensor Arus ACS 712 dapat digunakan sebagai sensor untuk membaca aliran arus listrik maupun sebagai proteksi dari beban berlebih. Sensor ini biasanya digunakan pada project yang berbasis mikrokontroler seperti Arduino dan AVR.

2.2.3.2. Sensor Tegangan ZMPT101B

Modul sensor ZMPT101B adalah sensor tegangan yang dapat mengukur tegangan dari 0-1000V. Prinsip kerja dari sensor ini adalah dengan menurunkan tegangan masukan menggunakan step down transformator, kemudian dengan masuk ke op-amp dan akan didapat nilai keluaran yang stabil tergantung dari nilai masukannya.



Gambar 2. 9 Skema Rangkaian Sensor ZMPT101B

Tabel 2. 1 Spesifikasi Sensor Tegangan ZMPT101B

Model	ZMPT101B
Arus primer	2mA
Arus sekunder	2mA
Turns ratio	1000:1000
Phase angle error	$\leq 20'$ (input 2mA, sampling resistor 100 Ω)
Jangkauan linear	0~1000V – 0~10mA (sampling resistor 100 Ω)
Linearitas	$\leq 0.2\%$ (20%dot~120%dot)
Toleransi kesalahan	$-0.5\% \leq f \leq 0$ (input 2mA, sampling resistor 100 Ω)
Tegangan terisolasi	4000V
Pengaplikasian	Pengukuran tegangan dan daya
Same Polarity	1 3pin
Encapsulation	Epoxy
Instalasi	PCB
Suhu operasional	-40°C~+70°C

Sumber : (Drewer & Gann, 1994)

Modul sensor ZMPT101B memiliki dimensi yang kecil, akurasi pengukuran yang tinggi, dan konsistensi keluaran yang stabil untuk pengukuran tegangan dan daya. Modul sensor ini biasanya digunakan untuk pengukuran daya/energi, perlengkapan rumah tangga, dan perlengkapan industri. (Drewer & Gann, 1994)



Gambar 2. 10 Modul ZMPT101B

2.2.4. PMT (Pemutus Tegangan)

Pemutus Tenaga (PMT) adalah peralatan saklar atau switching mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal, serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode tertentu) dan memutus arus beban dalam kondisi abnormal atau gangguan seperti kondisi hubung singkat (short circuit). (Muqadam, 2022)



Gambar 2. 11 PMT

Fungsi utama PMT yaitu sebagai alat pembuka atau penutup suatu rangkaian listrik dalam kondisi berbeban, serta mampu membuka atau menutup saat terjadi arus gangguan (hubung singkat) pada jaringan atau peralatan lain. (Muqadam, 2022)

Pada kondisi normal PMT dapat dioperasikan lokal oleh operator untuk maksud switching dan perawatan. Pada kondisi abnormal atau gangguan, current transformer (CT) akan membaca arus lebih yang lewat apabila sudah ditentukan kemudian relay akan mendeteksi gangguan dan menutup rangkaian trip circuit, sehingga trip coil energized, lalu mekanis penggerak PMT akan dapat perintah buka relay dan beroperasi membuka kontak-kontak PMT, maka gangguan pun akan hilang. (Muqadam, 2022).

2.2.5. PMS (Pemisah Tegangan)

PMS merupakan suatu peralatan sistem tenaga listrik yang berfungsi sebagai saklar pemisah rangkaian listrik dalam kondisi bertegangan atau tidak bertegangan tanpa arus beban. Penempatan PMS terpasang di antara sumber tenaga listrik dan PMT (PMS Bus) serta di antara PMT dan beban (PMS Line/Kabel) dilengkapi dengan PMS Tanah (Earthing Switch). Untuk tujuan tertentu PMS Line/Kabel dilengkapi dengan PMS Tanah. Umumnya antara PMS Line/Kabel dan PMS Tanah terdapat alat yang disebut interlock. Maka dapat disimpulkan bahwa Pemisah (PMS). (Politeknik Negeri Sriwijaya, 2014)

Switch adalah sebuah saklar pemisah yang memisahkan rangkaian baik yang bertegangan maupun tidak bertegangan tetapi tidak boleh dalam keadaan berbebankarena pada PMS tidak dilengkapi peredam busur api.



Gambar 2. 12 PMS Putar

(Pratama, 2020)

Pada gambar di atas merupakan salah satu jenis PMS dengan jenis PMS Putar, PMS tersebut memiliki dua buah kontak diam dan dua buah kontak gerak yang dapat berputar pada sumbunya. Model saklar pemisah ini biasanya di letakkan di luar Gardu Induk. Selain jenis PMS tersebut, masih ada beberapa jenis PMS lainnya:

1. Pemisah Siku

Saklar pemisah siku ini tidak memiliki kontak diam tetapi hanya terdapat dua buah kontak gerak yang gerakannya hanya mempunyai besar sudut 90 derajat. Model saklar pemisah ini biasanya di letakkan di luar Gardu Induk.



Gambar 2. 13 PMS Siku

2. Pemisah Engsel

Saklar pemisah engsel ini memiliki satu kontak diam dan satu engsel yang dapat membuka ke atas dengan sudut 90 derajat. Saklar pemisah ini gerakannya dari engsel yang biasanya digunakan untuk tegangan menengah 20 kV – 6 kV. Model saklar pemisah ini biasanya di letakkan di luar Gardu Induk.



Gambar 2. 14 PMS Engsel

3. Pemisah Luncur

Saklar pemisah luncur ini gerakan kontakanya hanya bergerak keatas dan kebawah saja. Model saklar pemisah ini biasanya berada di dalam kubikel dengan peralatan-peralatan yang lain dan di letakkan di dalam Gardu Induk



Gambar 2. 15 PMS Luncur

4. Pemisah Pantograph

Saklar pemisah pantograph ini mempunyai kontak diam yang terletak pada rel dan kontak gerak yang terpasang pada ujung lengan-lengan pantograph. Model saklar pemisah ini biasanya di letakkan di luar Gardu Induk. Pemisah pantograph biasanya digunakan di jaringan 500 kV.



Gambar 2. 16 PMS Pantgraph

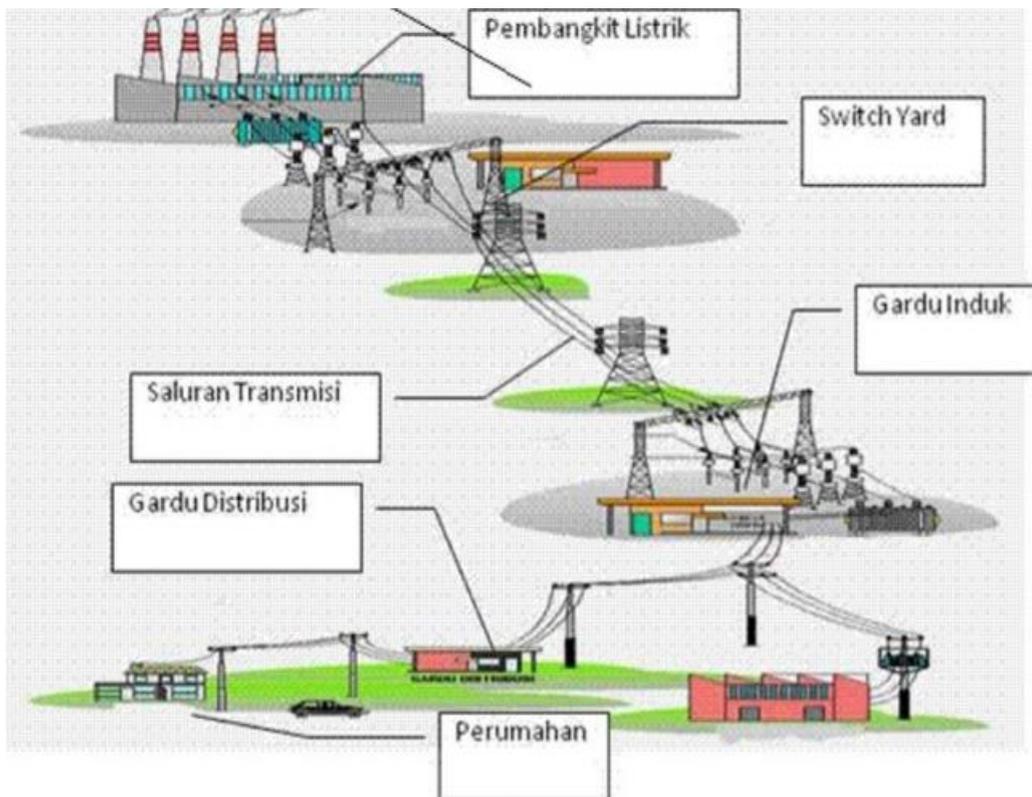
Pada dasarnya prinsip PMS ini sama dengan prinsip saklar biasa. PMS dipakai untuk membebaskan PMT dari tegangan yang mengalir pada PMT tersebut. Agar dapat dilakukan perawatan atau perbaikan pada PMT tersebut, maka PMS harus dibuka agar pada PMT tersebut tidak ada tegangan dan PMT aman bagi teknisi yang akan melakukan perawatan. Saat rangkaian sudah bebas dari beban dengan membuka PMT terlebih dahulu maka Pemisah (PMS) boleh dioperasikan (dibuka/ditutup) melalui tuas penggerak yang terdapat pada marshalling kios nya. Tujuan nya adalah untuk mengamankan jaringan dari tegangan induksi sehingga jika ada pekerjaan tidak akan membahayakan manusia (Pratama, 2020)

PMS ini memiliki sistem interlocking yang berfungsi untuk mengamankan saat membuka atau menutup PMS dan meminimalisir terjadinya kesalahan saat akan mengoperasikannya. Pada dasar nya PMS merupakan alat pemisah rangkaian yang dioperasikan secara manual, karena waktu pemutusan terjadi sangat subjektif, tergantung pada subjek operator nya. Maka dari itu PMS tidak boleh dioperasikan pada saat rangkaian dalam keadaan dialiri arus beban. Selain itu juga pada PMS ini tidak dilengkapi dengan peredam busur api seperti pada PMT. Jadi, dapat dikatakan kerja dari PMS dan PMT ini harusla secara interlock. Sistem interlock ini mengharuskan PMS, PMT dan saklar pembumian bekerja sesuai urutan kerjanya. Jika komponen- komponen itu tidak bekerja sesuai urutan kerjanya, maka akan terjadi busur api atau hubung singkat yang justru akan menyebabkan kerusakan pada komponen lainnya yang tersambung dengan pemisah, pemutus tenaga, dan saklar pembumian itu, seperti transformator (Pratama, 2020)

Jadi PMS merupakan peralatan yang memisahkan rangkaian listrik dalam keadaan tidak berbeban karena pada PMS ini tidak dilengkapi dengan peredam busur api sehingga jika mengoperasikannya dalam keadaan masih dialiri arus beban akan terjadi busur api ataupun hubung singkat yang kemudian akan menyebabkan semakin banyak kerusakan pada peralatan lainnya. Untuk meminimalisir terjadinya kesalahan dan mengamankan jaringan serta pekerjanya, maka pemisah ini bekerja secara interlocking. (Pratama, 2020)

2.2.6. Sistem Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik adalah suatu sistem yang terdiri dari beberapa komponen berupa pembangkitan, transmisi, distribusi dan beban yang saling berhubungan dan berkerja sama untuk melayani kebutuhan tenaga listrik bagi pelanggan sesuai kebutuhan. Secara garis besar Sistem Tenaga Listrik mulai dari pembangkitan, penyaluran / transmisi hingga pendistribusian sampai kepada konsumen dapat digambarkan dengan skema seperti gambar berikut ini :



Gambar 2. 17 Sistem Ketenaga Listrikan

Tenaga listrik dibangkitkan oleh pusat – pusat tenaga listrik seperti PLTA, PLTU, PLTB, PLTG, PLTGU, PLTP, dan PLTD. Tegangan listrik yang dibangkitkan oleh pusat tenaga listrik semula sebesar 11 KV kemudian di naikan secara bertahap melalui transformator step-up menjadi 150 KV dan 500 KV. Setelah tegangan dari pembangkit di naikan melalui trafo step-up menjadi 150 KV atau 500 KV kemudian disalurkan melalui jaringan transmisi. Transmisi tenaga listrik adalah proses penyaluran listrik dari pembangkitan ke distribusi listrik. Standar tegangan pada sistem transmisi di Indonesia diklasifikasikan sebagai Tegangan Ekstra Tinggi (TET)

dengan besaran tegangan 500 KV dan Tegangan Tinggi (TT) dengan besaran tegangan 150 KV. Tujuan tegangan dari pembangkit dinaikan yaitu agar dapat meminimalisir rugi-rugi daya dan drop tegangan, karena penyaluran pasti melalui jalur yang panjang, semakin panjang jalur maka akan semakin berpengaruh pada rugi daya jika tegangan tidak dinaikan.

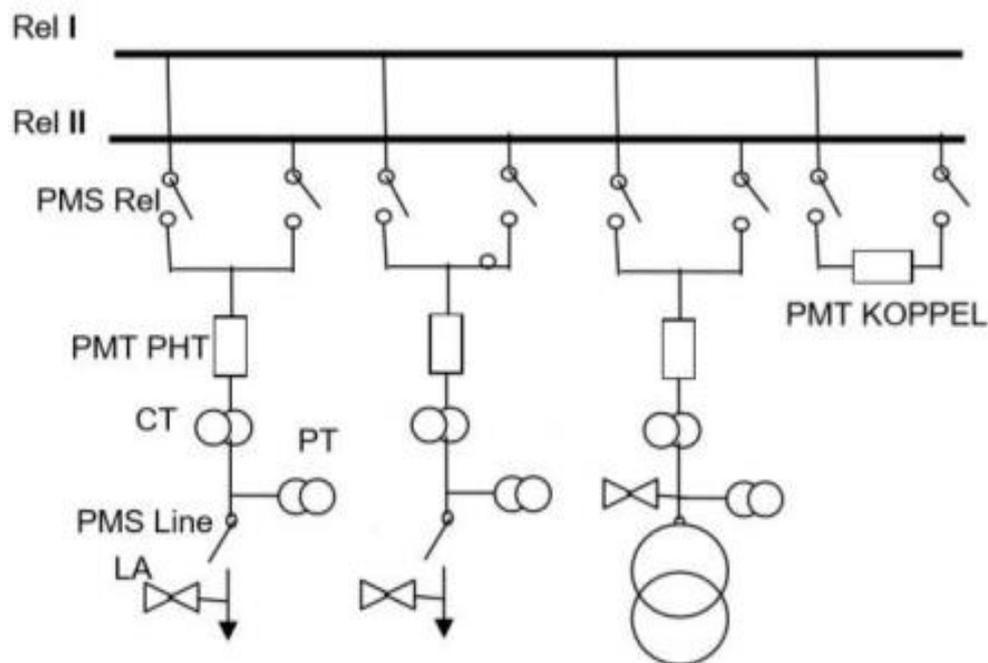
Tenaga listrik yang disalurkan melalui jaringan transmisi kemudian sampai di gardu induk untuk diturunkan tegangannya melalui transformator step-down dari Tegangan Ekstra Tinggi (TET) atau Tegangan Tinggi (TT) menjadi Tegangan Menengah (TM) dengan besaran tegangan 20 KV yang kemudian akan disalurkan ke jaringan distribusi melalui gardu. Dari gardu distribusi tenaga listrik di salurkan ke jaringan distribusi primer dan jaringan distribusi sekunder. Jaringan distribusi primer merupakan Jaringan Tegangan Menengah (JTM) 20 KV yang kemudian disalurkan ke konsumen distribusi primer. Dari jaringan distribusi primer tegangan kembali diturunkan melalui transformator distribusi dari TM 20 KV menjadi Tegangan Rendah (TR) 380/220 V. Jaringan Tegangan Rendah (JTR) tersebut kemudian disalurkan ke konsumen TR misalnya konsumen rumah tangga.

2.2.7. Gardu Induk

Menurut (A.N Afandi) dalam buku Sistem Tenaga Listrik Operasi Sistem & Pengendalian mengatakan bahwa gardu induk adalah bagian dari suatu sistem tenaga yang dipusatkan pada suatu tempat berisi saluran transmisi dan distribusi, perlengkapan hubung bagi, transformator, dan peralatan pengaman serta peralatan kontrol . Menurut (Aslimeri, Ganefri, dan Zaedel Hamdi) dalam buku Teknik Transmisi Tenaga Listrik jilid 2 mengatakan bahwa gardu induk adalah merupakan alat penghubung listrik dari jaringan transmisi ke jaringan distribusi primer Menurut PT.PLN (Persero) dalam buku . Sistem Proteksi dan Gardu Induk mengatakan bahwa gardu Induk merupakan suatu sistem instalasi listrik yang terdiri dari susunan dan rangkaian sejumlah perlengkapan yang dipasang menempati suatu lokasi tertentu untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik, menaikkan dan menurunkan tegangan sesuai dengan tingkat tegangan kerjanya, tempat melakukan kerja switching rangkaian suatu sistem tenaga listrik dan untuk menunjang keandalan sistem tenaga listrik terkait.

Dari beberapa sumber tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa gardu induk adalah instalasi peralatan sistem tenaga listrik yang terdiri dari peralatan hubung bagi, transformator, peralatan control, peralatan pengukuran dan peralatan pengamanan yang berfungsi menerima dan menyalurkan tenaga listrik melalui sistem TET, TT dan TM. Jenis gardu induk diklasifikasikan berdasarkan jenis tegangan dan konfigurasi rel / busbar. Berdasarkan jenis tegangannya gardu induk dibagi menjadi Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) dengan nominal tegangan 500 KV dan Gardu Induk Tegangan Tinggi (GITT) dengan nominal tegangan 150 KV. Sedangkan berdasarkan jenis busbarnya gardu induk dibagi menjadi *single busbar*, *double busbar* dan *one half busbar*. Dalam tugas akhir ini penulis memfokuskan pada jenis gardu induk tegangan tinggi dengan konfigurasi double busbar.

Busbar atau rel adalah titik pertemuan/hubungan trafo-trafo tenaga, SUTT, SKTT dan peralatan listrik lainnya untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik/daya listrik. Gardu induk sistem double busbar adalah gardu induk yang mempunyai dua busbar. Gardu induk dengan sistem double busbar sangat efektif untuk mengurangi terjadinya pemadaman beban . Berikut merupakan gambar single line gardu induk sistem double busbar :



Gambar 2. 18 Single Line GI

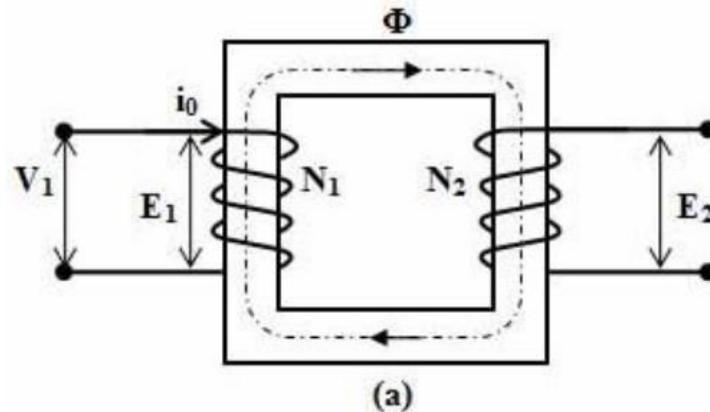
Menurut (DR. Arismunandan dan DR. Kuwahara) dalam buku Teknik Tenaga Listrik Jilid III operasi gardu induk merupakan proses pengoperasian peralatan gardu induk guna menunjang kontinuitas dan mutu penyaluran sistem tenaga listrik . Operasi gardu induk menyangkut pengawasan, pencatatan, kontrol dan penyetelan operasi dari semua peralatan. Tujuan akhir dari rangkaian operasi gardu induk adalah untuk mempertahankan besar tegangan dan frekuensi sesuai dengan standar yang ditentukan serta mencegah terjadinya gangguan, jika masih terjadi gangguan maka harus dihilangkan secepatnya. Oleh karena itu mutu dan kontinuitas penyaluran tenaga listrik dapat terjaga.

Menurut PT.PLN (Persero) dalam buku Sistem Proteksi dan Gardu Induk manuver adalah suatu prosedur untuk mengubah posisi jaringan / instalasi dari kondisi tidak operasi (keluar dari sistem) ke kondisi operasi (masuk kedalam sistem) atau sebaliknya. Dalam manuver terjadi suatu kegiatan operasi peralatan switching berupa pembukaan dan penutupan PMT, PMS.

Menurut (Afandi, A.N.) dalam buku Sistem Tenaga Listrik Operasi Sistem & Pengendalian sistem interlock adalah suatu cara untuk mengamankan jalannya proses serta pengamanan peralatan dari unit yang paling kecil sampai keseluruhan sistem. Dimana alat pengaman tersebut terkait satu dengan yang lainnya sehingga membentuk satu kesatuan yang memproteksi sistem yang bekerja secara bersamaan atau dengan kata lain hanya membolehkan satu saja yang bekerja. Sistem interlock merupakan suatu sistem proteksi yang sangat vital dan menentukan pada setiap sistem operasi gardu induk. Tanpa adanya sistem interlock ini pengoperasian pada gardu induk akan sering dan banyak mendapat gangguan bahkan dapat menyebabkan bahaya kebakaran serta merenggut nyawa para operator lapangan yang berakibat terputusnya aliran listrik kepada para konsumen.

2.2.8. Trafo

Menurut Zuhail dan Zhanggishan dalam buku Prinsip Dasar Elektroteknik transformator adalah suatu alat listrik yang dapat memindahkan dan mengubah energi listrik dari satu atau lebih rangkaian listrik ke rangkaian listrik yang lain, melalui suatu gandingan magnet berdasarkan prinsip induksi-elektromagnet.



Gambar 2. 19 Konstruksi Trafo

Jika kumparan primer transformator dihubungkan ke sumber daya listrik bolak-balik, transformator akan mengalirkan arus pada kumparan primer dan menghasilkan fluks magnet yang berubah-ubah sesuai frekuensi yang masuk ke transformator. Fluks magnet yang berubah diperkuat oleh adanya inti besi ke kumparan sekunder. Sehingga pada ujung-ujung kumparan sekunder akan timbul GGL induksi. Besar tegangan keluaran (GGL) dari sebuah transformator, nilainya berbanding lurus dengan besar perubahan fluks pada saat terjadi induksi. Jika kumparan primer suatu transformator dihubungkan ke sumber tegangan bolak balik, sementara kumparan sekunder dalam keadaan tidak dibebani, maka di kumparan primer mengalir arus yang disebut dengan arus beban nol (i_0). Arus ini akan membangkitkan fluks bolak-balik pada inti. Fluks bolak-balik ini dilingkupi oleh kumparan primer dan kumparan sekunder.

Transformator digunakan secara luas baik dalam bidang tenaga listrik maupun elektronika. Transformator yang digunakan untuk catu daya adalah transformator step-down yang berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik sesuai dengan kebutuhan komponen elektronika yang terdapat pada rangkaian catu daya (DC power supply). Output dari transformator masih berbentuk arus bolak-balik (arus AC) yang harus diproses untuk menjadi arus searah (arus DC) oleh rectifier.

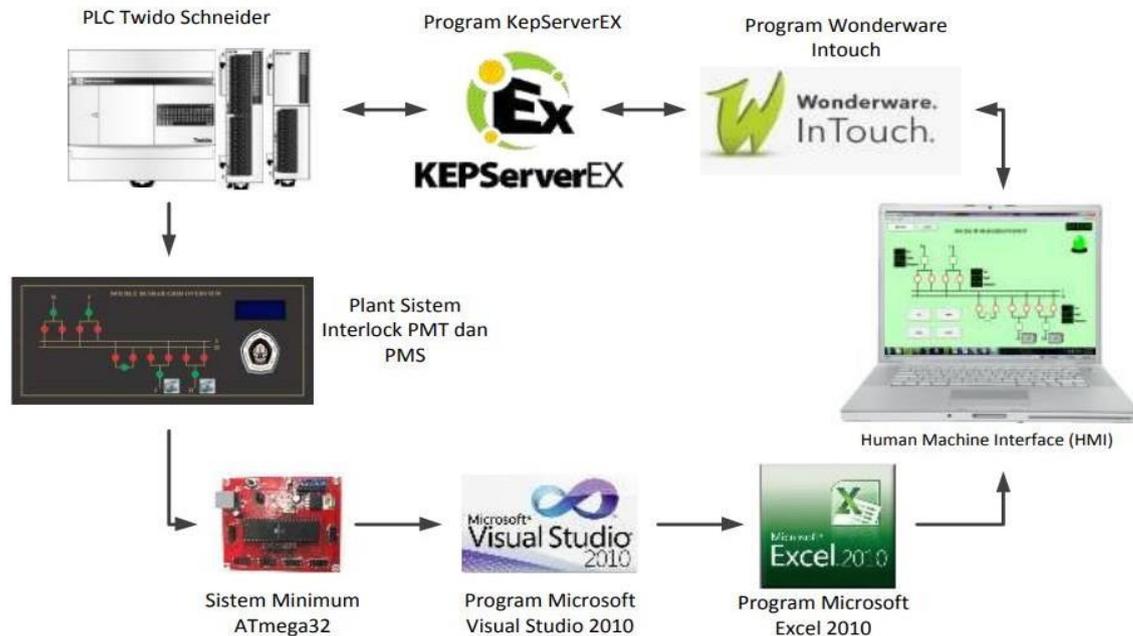
2.2.9. Sistem Kontrol Interlocking Pada PMS dan PMT

Sistem interlocking pada PMS dan PMT pernah dilakukan oleh beberapa penelitian, salah satunya adalah oleh (Hidayat Arief et al., 2015) dengan menggunakan sistem scada. Sistem SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) diperlukan sebagai pengendalian sistem tenaga listrik, pengawasan kontrol dan pengambilan data dari jarak jauh, mulai dari pengambilan data pada peralatan pembangkit atau Gardu Induk, pengolahan informasi yang diterima, sampai reaksi yang ditimbulkan dari hasil pengolahan informasi. SCADA telah banyak diaplikasikan dalam berbagai plant pada sistem tenaga listrik seperti pada plant sistem interlock PMT dan PMS, dimana dalam plant ini digunakan untuk mengendalikan dan mensimulasikan operasi manuver dengan sistem interlock PMT dengan PMS pada gardu induk pada saat manuver pembebasan tegangan, manuver pemberian tegangan, manuver perpindahan beban. Pada tugas akhir ini akan dirancang sistem SCADA pada plant sistem interlock PMT dan PMS menggunakan perangkat lunak atau SCADA Software Wonderware Intouch sebagai media untuk merancang tampilan HMI (*Human Machine Interface*), dan PLC sebagai sistem kontrolnya. Sistem SCADA yang dirancang berfungsi sebagai media informasi dari proses kontrol pada plant yang ditampilkan pada layar HMI, seperti kondisi atau status indikasi operasi pada sistem seperti kondisi PMT (CB) dan PMS (DS), nilai besaran tegangan, arus, dan frekuensi pada sistem, serta alarm ketika ada salah satu bagian dari plant yang tidak bekerja dengan sesuai. Semua data yang ditampilkan pada layar HMI adalah data *realtime* sesuai dengan kondisi plant sebenarnya. Plant akan dirancang dalam skala laboratorium, yang akan digunakan sebagai modul praktikum untuk mengembangkan praktikum pengendalian di Laboratorium Konversi Energi Listrik Teknik Elektro Universitas Diponegoro.

Tujuan Penelitian ini adalah untuk merancang, mensimulasikan, dan menganalisa sistem SCADA pada plant sistem sistem interlock PMT dan PMS yang dapat dikendalikan langsung dari plant maupun melalui interface komputer. Dimana plant simulasi sistem interlock PMT dan PMS ini dirancang dalam skala laboratorium, yang akan digunakan untuk modul praktikum dan pengembangan praktikum pengendalian di Laboratorium Konversi Energi Listrik Teknik Elektro Universitas Diponegoro. Hal-hal yang akan disimulasikan adalah simulasi operasi manuver (sistem interlock PMT dengan PMS) pada saat manuver pembebasan

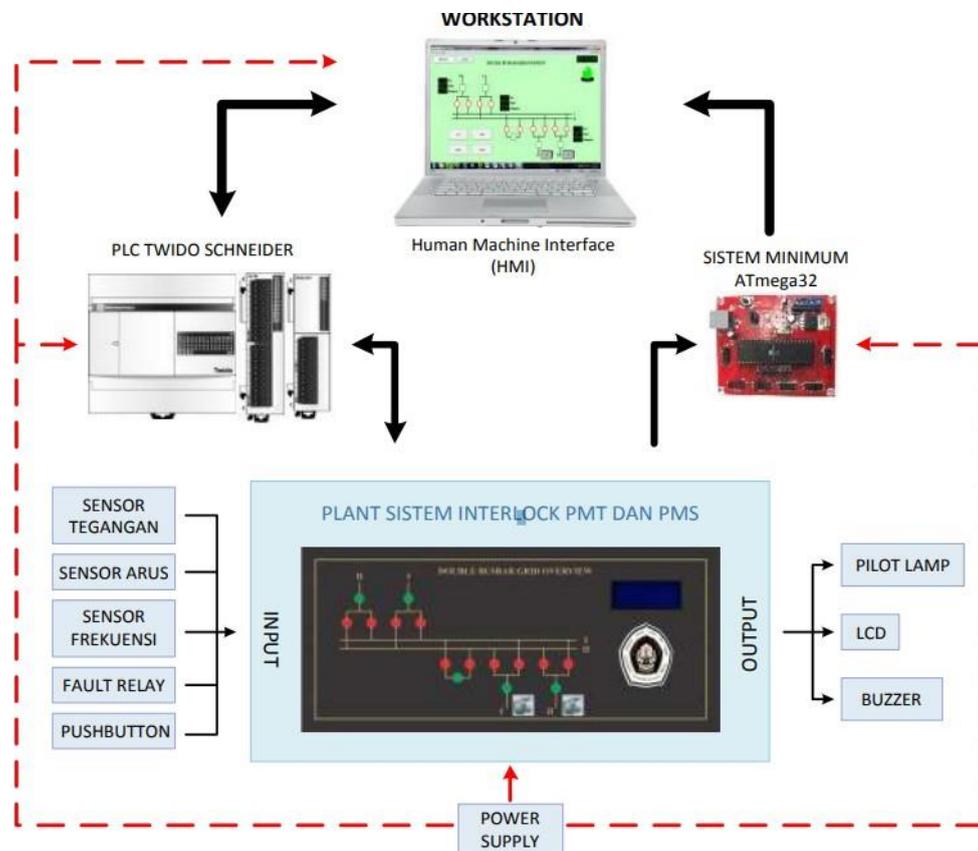
tegangan, manuver pemberian tegangan, manuver perpindahan beban.

Perancangan simulasi sistem SCADA pada plant sistem interlock PMT dan PMS ini dibuat dalam bentuk prototipe berupa mimic diagram plant sistem interlock PMT dan PMS yang dibagi menjadi dua bagian, yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perancangan lunak (*software*). Komponen - komponen dalam sistem tenaga listrik yang sesungguhnya digantikan oleh komponen elektronika sebagai perangkat keras, seperti PMT digantikan oleh pilot lamp 12 VDC warna hijau, PMS digantikan oleh pilot lamp 12 VDC warna merah, Master Terminal Unit (MTU) atau Remote Terminal Unit (RTU) digantikan oleh PLC dan Sistem Minimum Atmega32 dimana digunakan LCD sebagai display meterbesaran listrik (Frekuensi, Tegangan, Arus). Selain itu 3 perangkat keras Sistem MinimumAtmega32 disini digunakan untuk mengambil, mengkondisikan, dan mengolah data agar sesuai dengan peralatan sehingga dapat diproses dan dianalisa dalam perangkat lunak. Gambar 1 adalah diagram blok perancangan plant sistem interlock PMT dan PMS.



Gambar 2. 20 Plant Sistem Interlock PMT dan PMS

Pada gambar diatas merupakan rancangan hardware plant sistem interlock PMT dan PMS. Dimana PLC Twido Schneider dengan TWDLCAA24DRF dengan Ekspansi Module Input TWDDI16DT dan Ekspansi Module Output TWDDRA8RT sebagai unit kontrol pengendali plant, PC (Personal Computer) / Laptop sebagai piranti *human machine interface* (HMI), push button sebagai input masukan, pilot/panel lamp indicator sebagai indikator ouput keluaran , buzzer sebagai indikator alarm, sistem proteksi sebagai input fault, sensor-sensor sebagai input masukan data yg akan diolah di Atmega32, dan LCD sebagai output keluaran data yang telah diolah dari Atmega32.



Gambar 2. 21 *Hardware sistem Interlock PMT dan PMS*

Sistem kontrol digunakan sebagai unit kendali utama yang didalamnya berisi program untuk mengendalikan proses pengaturan input dan output pada plant sistem tenaga listrik. PLC Twido Schneider dengan TWDLCAA24DRF dengan Ekspansi Module Input TWDDI16DT dan Ekspansi Module Output TWDDRA8RT diprogram untuk membaca data masukan dari sistem proteksi/fault relay, push button, dan mengatur data keluaran berupa pilot/panel lamp, dan buzzer. Penghubung aliran data melalui kabel RS-485 type Mini DIN dengan

komputer untuk proses supervisory and control. Secara umum, alokasi penggunaan address dan wiring pada rangkaian PLC Twido Schneider

Proses pengawasan dan pengontrolan dari HMI tidak dapat berjalan dengan baik apabila semua setting antara plant dan HMI tidak ada kesesuaian.. Untuk pengujian tegangan, terjadi error yang melebihi nilai toleransi pada pengujian dibawah 40 Volt, yaitu pengujian 10 volt disensor V1 dan V2, dan 30 volt di sensor V3, sedangkan pada pengujian 40 Volt ke atas tidak terjadi error. Untuk pengujian arus, error terjadi hampir semuanya pada masing-masing sensor, kecuali pada sensor I1 untuk pengujian arus 0.1, 0.6 dan 0.7 ampere dan sensor I2 dan I3 untuk pengujian arus 0.7 dan 0.8 ampere. Pada program akuisisi sensor tegangan dan arus yang terukur memiliki rata-rata error $V1 = 0,5$ volt, $V2 = 0,5$ 10 volt, $V3 = 0,9$ dan rata-rata error $I1 = 0,03$ ampere, $I2 = 0,02$ ampere, $I3 = 0,02$ ampere. Error ini dikarenakan nilai keluaran dari pengkondisi sinyal berupa sinyal sinus, yang mengakibatkan nilai pengukuran yang dihasilkan tidak stabil, sehingga dalam pengolahan data hasilnya kurang akurat.

Nilai tegangan dan arus pada tampilan program akuisisi dari LCD, sudah memrepresentasikan nilai yang muncul pada tampilan nilai pengukuran besaran tegangan dan arus dari animasi HMI untuk $V1 = 158.9$, $V2 = 158.1$, $V3 = 160.7$, $I1 = 0.81$, $I2 = 0.79$, dan $I3 = 0.78$. Dimana nilai tersebut sudah mendekati dari hasil pengukuran tegangan 160 V dan arus 0.8 A. Pengujian interlock PMT dan PMS hanya dapat dilakukan melalui program HMI, dan dilakukan secara manual dengan melakukan ON/OFF atau buka/tutup pada animasi PMT (CB) dan PMS (DS) di HMI. Sedangkan simulasi gangguan/fault pada program HMI dapat berjalan dan merespon kondisi sesuai perancangan, sehingga simulasi gangguan/fault sudah berjalan dengan baik.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

3.1.1. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam waktu selama 5 bulan terhitung dari tanggal 2 Maret 2023 sampai 15 September 2023. Dimulai dengan persetujuan proposal ini sampai selesai penelitian. Penelitian diawali dengan kajian awal (tinjauan pustaka), merancang alat IoT yang dikombinasikan dengan sensor arus dan tegangan yang digunakan sebagai alat miniatur PMT dan PMS.

3.1.2. Tempat

Penelitian dilakukan pada Laboratorium Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro UMSU

3.2. Bahan dan Alat

Untuk melakukan penelitian ini, bahan dan alat yang digunakan adalah :

1. Mikrokontroler Atmega 2560

Mikrokontroler AT Mega 2560 memiliki 54 pin input / output digital. (dimana 14 dapat digunakan sebagai output PWM), 16 input analog, 4 UART (port serial perangkat keras), osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, colokan listrik, header ICSP, dan tombol reset. Arduino Mega inisudah berisi semua yang dibutuhkan untuk mendukung mikrokontroler, cukup hubungkan ke komputer dengan kabel USB atau nyalakan dengan adaptor AC ke DC atau baterai untuk memulai. Modul IoT Modul IoT ESP8266 disebut sebagai System On Chip (SOC) yang memiliki kemampuan untuk terhubung dengan jaringan TCP/IP via Wi-Fi selain kemampuan layaknya mikrokontroler sebagai sebuah “otak” dan pengendali di dalam dunia elektronika embedded.

2. Sensor Arus ACS 712 20A

Sensor arus ACS712 digunakan untuk mendeteksi arus pada suatu kawat/kabel dalam instalasi listrik. Sensor ini dapat digunakan untuk mengukur arus searah (DC) dan arus bolak-balik (AC) menggunakan prinsip Hall Effect. Sensor yang memiliki prinsip Hall Effect dirancang untuk mendeteksi objek magnetis dengan perubahan posisi. Adanya perubahan

medan magnet secara terus menerus menimbulkan adanya pulsa yang kemudian dapat diambil frekuensinya. Sensor arus ini dapat membaca baik arus dc maupun ac sampai dengan 20 ampere. Sensor ACS712 20A mengeluarkan tegangan 2,5 volt jika tidak ada arus.

3. Sensor Tegangan

Modul Sensor tegangan digunakan sebagai mendeteksi tegangan pada suatu kawat/kabel dalam instalasi listrik. Sensor ini dapat digunakan untuk mengukur arus searah (DC) dan arus bolak – balik (AC).

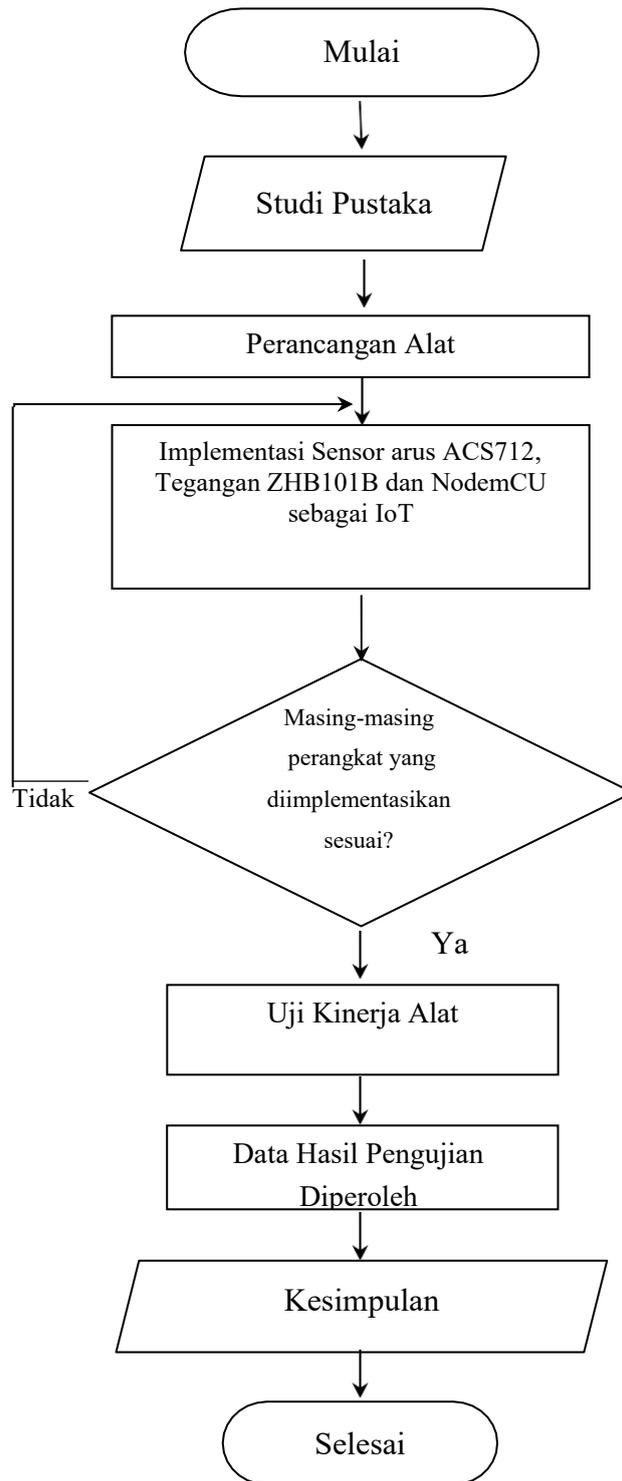
4. Relay SSR 220V 8A

Solid State Relay (SSR) digunakan sebagai saklar elektronik. Relay ini tidak memiliki bagian yang bergerak. Relay ini dikenal sebagai relay statis karena tidak memiliki bagian yang bergerak. Jenis relay ini tidak menggunakan koil magnetik atau komponen mekanik melainkan menggunakan perangkat elektronik analog untuk membuat karakteristik relai dan arus masuk atau bentuk gelombang tegangan dimonitor oleh sirkuit analog, bukan didigitalkan. Relay ini bekerja di rentang tegangan AC 24 V sampai 380 V dan maksimal arusnya sampai 8A. Relay ini dapat dikontrol mikrokontroller baik arduino maupun raspberry dengan tegangan input 5V sampai 12V.

5. Modul NodemCU

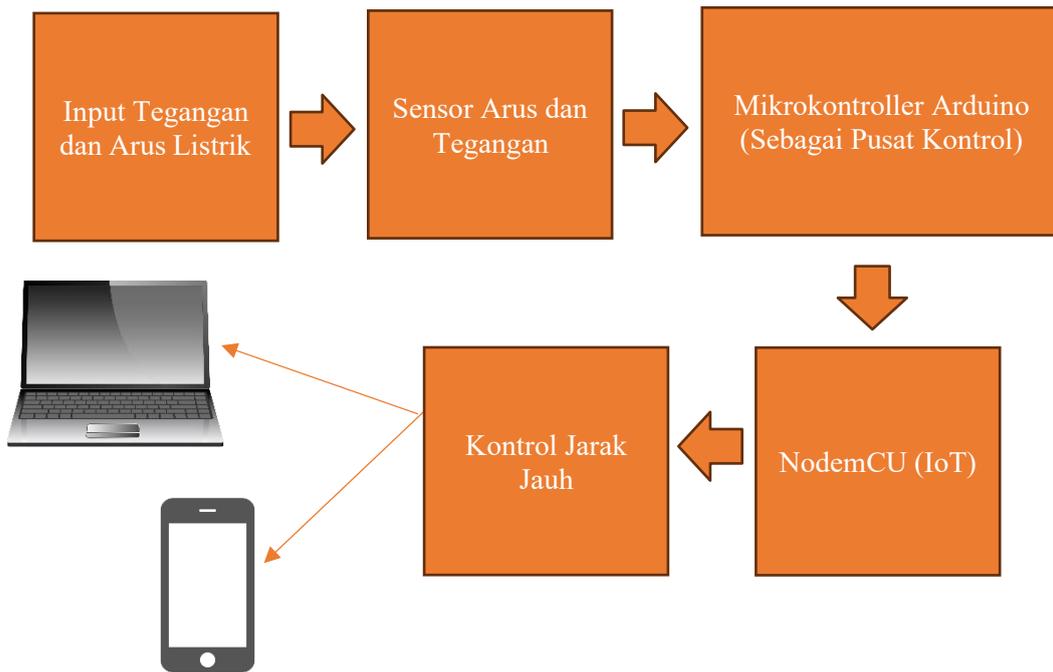
Modul NodemCU digunakan sebagai alat yang menghubungkan perangkat dan sensor dengan internet of things IoT. Sehingga proses monitoring dapat dilakukan melalui daring ataupun dalam jaringan. Dapat dilihat pada smartphone pengguna untuk mempermudah.

3.3. Flowchart Penelitian



Gambar 3. 1 Bagan Alir Penelitian

3.4. Implementasi IoT



Gambar 3. 2 Implementasi IoT

Perancangan perangkat lunak IoT pada penelitian ini merupakan alur dari kode program yang akan digunakan agar sistem dapat bekerja dengan baik. Tahap pertama yang dijalankan oleh perangkat lunak yang dirancang yaitu mendeklarasi semua variabel yang digunakan. Selanjutnya membaca nilai arus dan suhu. Hasil pembacaan sensor selanjutnya akan diproses yang kemudian ditampilkan pada LCD dan juga dikirim ke modul Wi-Fi sehingga dapat diakses melalui aplikasi blynk apps. Apabila hasil pembacaan nilai arus dan tegangan tidak sesuai dengan standar pemakaian motor induksi, maka akan diberikan logika low pada inputan modul relay, sehingga relay aktif. Selanjutnya, sistem akan mengirimkan pesan alert pada user yang terhubung.

Pada perangkat Node MCU yang terkoneksi dengan sistem kontrol mikrokontroler pada alat, dapat mengendalikan sensor – sensor yang ada dengan jarak jauh melalui smart phone ataupun laptop/komputer. Dimana pada IoT dapat melakukan on atau pun off secara jarak jauh, dimana menu yang ada pada IoT pada aplikasi Blink akan disetting tombol on/off sebagai penghubung dan pemutus pada alat. Sekaligus juga dapat dilakukan monitoring terhadap alat melalui sistem IoT yang ada dengan bantuan internet dan Wi-Fi.

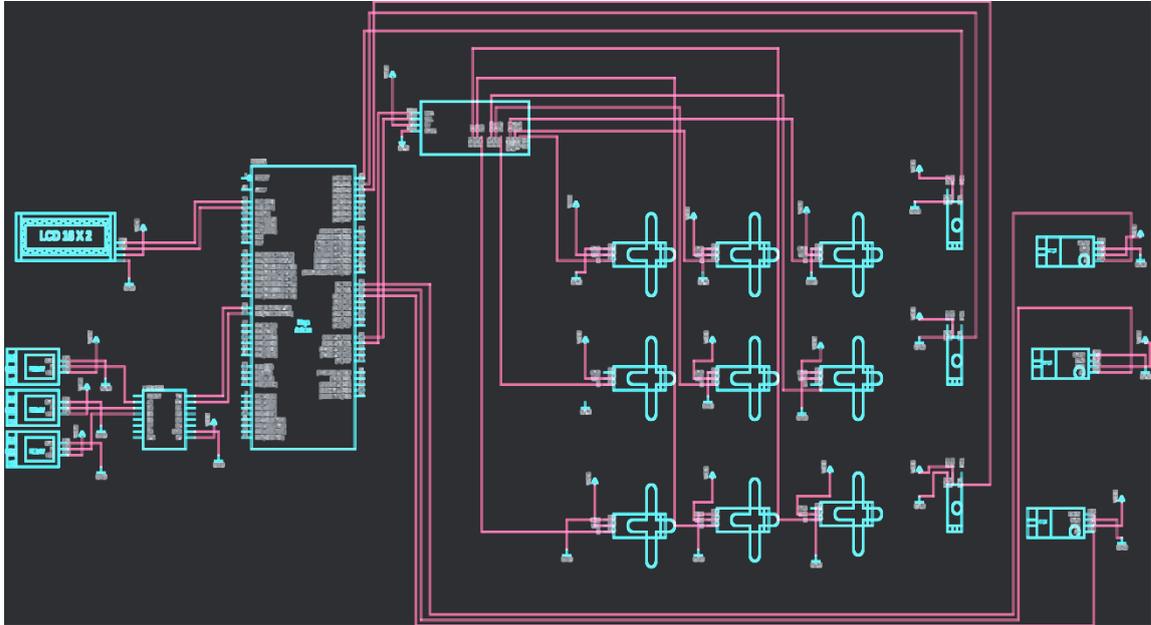
3.5. Prosedur Penelitian

Adapun prosedur pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan mengaplikasikan sensor arus ACS712, tegangan ZHB101B dan NodemCU. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah sistem yang dirancang dapat berfungsi dengan baik atau tidak. Data yang didapatkan akan dibandingkan dengan data pengukuran manual.
2. Dari perbandingan data akan diketahui sejauh mana tingkat akurasi alat yang telah dibuat.
3. Kemudian melakukan pengujian tingkat akurasi dari sensor yang telah dimasukkan dan melihat tingkat efektifitas dan menguji sensitifitas sensor yang telah dipasang
4. Setelah data diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah menganalisis data. Analisis data ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil dari pengukuran sensor, dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran dari sensor dengan hasil pengukuran yang dilakukan secara manual ataupun dengan alat ukur yang sudah terstandarisasi. Jika selisih antara hasil pengukuran sensor dengan alat ukur kecil, maka sensor dapat dikatakan berjalan dengan baik.

3.6. Rangkaian Alat

Adapun rangkaian Alat pengontrolan PMT dan PMS berbasis IoT ini adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 3 Rangkaian Alat

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Prototype Alat Pengontrolan PMT dan PMS IoT

Pada alat Prototype pengontrolan PMT dan PMS dirancang menggunakan modul Wifi yang dapat menangkap jaringan internet agar dapat memberikan informasi mengenai pengontrolan yang ada pada alat melalui media *internet of things* dimana median IoT ini menghubungkan alat dengan koneksi internet (daring) yang kemudian dapat diakses melalui smartphone, laptop atau komputer yang terkoneksi internet.

Rangkaian yang dapat dilihat pada Gambar 3.3 terdapat modul Wi-fi yaitu ESP01 yang berfungsi sebagai alat yang akan menghubungkan Prototype PMT dan PMS ini dengan internet agar dapat terhubung dengan smart phone. Dimana ESP01 ini dikombinasikan dengan mikrokontroler arduino Uno agar dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan, kebutuhan untuk IoT ini adalah dimana pada tampilan smartphone yang terhubung dapat mengontrol tegangan, arus pada line 1, line 2 dan line 3 serta dapat memutus dan menghubungkan koneksi jaringan yang ada dengan tombol pada IoT.

Adapun program yang dirancang adalah sebagai berikut :

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_PWMServoDriver.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h> #include
<SD.h>
Adafruit_PWMServoDriver pwm = Adafruit_PWMServoDriver();
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
#define SERVOMIN 150
#define SERVOMAX 600
#define SERVO_FREQ 50 const int
buttonPinLine1 = 8; const int
buttonPinLine2 = 9; const int
buttonPinLine3 = 10;
bool isLineOpen[] = {false, false, false};
const int numSensors = 3;
const int voltageAnalogPins[numSensors] = {A0, A1, A2}; const
float voltageOffsets[numSensors] = {0.00, 0.00, 0.00}; const int
measurementInterval = 1000;
const float minVoltageThreshold = 9.0; const
float maxVoltageThreshold = 21.0; const float
voltageDropThreshold = 8.0; const float
voltageHighThreshold = 22.0;
uint8_t servoChannelsLine1[] = {13, 14, 15};
uint8_t servoChannelsLine2[] = {8, 9, 10, 11};
uint8_t servoChannelsLine3[] = {4, 5, 6, 7};
const int sensorPins[] = {A8, A9, A10}; const
float sensitivity = 0.005;
const int chipSelect = 53; // Pin untuk CS (Chip Select) pada modul SD Card bool
isSDCardAvailable = true;
```

```

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pwm.begin();

  pwm.setOscillatorFrequency(27000000);
  pwm.setPWMFreq(SERVO_FREQ);
  pinMode(buttonPinLine1, INPUT_PULLUP);
  pinMode(buttonPinLine2, INPUT_PULLUP);
  pinMode(buttonPinLine3, INPUT_PULLUP);
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  // Inisialisasi SD Card
  if (!SD.begin(chipSelect))
  {
    Serial.println("SD Card initialization failed!");
    isSDCardAvailable = false;
  }
  else
  {
    Serial.println("SD Card initialized.");
  }
}

void setServoPulse(uint8_t n, double pulse)
{
  double panjangdenyut; panjangdenyut
  = 1000000; panjangdenyut /=
  SERVO_FREQ; panjangdenyut /=
  4096;
  pulse *= 1000000; pulse /=
  panjangdenyut;
  pwm.setPWM(n, 0, pulse);
}

void moveServo(int line, bool isOpen, uint8_t servoChannels[], int numServos)
{
  int targetAngle = isOpen ? 90 : 0;
  int pulse = map(targetAngle, 0, 180, SERVOMIN, SERVOMAX);

  for (int i = 0; i < numServos; i++)
  {
    pwm.setPWM(servoChannels[i], 0, pulse);
  }
}

void displayLineStatus(int line, bool isOpen)
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Line ");
  lcd.print(line);
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(isOpen ? "Closed" : "Open");
}

// Fungsi untuk menampilkan status aktif/non-aktif line pada LCD
void displayActiveLine()

```

```

{
  lcd.setCursor(0, 2);
  lcd.print("Active Line: ");
  for (int i = 0; i < 3; i++)
  {
    lcd.print(isLineOpen[i] ? i + 1 : 0);
    lcd.print(" ");
  }
}

float measureRMSVoltage(int sensorIndex)
{
  const int numSamples = 1000; float
  voltageSumSquares = 0; int
  validSamples = 0;

  for (int i = 0; i < numSamples; i++)
  {
    float voltageSampleRead = (analogRead(voltageAnalogPins[sensorIndex]) - 512)
+ voltageOffsets[sensorIndex];
    if (voltageSampleRead > minVoltageThreshold)
    {
      voltageSumSquares += sq(voltageSampleRead);
      validSamples++;
    }
    delayMicroseconds(measurementInterval / numSamples);
  }

  if (validSamples == 0)
  {
    return 0;
  }

  float voltageMeanSquare = voltageSumSquares / validSamples;
  float finalRMSVoltage = sqrt(voltageMeanSquare) * 1.5 +
voltageOffsets[sensorIndex];

  return finalRMSVoltage;
}

float getCurrent(int sensorIndex)
{
  int sensorValue = analogRead(sensorPins[sensorIndex]);
  return (sensorValue - 512) * sensitivity;
}

void sendDataToWemos(int sensorIndex, float voltage, float current)
{
  Serial.print("V");
  Serial.print(sensorIndex + 1);
  Serial.print(":");
  Serial.print(voltage, 2);
  Serial.print(",A");
  Serial.print(sensorIndex + 1);
  Serial.print(":");
}

```

```

Serial.print(current, 2);

if (sensorIndex < numSensors - 1)
  Serial.print(",");
else
  Serial.println(";");

// Kirim data ke Wemos D1 R2 melalui Serial
// Pastikan Wemos D1 R2 Anda siap untuk menerima dan memproses data ini
// Misalnya, dengan menggunakan SoftwareSerial atau Serial1 jika tersedia
}

void recordData(float voltage, float current)
{
  if (!isSDCardAvailable)
  {
    Serial.println("SD Card not available. Data not recorded.");
    return;
  }

  // Buka file untuk penulisan
  File dataFile = SD.open("datalog.txt", FILE_WRITE);

  // Jika file berhasil dibukaif
  (dataFile)
  {
    // Tulis data ke file
    dataFile.print("Voltage: ");
    dataFile.print(voltage, 2);
    dataFile.print(" V, Current: ");
    dataFile.print(current, 2);
    dataFile.println(" A");
    // Tutup file
    dataFile.close();
  }
  else
  {
    Serial.println("Error opening datalog.txt");
  }
}

void handleLineButton(int line, int buttonPin, uint8_t servoChannels[], int numServos)
{
  static unsigned long lastButtonPressTime = 0;
  unsigned long currentTime = millis();

  if (currentTime - lastButtonPressTime < 1000)
  {
    return;
  }

  if (digitalRead(buttonPin) == LOW)
  {
    isLineOpen[line - 1] = !isLineOpen[line - 1];
    moveServo(line, isLineOpen[line - 1], servoChannels, numServos);
  }
}

```

```

    displayLineStatus(line, isLineOpen[line - 1]);

    lastButtonPressTime = currentTime;
}
}
void loop()
{
    for (int i = 0; i < 3; i++)
    {
        handleLineButton(i + 1, i == 0 ? buttonPinLine1 : (i == 1 ? buttonPinLine2 :
buttonPinLine3),
            i == 0 ? servoChannelsLine1 : (i == 1 ? servoChannelsLine2 :
servoChannelsLine3),
            i == 0 ? 3 : 4);
    }

    for (int i = 0; i < numSensors; i++)
    {
        float finalRMSVoltage = measureRMSVoltage(i);
        finalRMSVoltage = (finalRMSVoltage < minVoltageThreshold) ? 0.0 :
finalRMSVoltage;
        float currentVal = getCurrent(i); sendDataToWemos(i,
finalRMSVoltage, currentVal);
        recordData(finalRMSVoltage, currentVal);
        if (i == 0)
        {
            if (finalRMSVoltage < voltageDropThreshold)
            {
                isLineOpen[0] = false;
                isLineOpen[1] = true;
                moveServo(1, false, servoChannelsLine1, 3);
                moveServo(2, true, servoChannelsLine2, 4);
            }
            else if (finalRMSVoltage > voltageHighThreshold)
            {
                isLineOpen[0] = false;
                isLineOpen[1] = true;
                moveServo(1, false, servoChannelsLine1, 3);
                moveServo(2, true, servoChannelsLine2, 4);
            }
            else
            {
                isLineOpen[0] = true;
                isLineOpen[1] = false;
                moveServo(1, true, servoChannelsLine1, 3);
                moveServo(2, false, servoChannelsLine2, 4);
            }
        }
        else if (i == 2)
        {
            if (isLineOpen[2])
            {
                isLineOpen[0] = false;
                isLineOpen[1] = false;
                moveServo(1, false, servoChannelsLine1, 3);
            }
        }
    }
}

```

```

    moveServo(2, false, servoChannelsLine2, 4);
    // Tampilkan status line pada LCD
    displayActiveLine();

    delay(measurementInterval);
}

```

Tabel 4. 1 Data Arus Pada LCD

Dari program yang diharapkan smartphone ataupun perangkat yang terhubung dengan alat melalui IoT dapat menampilkan tegangan, arus pada masing – masing line serta terdapat pengontrolan on dan off rangkaian melalui jarak jauh.

4.1.Pengujian IoT pada Alat

Pengujian IoT pada alat adalah melakukan pengujian terhadap hasil bacaan yang ditampilkan pada layar IoT dengan layar LCD yang ada pada Alat. Hasil bacaan pada IoT akan diketahui tingkat akurasi dan tingkat ketepatannya. Kemudian pengujian selanjutnya adalah melihat tingkat kinerja tombol pengontrolan (on/off) pada IoT, dimana kinerja yang dinilai adalah tingkat sensitifitas sensor apabila menerima perintah on atau off melalui IoT.

4.1.1. Pengujian Hasil Arus Pada IoT

Sensor arus yang digunakan pada alat Prototype pengontrolan PMT dan PMS ini adalah ACS712, pada tahap ini hasil bacaan sensor ACS712 pada LCD alat dan IoT akan diambil dan dilihat tingkat perbandingannya. Adapun tabel data hasil pengambilan data arus pada LCD alat dan IoT adalah sebagai berikut :

Percobaan	Arus Pada LCD Alat (Ampere)		
	Line 1	Line 2	Line 3
1	0,46	0,42	0,51
2	1,5	2,80	4,45
3	0,47	0,42	0,51
4	0,46	3,40	5,65
5	5,67	0,42	0,51
6	7,5	0,42	1,7
7	0,46	5,67	0,52
8	3,5	0,42	2,7
9	0,46	0,42	0,52
Rata – Rata	0,463	0,42	0,51

Pada tabel 4.1 merupakan hasil pembacaan dari besar arus pada LCD yang dilakukan dengan 9 kali percobaan dengan menunjukkan hasil pada line 1,2 dan 3 yang berbeda-beda dengan hasil pada line 3 yang menunjukkan hasil yang lebih besar jika dibandingkan dengan line 1 dan 2.

Tabel 4. 2 Data Arus Pada Alat Ukur

Percobaan	Arus Pada Alat Ukur (Ampere)		
	Line 1	Line 2	Line 3
1	2,7	0,47	0,59
2	0,52	0,48	5,9
3	3,8	2,9	0,59
4	0,52	0,46	8,9
5	2,76	0,46	0,59
6	0,52	5,8	0,59
7	0,53	0,47	6,7
8	0,52	7,9	0,58
9	0,52	0,47	2,7
Rata – Rata	0,52	0,47	0,59

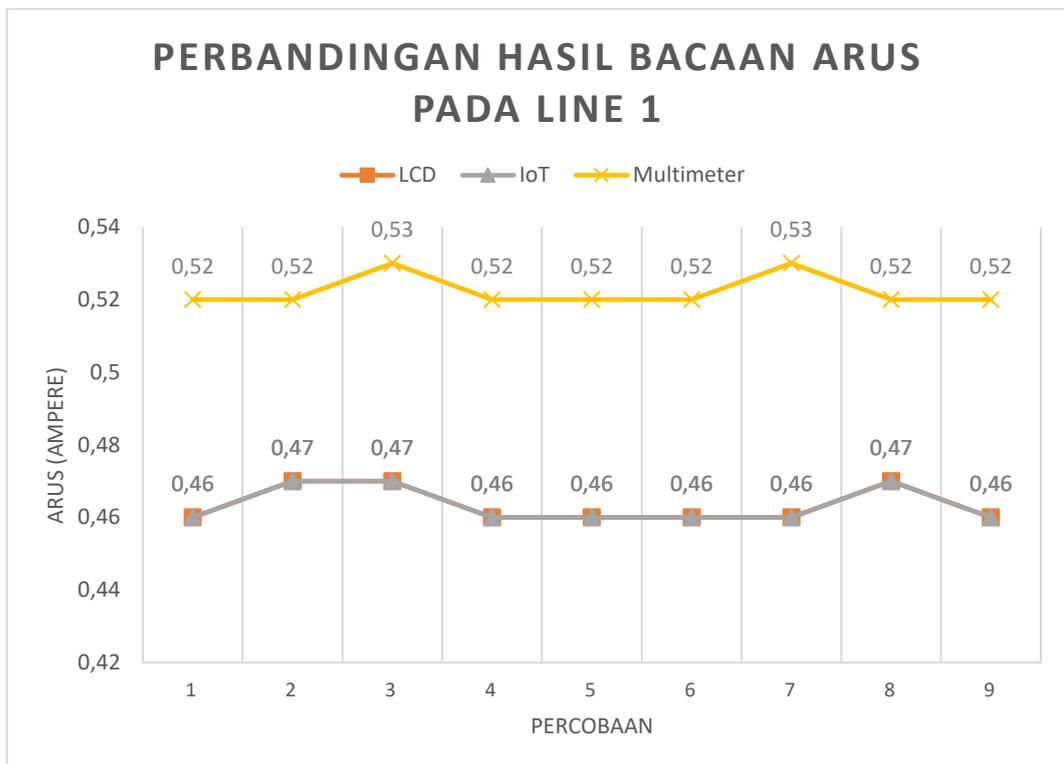
Pada tabel 4.2 merupakan hasil pembacaan dari besar arus pada alat ukur yang dilakukan dengan 9 kali percobaan dengan menunjukkan hasil pada line 1,2 dan 3 yang berbeda-beda dengan hasil pada line 3 yang menunjukkan hasil yang lebih besar jika dibandingkan dengan line 1 dan 2.

Tabel 4. 3 Data Arus Pada IoT

Percobaan	Arus Pada IoT (Ampere)		
	Line 1	Line 2	Line 3
1	0,46	0,42	0,51
2	8,47	0,42	0,52
3	0,47	0,76	0,51
4	6,46	2,4	0,51
5	0,46	0,42	0,51
6	0,46	4,42	0,52
7	3,6	2,42	0,52
8	1,47	5,42	0,52
9	0,46	0,42	0,52
Rata – Rata	0,463	0,42	0,51

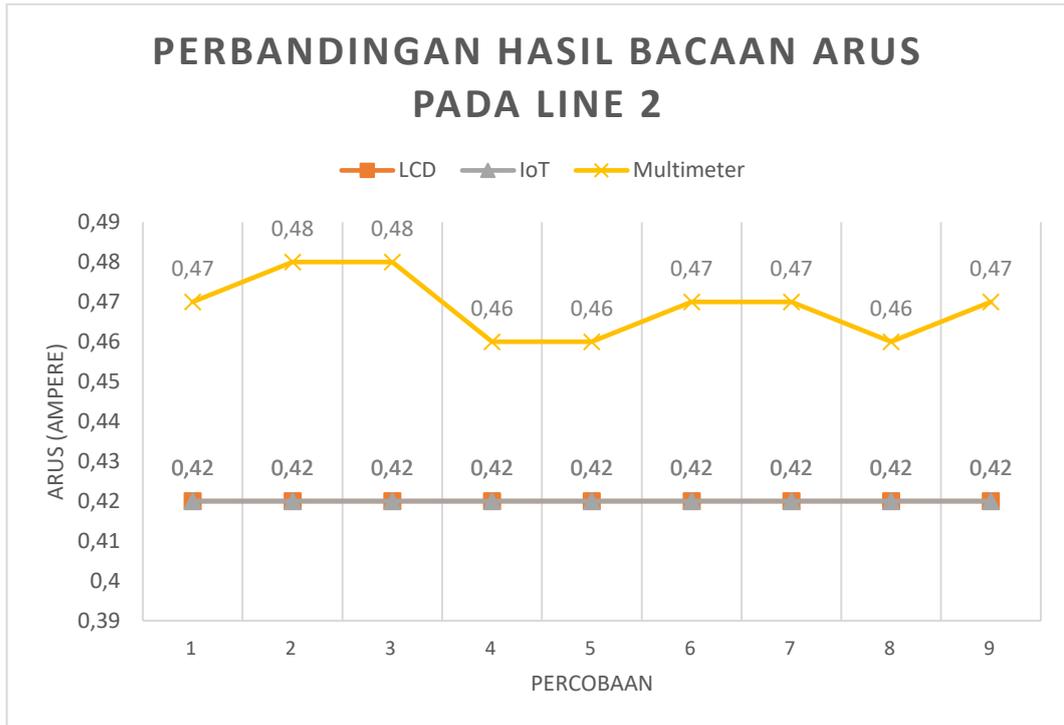
Pada tabel 4.3 merupakan hasil pembacaan dari besar arus pada perangkat IoT yang dilakukan dengan 9 kali percobaan dengan menunjukkan hasil pada line 1,2 dan 3 yang berbeda-beda dengan hasil pada line 3 yang menunjukkan hasil yang lebih besar jika dibandingkan dengan line 1 dan 2.

Dari tabel Data 4.1, 4.2, dan 4.3 dapat dilihat data arus yang ada pada LCD alat dan tampilan IoT pada smartphone serta alat ukur. Adapun perbandingan data pada arus LCD dan IoT serta alat ukur adalah sebagai berikut :



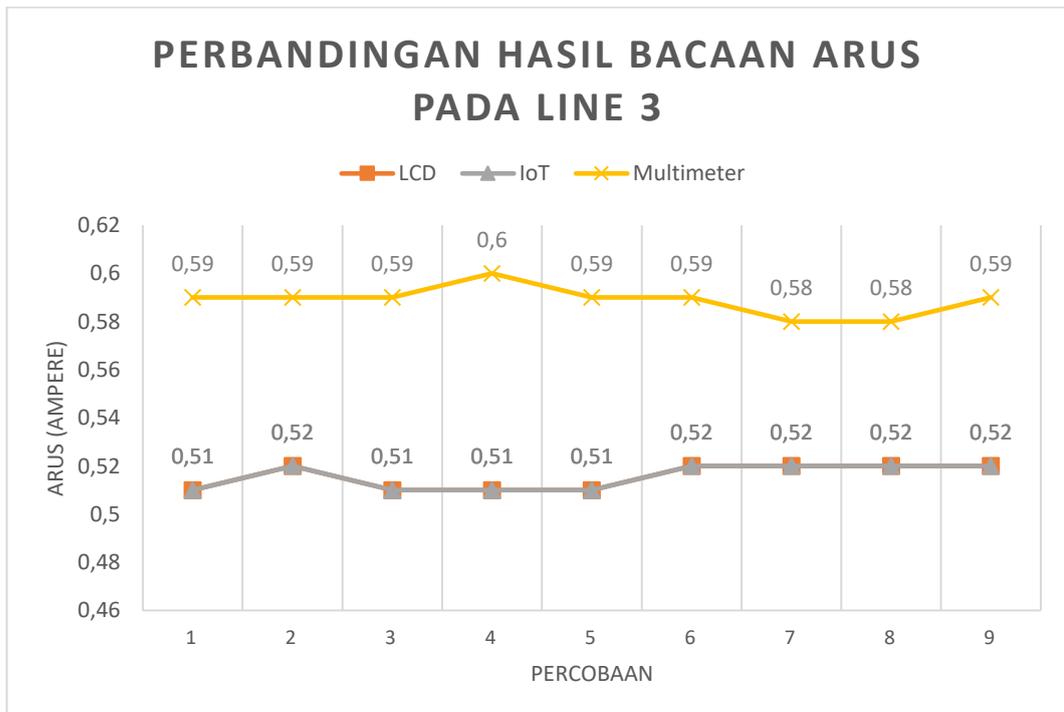
Gambar 4. 1 Perbandingan Hasil Bacaan Arus Pada Line 1

Pada gambar 4.2 menunjukkan grafik bacaan pada LCD, Alat Ukur dan IoT dari line 1 dengan hasil bacaan pada LCD dan IoT menunjukkan hasil bacaan yang sama.



Gambar 4. 2 Perbandingan Hasil Bacaan Arus Pada Line 2

Pada gambar 4.3 menunjukkan grafik perbandingan bacaan pada LCD, Alat Ukur dan IoT dari line 2 dengan hasil bacaan pada LCD dan IoT menunjukkan hasil bacaan yang sama.



Gambar 4. 3 Perbandingan Hasil Bacaan Arus Pada Line 3

Pada gambar grafik line 1, line 2 dan line 3, dapat dilihat hasil bacaan antara tampilan pada LCD alat dan tampilan pada IoT smartphone yang digunakan garis grafik saling bertimpa, hal ini menunjukkan hasil bacaan untuk arus pada lcd dan IoT adalah sama. Hasil bacaan yang sama menunjukkan tingkat akurasi atau ketepatan bacaan IoT adalah 100%. Namun garis grafik multimeter berada dibawah lcd dan iot yang artinya hasil bacaan multimeter lebih tinggi dari hasil bacaan pada lcd dan IoT.

4.2.2. Pengujian Hasil Tegangan Pada IoT

Sensor tegangan yang digunakan pada alat Prototype pengontrolan PMT dan PMS ini adalah ZMPT101B, pada tahap ini hasil bacaan sensor ZMPT101B pada LCD alat dan IoT akan diambil dan dilihat tingkat perbandingannya. Adapun tabel data hasil pengambilan data arus pada LCD alat dan IoT adalah sebagai berikut :

Tabel 4. 4 Data Tegangan Pada LCD Alat

Percobaan	Tegangan Pada LCD Alat (Volt)		
	Line 1	Line 2	Line 3
1	19,46	16,55	34,12
2	19,46	16,54	21,12
3	11,46	24,35	18,12
4	13,46	16,55	18,12
5	19,46	16,54	14,11
6	25,46	11,43	18,12
7	19,46	16,80	10,11
8	35,46	34,64	16,12
9	19,46	16,55	18,12
Rata - Rata	19,46	16,55	18,12

Pada tabel 4.4 merupakan hasil pembacaan besar tegangan yang ditampilkan oleh LCD yang terdiri dari Line 1, Line 2 dan Line 3 dengan perbandingan hasil bacaan yang mengalami perbedaan antara ketiga Line tersebut.

Tabel 4. 5 Data Tegangan Pada Alat Ukur

Percobaan	Tegangan Pada Alat Ukur (Volt)		
	Line 1	Line 2	Line 3
1	20,23	17,27	19,54
2	20,25	17,26	19,54
3	20,23	17,26	19,56
4	20,23	17,26	19,56
5	20,23	17,27	19,56
6	20,24	17,27	19,54
7	20,23	17,27	19,57
8	20,22	17,26	19,54
9	20,23	17,27	19,57
Rata - Rata	20,23	17,26	19,55

Pada tabel 4.5 merupakan hasil pembacaan besar tegangan yang ditampilkan oleh LCD yang terdiri dari Line 1, Line 2 dan Line 3 dengan perbandingan hasil bacaan yang mengalami perbedaan antara ketiga Line tersebut.

Tabel 4. 6 Data Tegangan Pada IoT

Percobaan	Tegangan Pada IoT (Volt)		
	Line 1	Line 2	Line 3
1	19,46	16,55	18,12
2	30,86	12,50	18,12
3	19,46	16,55	23,85
4	11,00	20,78	18,12
5	19,46	30,25	18,11
6	35,75	16,55	50,56
7	19,46	11,80	18,11
8	28,67	16,54	12,80
9	19,46	16,55	13,25
Rata - Rata	19,46	16,54667	18,11778

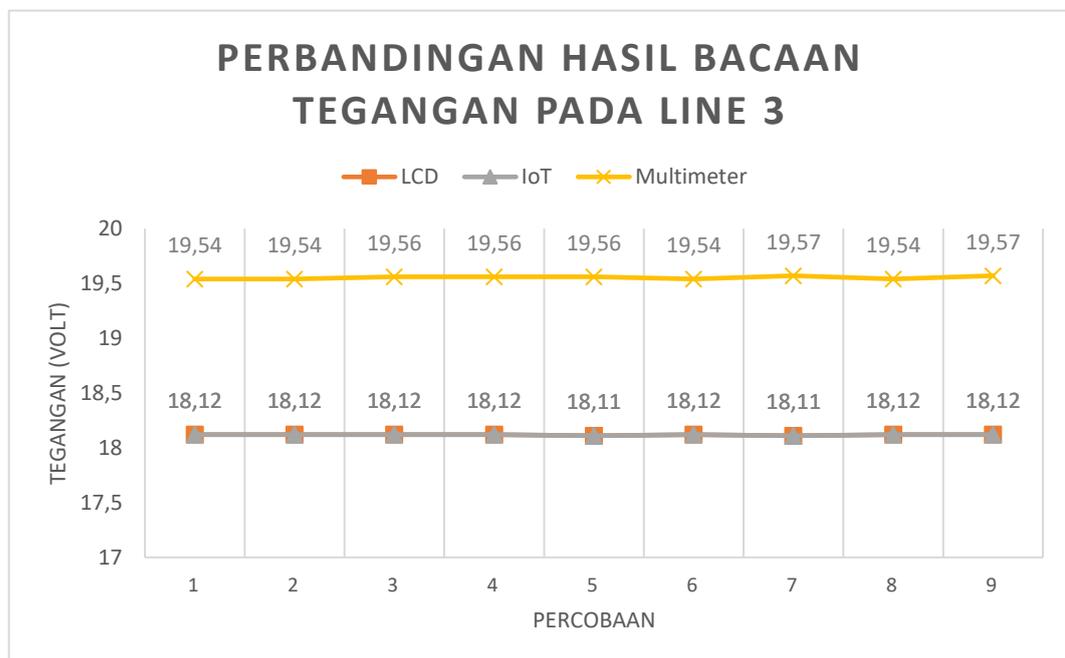
Dari tabel data dapat dilihat data Tegangan yang ada pada LCD alat dan tampilan IoT pada smartphone serta alat ukur. Adapun perbandingan data pada Tegangan LCD dan IoT serta alat ukur adalah sebagai berikut :

Gambar 4. 4 Perbandingan Hasil Bacaan Tegangan Pada Line 1

Pada gambar 4.5 menunjukkan grafik perbandingan besar tegangan bacaan pada LCD, Alat Ukur dan IoT dari line 1 dengan hasil bacaan pada LCD dan IoT menunjukkan hasil bacaan yang sama.

Gambar 4. 5 Perbandingan Hasil Bacaan Tegangan Pada Line 2

Pada gambar 4.6 menunjukkan grafik perbandingan besar tegangan bacaan pada LCD, Alat Ukur dan IoT dari line 2 dengan hasil bacaan pada LCD dan IoT menunjukkan hasil bacaan yang sama.



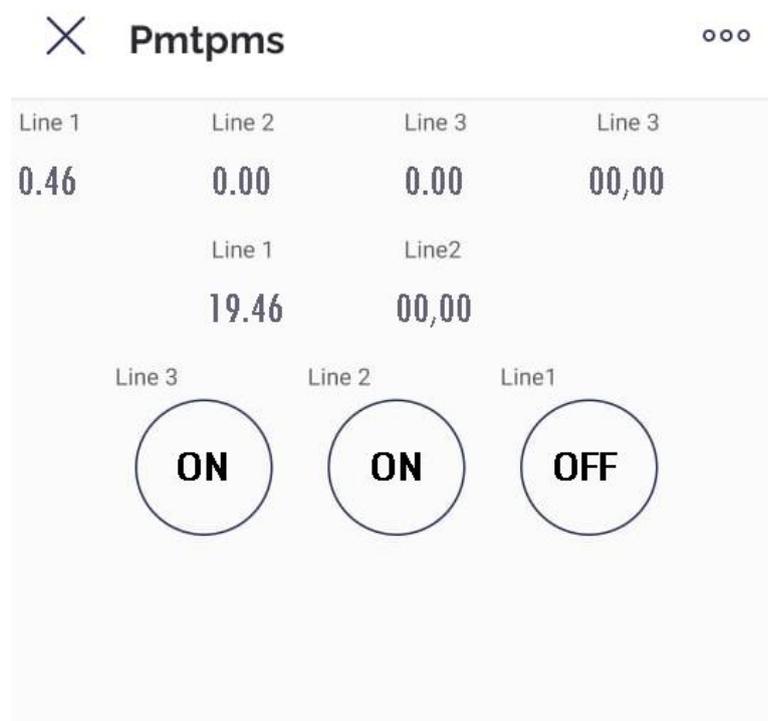
Gambar 4. 6 Perbandingan Hasil Bacaan Tegangan Pada Line 3

Pada gambar grafik line 1, line 2 dan line 3, dapat dilihat hasil bacaan antara tampilan pada LCD alat dan tampilan pada IoT smartphone yang digunakan garis grafik saling bertimpa, hal ini menunjukkan hasil bacaan untuk tegangan pada alat dan IoT adalah sama. Hasil bacaan yang sama menunjukkan tingkat akurasi atau ketepatan bacaan tegangan IoT

adalah 100%. Namun garis grafik multimeter berada dibawah lcd dan iot yang artinya hasil bacaan multimeter lebih tinggi dari hasil bacaan pada lcd dan IoT.

4.2.3. Pengujian Sensitifitas Pengontrolan Relay Pada IoT

Sensitifitas pengontrolan relay pada IoT adalah dimana lama waktu atau delay antara tombol pada IoT dengan aksi yang diberikan relay setelah menerima perintah pada sistem IoT. Dimana rentang waktu yang dihitung adalah jarak ketika tombol pada IoT ditekan berapa lama alat prototype PMT dan PMS terkusus relay merespon perintah pada IoT.



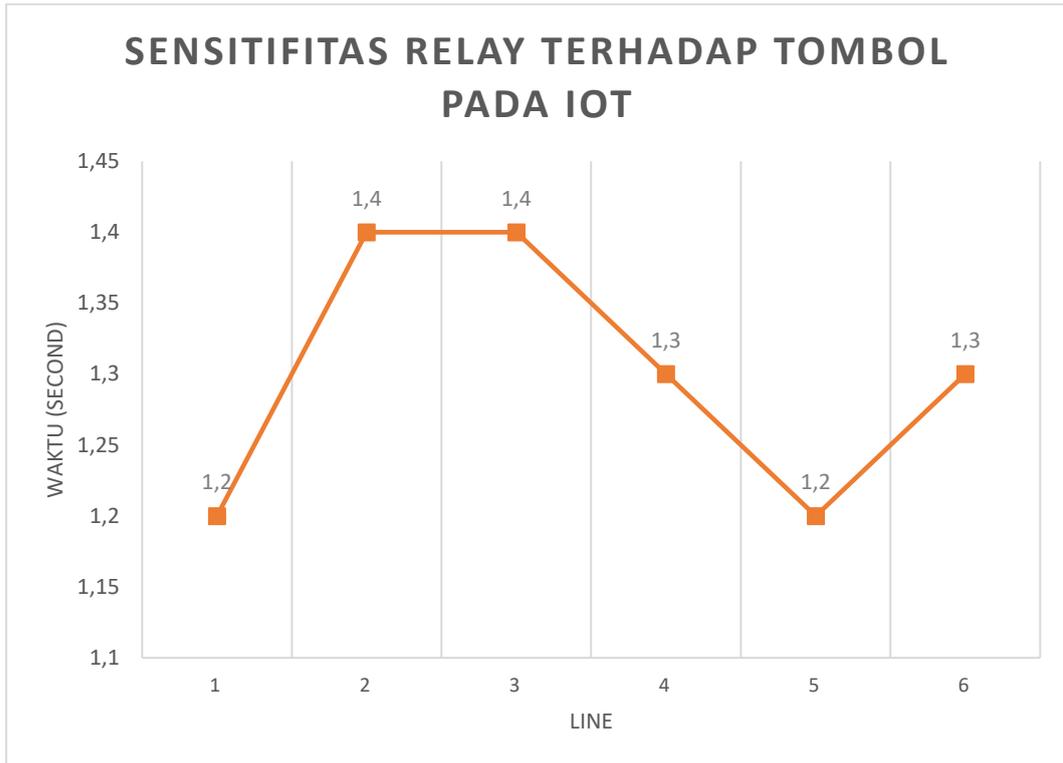
Gambar 4. 7 Tampilan IoT Pada Smartphone 2

Adapun hasil pengujian pengontrolan Relay pada IoT adalah sebagai berikut ini :

Tabel 4. 7 Data Pengujian Pengontrolan Relay

Dari Tabel 4.7 didapat tingkat sensitifitas rata – rata pada relay yang ada pada line 1, line 2 dan line 3 adalah 1,3 Second. Dari tabel 4.7 dapat dilihat pada grafik berikut ini:

Percobaan	Line	Kondisi Tombol IoT	Kondisi Relay	Delay (Second)
1	1	ON	OFF	1,2
2	1	OFF	ON	1,4
3	2	ON	OFF	1,4
4	2	OFF	ON	1,3
5	3	ON	OFF	1,2
6	3	OFF	ON	1,3
Rata - Rata				1,3



Gambar 4. 8 Sensitifitas Relay Terhadap Tombol Pada IoT

Pada grafik dapat dilihat tingkat sensitifitas relay terhadap reaksi pada tombol IoT rata – rata berada diatas 1 detik, hal ini menunjukkan tingkat delay reaksi relay relatif tinggi karena diatas 1 detik.

BAB 5

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Setelah melakukan analisis, adapun hasil atau kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengaplikasian IoT dalam monitoring terjadinya gangguan pada PMT dan PMS adalah dengan menampilkan tegangan dan arus pada line 1, line2 dan line 3 serta dilengkapi dengan tombol on/off untuk memutus dan menghubungkan jaringan.
2. Tingkat akurasi atau ketepatan hasil bacaan IoT yang dibandingkan dengan hasil bacaan pada LCD alat adalah 100%, dibuktikan dengan grafik arus dan tegangan mana ke-2 hasil bacaan saling bertimpa yang menandakan nilainya sama. Namun mengalami sedikit perbedaan hasil bacaan dengan yang ditampilkan oleh alat ukur
3. Tingkat sensitifitas relay yang dikontrol melalui IoT setelah dilakukan pengambilan data dengan menggunakan stopwatch adalah dengan rata –rata 1,3 Detik. Hal ini menunjukkan tingkat delay relatif tinggi karena berada di atas 1 detik. Tingkat sensitifitas relay menampilkan hasil yang tidak selalu sama dikarenakan dipengaruhi konektifitas internet yang tidak selalu stabil.

5.2. Saran

1. Dapat menggunakan jenis sensor yang berbeda untuk mendapatkan tingkat akurasi sensor yang lebih akurat.
2. Mengaplikasikan IoT dengan lebih kompleks, untuk penyempurnaan alat yang telah dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., Cholish, C., & Zainul haq, M. (2021). Pemanfaatan IoT (Internet of Things) Dalam Monitoring Kadar Kepekatan Asap dan Kendali Pergerakan Kamera. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 5(1), 86. <https://doi.org/10.22373/crc.v5i1.8497>
- Arto, B., Winarno, B., & Hidayatullah, N. A. (2019). Rancang Bangun Smart Plug Untuk Sistem Monitoring Dan Proteksi Hubungsingkat Listrik. *Jurnal ELTIKOM*, 3(2), 77–84. <https://doi.org/10.31961/eltikom.v3i2.123>
- Drewer, S., & Gann, D. (1994). Smart Buildings. *Facilities*, 12(13), 19–24. <https://doi.org/10.1108/02632779410795387>
- Erwan Eko Prasetyo. (2017). APLIKASI INTERNET OF THINGS (IoT) UNTUK PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN BEBAN LISTRIK DI RUANGAN. *Jurnal Teknik STTKD*, 4(2), 28–39.
- Kurniawan, R. (2018). Perancangan Alat Monitoring Arus Pada Circuit Breaker Dengan Menggunakan Sensor Acs712 Dan Tampilan Lcd. *INFORMATIKA*, 10(1), 12. <https://doi.org/10.36723/juri.v10i1.55>
- Megawati, S. (2021). Pengembangan Sistem Teknologi Internet of Things Yang Perlu Dikembangkan Negara Indonesia. *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, 5(1), 19–26. <https://doi.org/10.26740/jieet.v5n1.p19-26>
- Noorly, Pasaribu, Azis & Atikah " Penggunaan Arduino Uno Untuk Mengatur Temperatur Pada Oven" Vol. 4 No. 2 Januari 2022 2622 - 7002
- Oleh, D. I. S. (2022). *Analisis Kelayakan Pmt 150 Kv Di Gi Jeneponto Muqaddam Syam*. Politeknik Negeri Sriwijaya. (2014). *PMS (Pemisah Tegangan)*. 6–23. https://www.academia.edu/35241131/Pemisah_dan_penghubung_pada_Gardu_induk,
- Pratama, M. A. (2020). Perancangan Prototype Pengontrol Mekanik Pada PMS (Disconnecting Switch) Berbasis Arduino uno. *Jurnal Ekonomi*, 2(1), 41–49.
- Rusmayani. 2013. Belajar Arus Bolak-Balik. *Jurnal FMIPA: Universitas Pendidikan Indonesia*, Bandung.
- Ratnasari, T., & Senen, A. (2017). Perancangan prototipe alat ukur arus listrik Ac dan Dc berbasis mikrokontroler arduino dengan sensor arus Acs-712 30 ampere. *Jurnal Sutet*, 7(2), 28–33.

- Rizky & Pasaribu " SISTEM KONTROL BUKA TUTUP VALVE PADA PROSES PEMANASAN AIR JAKET" Jurnal Universitas Medan Area, 2017
- Sapitri, N. F. (2017). *Pendeteksi Warna Kematangan Kue Menggunakan Sensor Kamera Pixy CMUCAM5 Pada Rancang Bangun Alat Pemanggang Kue Listrik Otomatis. July*, 1–23.
- Setiawan, Y., Tanudjaja, H., & Octaviani, S. (2019). Penggunaan Internet of Things (IoT) untuk Pemantauan dan Pengendalian Sistem Hidroponik. *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, 20(2), 175. <https://doi.org/10.24912/tesla.v20i2.2994>
- Tama, A. R., & Winardi, S. (2022). *MONITORING ARUS LISTRIK DAN KONTROL CIRCUIT BREAKER UNTUK ARUS LEBIH BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)*. 5, 87–93.
- Zidifaldi, D., Abdullah, A., Sari, K., & Fakhruzi, I. (2022). Pemanfaatan iot sebagai sistem deteksi dini kebakaran dengan sensor api dan sensor suhu berbasis arduino. *Jurnal Digital Teknologi Informasi*, 5(2), 66. <https://doi.org/10.32502/digital.v5i2.4338>

LAMPIRAN



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Jl. Kapt. Muchtar Basri Street No.3 Medan-20238, 1 tlp. (061) 661059

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

NAMA : BIMA SURIA NASUTION
NPM : 1907220022
JUDUL : IMPLEMENTASI PENGGUNAAN IOT, SENSOR ARUS DAN SENSOR
TEGANGAN PADA SISTEM PENGONTROLAN PROTOTYPE PMT DAN PMS
(DISCONNECTING SWITCH)

No	Keterangan	Tanggal	Paraf
1	Perbaiki bentuk judul dengan mengerucut kebawah	2 Mei 2023	
2	Tambahkan refrensi jurnal dan Perbaiki jarak spasi dengan 1,5 cm	25 Mei 2023	
3	Perbaiki dan tambahkan materi di Bab 2	27 Juni 2023	
4	Perbaiki prosedur penelitian	10 Juli 2023	
5	ACC Seminar Proposal	21 Juli 2023	
6			

DOSEN PENDAMPING

(FAISAL IRSAN PASARIBU S.T.,M.T)



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

NAMA : BIMA SURIA NASUTION
NPM : 1907220022
JUDUL : IMPLEMENTASI PENGGUNAAN IOT, SENSOR ARUS DAN SENSOR
TEGANGAN PADA SISTEM PENGONTROLAN PROTOTYPE PMT DAN PMS
(DISCONNECTING SWITCH)

No	Keterangan	Tanggal	Paraf
1	Perbaiki jarak spasi dengan 1,5 cm	7 Agustus 2023	
2	Tambahkan Keterangan Daftar Gambar dan kurangi penggunaan singkatan yang terlalu banyak	22 Agustus 2023	
3	Lengkapi analisa data pada Bab 4	2 September 2023	
4	ACC Seminar Hasil	13 September 2023	
5			
6			

DOSEN PENDAMPING

(FAISAL IRSAN P. ARIBU S.T.,M.T)



LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

NAMA : BIMA SURIA NASUTION
NPM : 1907220022
JUDUL : IMPLEMENTASI PENGGUNAAN IOT, SENSOR ARUS DAN SENSOR
TEGANGAN PADA SISTEM PENGONTROLAN PROTOTYPE PMT DAN PMS
(DISCONNECTING SWITCH)

No	Keterangan	Tanggal	Paraf
1	Lengkapi analisa data pada Bab 4	20 September 2023	
2	Tambahkan Keterangan Daftar Gambar dan kurangi penggunaan singkatan yang terlalu banyak	21 September 2023	
3	ACC Sidang	22 September 2023	
4			
5			
6			

DOSEN PENDAMPING

(FAISAL IRSAN PANARIBU S.T.,M.T)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Bima Suria Nasution
Alamat : Jl. Alumunium 1 Lk XII, Kel Tanjung Mulia
Kec. Medan Deli, Kota Medan
Npm : 1907220022
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 31 Maret 2001
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
No Telepon/Whatsapp : 081361584486
Email : bimanst31@gmail.com
Tinggi/Berat Badan : 170 cm/85 kg
Kewarganegaraan : Indonesia

DATA ORANG TUA

Nama Ayah : Alm. Azhar Nasution
Nama Ibu : Mardaleni
Alamat Orang Tua : Jl. Alumunium 1 Lk XII, Kel. Tanjung Mulia,
Kec. Medan Deli, Kota Medan

RIWAYAT PENDIDIKAN

2007-2013 : SD Swasta PAB 25 Medan
2013-2016 : SMP Negeri 24 Medan
2016-2019 : SMK Negeri 5 Medan
2019-2023 : S1 Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah
Sumatera Utara

IMPLEMENTASI PENGGUNAAN IoT, SENSOR ARUS DAN SENSOR TEGANGAN PADA SISTEM PENGONTROLAN PROTOTYPE PMT DAN PMS (*DISCONNECTING SWITCH*)

Bima Suria Nasution¹, Faisal Irsan Pasaribu²
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Jalan Kapten Muchtar Basri No 3, Medan-20238
Program Studi Teknik Elektro
Email : bimanst31@gmail.com

ABSTRAK

Berdasarkan penelitian terdahulu terkait dengan “Pemantauan Arus Listrik dan Pengendalian Circuit Breaker Arus Lebih Berbasis Internet of Things (IoT)” dimana Mikrokontroler berperan sebagai pusat kendali komponen input dan output. Selanjutnya sensor arus digunakan untuk membaca arus listrik AC yang mengalir pada penghantar instalasi listrik. Saat ini hampir semua orang mengetahui bagaimana memanfaatkan internet dan smartphone untuk kebutuhan pokok dalam menjalankan aktivitasnya. Dengan adanya teknologi Internet of Things semakin memudahkan dalam menghubungkan barang-barang elektronik dengan internet (Tama & Winardi, 2022). Dengan semakin canggihnya perkembangan teknologi saat ini, yang dapat diakses oleh semua orang dengan menggunakan internet dan banyaknya manfaat yang dimilikinya. Dengan menggunakan perangkat IoT yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari, penulis tertarik untuk membahas perangkat Internet of Things (IoT) dalam sistem kendali keamanan. Gangguan PMT dan PMS (Disconnecting Switch) dimana pemantauan dilakukan dari jarak jauh dan lebih mudah diterapkan. Penerapan IoT dalam monitoring gangguan pada PMT dan PMS adalah dengan menampilkan tegangan dan arus pada saluran 1, saluran 2 dan saluran 3 serta dilengkapi dengan tombol on/off untuk memutus dan menghubungkan jaringan. Tingkat keakuratan atau kebenaran hasil pembacaan IoT dibandingkan dengan hasil pembacaan pada LCD perangkat adalah 100%, dibuktikan dengan grafik arus dan tegangan dimana kedua hasil pembacaan tersebut saling tumpang tindih sehingga menunjukkan nilai yang sama. Tingkat sensitivitas relay yang dikontrol melalui IoT setelah pengumpulan data menggunakan stopwatch rata-rata 1,3 detik.

Kata Kunci : PMT, PMS, Arduino, Sensor

ABSTRACT

Based on previous research related to "Electric Current Monitoring and Circuit Breaker Control for Overcurrent Based on Internet of Things (IoT)" where the Microcontroller acts as a control center for input and output components. Next, the current sensor is used to read the AC electric current flowing in the electrical installation conductor. Currently, almost everyone knows how to use the internet and smartphones for basic needs in carrying out their activities. With the existence of Internet of Things technology, it makes it easier to connect electronic goods to the internet (Tama & Winardi, 2022) With the increasingly sophisticated development of technology today, which can be accessed by everyone using the internet and the many benefits of using IoT devices that can be applied in everyday life, the author is interested in discussing Internet of Things (IoT) devices in security control systems. PMT and PMT (Disconnecting Switch) disturbances where monitoring is carried out remotely and is easier to apply. The application of IoT in monitoring disturbances in PMT and PMS is by displaying the voltage and current on line 1, line 2 and line 3 and is equipped with an on/off button to disconnect and connect the network. The level of accuracy or correctness of the IoT reading results compared with the reading results on the device's LCD is 100%, as evidenced by the current and voltage graphs where the two reading results overlap, indicating the values are the same. The sensitivity level of the relay controlled via IoT after collecting data using a stopwatch is an average of 1.3 seconds.

Keywords: PMS, PMS, Arduino, Sensor

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring berkembangnya zaman yang semakin pesat dan semakin canggih, tentunya kebutuhan listrik juga otomatis semakin bertambah, dimana hari demi hari semakin banyak berbagai peralatan baik itu peralatan rumah tangga atau pun kebutuhan pada umumnya menggunakan energi listrik sebagai sumber untuk penggunaannya. Oleh karena itu PLN sebagai perusahaan yang mengelola energi listrik negara harus mampu memenuhi kebutuhan listrik secara terus menerus dan berkualitas. Maka dari itu, perlu dilakukannya pemeliharaan dan keamanan peralatan listrik agar selalu terjaga keberlangsungannya jika terjadi gangguan. Suatu gangguan listrik dapat terjadi dikarenakan oleh beberapa faktor, bisa terjadi gangguan oleh alam seperti hujan petir, angin kencang, banjir, ataupun bisa terjadi gangguan yang disebabkan terjadinya kesalahan pengoperasian sistem sehingga dapat mengakibatkan gangguan energi listrik yang berdampak rugi oleh masyarakat luas. Maka dari itu diperlukan suatu sistem proteksi yang dapat melindungi peralatan listrik yang digunakan dari berbagai bentuk gangguan dan harus dapat meminimalisir akibat dari gangguan tersebut. Proteksi yang termasuk dalam sistem kelistrikan biasanya terdiri dari relay, transformator (transformator), sakelar atau sering disebut circuit breaker (CB) dan juga disconnect switch (PMS), Circuit breaker (CB) atau pemutus sirkuit (PMT). Saklar (PMS) atau saklar (DS) merupakan sebuah perangkat yang berfungsi sebagai alat yang melindungi petugas dari sisa tegangan listrik yang terjadi pada saat listrik dimatikan. PMT atau

pemutus sirkuit (CB) adalah perangkat sakelar mekanis yang dapat memutus dan menghubungkan arus beban dalam kondisi normal maupun kondisi abnormal. Sistem proteksi dapat di jalankan dengan baik dengan dukungan komponen peralatan yang mendukung, perangkat teknologi kelistrikan yang dapat meringankan pekerjaan, salah satu manfaat yang bisa di dapat dari berkembangnya teknologi itu yaitu mempercepat waktu pengerjaan, bisa memonitoring pekerjaan dari jarak jauh, dan bisa mendeteksi terjadinya cepat. Salah satu alat yang dapat memudahkan dalam pemantauan sistem pengontrolan yaitu dengan menggunakan arduino. Arduino merupakan suatu perangkat elektronik atau sebuah papan elektronik open-source dengan komponen utama yaitu chip mikrokontroler. Mikrokontroler sendiri adalah chip atau IC (integrated circuit) yang dapat diprogram komputer yang tujuannya untuk memasukkan program ke dalam suatu mikrokontroler agar rangkaian elektronik dapat melakukannya, membaca suatu input, memproses input, dan kemudian menghasilkan output yang diinginkan (Kurniawan, 2018). Selain itu untuk meringankan pekerjaan dalam mendeteksi terjadinya gangguan sistem PMS dan PMT pada perangkat listrik di pasang sebuah sensor arus dan sensor tegangan yang digunakan untuk mendeteksi jika terjadinya gangguan pada rangkaian listrik. Selain diperlukan sensor arus dan sensor tegangan, digunakan juga sebuah perangkat yang berbasis internet.

Dengan berbasis internet ini sebuah perangkat dapat di kontrol dengan jarak jauh dan lebih efisien dalam memonitor jika terjadi suatu gangguan listrik. Jadi perangkat elektronik dan perangkat listrik dapat diperiksa dan dikendalikan dengan berbasis internet. Penggunaan Internet of Things (IoT) mengacu pada penggunaan Teknologi informasi, koneksi internet dan jaringan perangkat sensor yang bukan komputer agar dapat terhubung melalui jaringan internet.

Internet adalah teknologi yang mampu menghubungkan beberapa perangkat melalui media kabel atau nirkabel. Dengan bantuan Internet, perangkat apa pun dapat saling menerima suatu informasi dan akan mengirimkannya ke perangkat lain. Salah satu kegunaan internet dikenal dengan istilah internet of things (IoT). Internet of Things dapat memfasilitasi dan menghubungkan perangkat yang berbeda untuk berkoordinasi dan berkomunikasi satu sama lain secara online (Arto et al., 2019).

Berdasarkan penelitian sebelumnya terkait tentang “Monitoring Arus Listrik Dan Kontrol Circuit Breaker Untuk Arus Lebih Berbasis Internet Of Things (Iot)” dimana Mikrokontroler bertindak sebagai pusat kontrol untuk komponen input dan output. Selanjutnya sensor arus digunakan untuk membaca arus listrik AC yang mengalir pada saluran penghantar instalasi listrik. Saat ini hampir semua orang tahu menggunakan internet dan smartphome kebutuhan dasar dalam menjalankan aktifitas mereka, dengan adanya keberadaan teknologi Internet of Things mempermudah untuk membuat barang elektronik terhubung dengan internet (Tama & Winardi, 2022).

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang diambil pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaplikasian IoT dalam memonitoring terjadinya gangguan pada suatu sistem pengontrolan PMS dan PMT?
2. Bagaimana tingkat akurasi hasil bacaan sensor arus dan sensor tegangan yang diimplementasikan kedalam Internet of Things?
3. Bagaimana tingkat sensitifitas relay sebagai suatu pengontrolan pemutus dan penghubung pada jaringan masing – masing line?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaplikasian IoT dalam memonitoring terjadinya gangguan pada suatu sistem pengontrolan PMS dan PMT.
2. Menganalisis tingkat akurasi hasil bacaan sensor arus dan sensor tegangan yang akan diimplementasikan kedalam Internet of Things.
3. Menganalisis tingkat sensitifitas relay sebagai pengontrolan pemutus dan penghubung jaringan pada masing – masing line.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka Relevan

Internet of Things telah banyak digunakan pada penelitian- penelitian terdahulu. Pemanfaatan IoT diimplementasikan dalam beragam jenis dan bermacam – macam fungsi. Adapun beberapa penelitian yang membahas IoT yang relevan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut : Penelitian oleh (Megawati, 2021) menerapkan sistem literaturereview untuk mengupas sekitar 50 penelitian yang berkaitan dengan Internet of things (IoT) baik penelitian yang berbasis nasional maupun

internasional. Dalam penelitian ini akan mendalami penerapan IoT dalam kehidupan sehari-hari manusia, mulai dari bidang pendidikan, kesehatan, ekonomi, keamanan, hingga transportasi. Selain beberapa bidang tersebut, dalam penelitian ini juga mereview beberapa penelitian yang menerapkan IoT dalam bidang yang lebih spesifik ke dalam kehidupan manusia. Hasil dari penelitian ini menjelaskan tentang rendahnya angka penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti Indonesia, rata-rata penelitian nasional yang berkaitan dengan pengembangan IoT tidak melebihi 10% dari keseluruhan penelitian yang telah di review. Penelitian yang telah dilakukan hanya terfokus pada bidang pendidikan dan keamanan, kurangnya penyebaran ide pada pengembangan IoT sehingga mengakibatkan rendahnya angka penelitian IoT pada bidang-bidang lainnya. Rendahnya angka penelitian yang dilakukan dapat ditingkatkan dengan bantuan pemerintah dalam penyediaan fasilitas yang memadai dan adanya kesadaran peneliti untuk mengembangkan penelitian yang lebih berbobot dan kaya akan informasi serta dapat mengikutiperkembangan dunia.

IoT telah banyak digunakan dalam perkembangan teknologi akhir-akhir ini. IoT dapat diartikan sebagai komunikasi antar perangkat yang menggunakan internet. Kecanggihan teknologi IoT dapat memudahkan banyak pekerjaan, termasuk mengontrol sistem hidroponik, sehingga perawatan tanaman dapat dilakukan di mana saja dan kapan saja. Hidroponik adalah solusi terbaik bagi masyarakat perkotaan yang kekurangan lahan untuk penghijauan. Komponen yang diperlukan dalam IoT adalah perangkat yang memiliki modul IoT perangkat untuk terhubung ke Internet seperti router atau modem, dan database tempat mengumpulkan

semuanya. Tujuan dari penelitian ini adalah memanfaatkan teknologi IoT untuk memantau dan mengontrol kondisi tanaman pada sistem hidroponik dari jarak jauh. Hasil pemrosesan pada sensor yang merupakan hasil dari mikrokontroler end device akan dikirim oleh XBee ke mikrokontroler server kemudian akan ditampilkan ke bagian web server ThingSpeak. Sebuah aplikasi dibuat untuk smartphone yang terhubung dengan ThingSpeak yang dapat memonitor dan mengontrol sistem kapanpun dan dimanapun. Kontrol akan mengirimkan logika satu atau nol ke ThingSpeak dan diteruskan ke perangkat. (Setiawan et al., 2019)

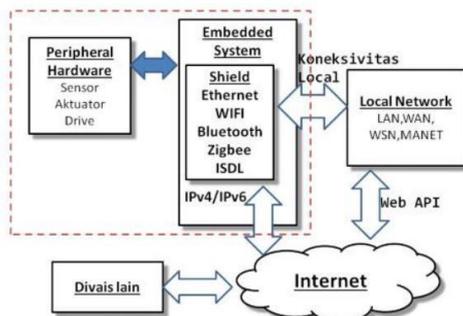
Listrik telah menjadi kebutuhan utama dalam kehidupan sehari-hari. Hampir setiap hari aktivitas manusia tidak terlepas dari penggunaan listrik. Saat ini tarif dasar listrik semakin mengalami kenaikan. Penghematan listrik perlu dilakukan dengan berbagai cara agar pemborosan listrik dapat ditanggulangi. Salah satu cara penghematan yang diusulkan pada penelitian ini adalah sistem pemantauan dan pengendalian beban listrik terpusat yang dapat dilakukan dari jarak jauh. Sistem jarak jauh akan menggunakan aplikasi internet of things (IoT).

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Internet of Things (IoT)

Internet of Things, atau IoT, adalah teknologi internet masa depan yang menjanjikan. Internet of Things (IoT) adalah jaringan yang menghubungkan sensor, aktuator, dan objek sehari-hari yang digunakan dalam perawatan kesehatan, transportasi, dan militer. Segala sesuatu di sekitar kita terhubung dengan internet melalui IoT (Sarhan, 2018: 40).

(Mudjanarko, 2017 :151) berpendapat bahwa definisi yang berbeda dari Internet of Things (IoT) adalah konsep atau skenario di mana suatu objek dapat mengirim data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi antara manusia atau komputer.

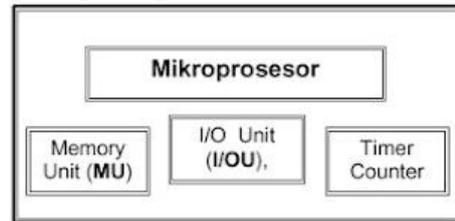


Gambar Diagram IoT

2.2.2. Mikrokontroler

Kata "pengontrol" pada mikrokontroler dan "prosesor" pada mikroprosesor pada dasarnya adalah yang membedakan mikrokontroler dari mikroprosesor. Kita sudah mengetahui perbedaan mendasar antara mikrokontroler dan mikroprosesor dari perbedaan terminologi ini. Kita dapat menyimpulkan perbedaan mendasar antara mikroprosesor dan mikrokontroler dari perbedaan antara kedua istilah ini. Mikroprosesor adalah prosesor kecil, sedangkan

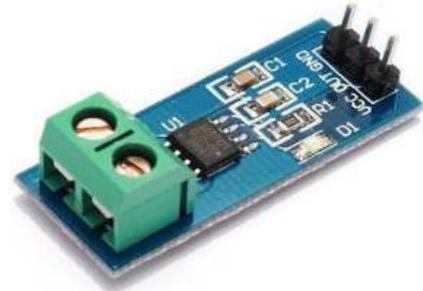
mikrokontroler adalah pengontrol kecil. Pertanyaannya, tentu saja, apa yang diproses atau dikontrol—program, data, atau perintah yang dimasukkan. Dari sini, orang dapat dengan jelas melihat perbedaan antara kedua perangkat tersebut.



Gambar Mikrokontroler

2.2.3. Sensor ACS 712

Untuk mengukur besarnya arus yang mengalir digunakan sensor ACS 712 yang diperlihatkan pada gambar adalah sensor arus AC atau DC presisi yang digunakan untuk mengukur arus dalam sistem komersial, industri, otomotif, dan komunikasi. Aplikasi tipikal sensor ini meliputi perlindungan beban berlebih, catu daya mode switching, mengendalikan motor, dan mendeteksi beban listrik.

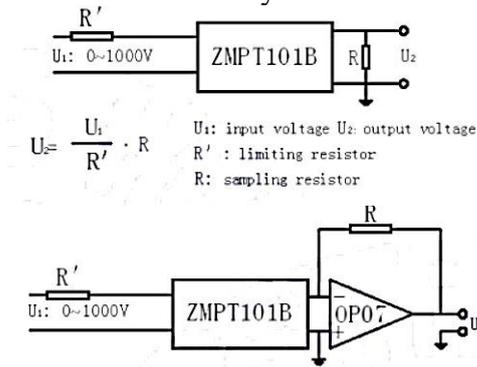


Gambar Sensor TA12

2.2.4. Sensor ZMPT101B

Modul sensor ZMPT101B adalah sensor tegangan yang dapat mengukur tegangan dari 0-1000V. Prinsip kerja dari sensor ini adalah dengan menurunkan tegangan masukan menggunakan step down transformator, kemudian dengan masuk ke op-amp dan akan didapat

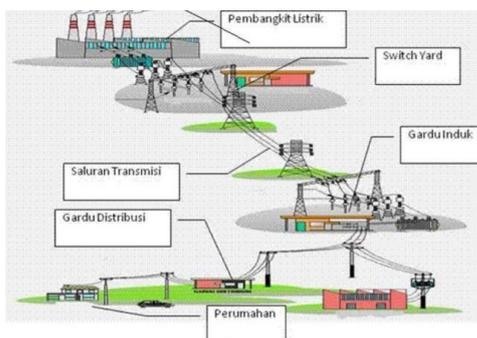
nilai keluaran yang stabil tergantung dari nilai masukannya.



Gambar Sensor Rangkaian ZMPT101B

2.2.5. Sistem Tenaga Listrik

Sistem Tenaga Listrik adalah suatu sistem yang terdiri dari beberapa komponen berupa pembangkitan, transmisi, distribusi dan beban yang saling berhubungan dan berkerja sama untuk melayani kebutuhan tenaga listrik bagi pelanggan sesuai kebutuhan. Secara garis besar Sistem Tenaga Listrik mulai dari pembangkitan, penyaluran / transmisi hingga pendistribusian sampai kepada konsumen dapat digambarkan dengan skema seperti gambar berikut ini :



Gambar STL

2.2.6. Gardu Induk

gardu induk adalah bagian dari suatu sistem tenaga yang dipusatkan pada suatu tempat berisi saluran transmisi dan distribusi, perlengkapan hubung bagi, transformator, dan

peralatan pengaman serta peralatan kontrol . Menurut Aslimeri, Ganefri, dan Zaedel Hamdi dalam buku Teknik Transmisi Tenaga Listrik jilid 2 mengatakan bahwa gardu induk adalah merupakan alat penghubung listrik dari jaringan transmisi ke jaringan distribusi perimer Menurut PT.PLN (Persero) dalam buku. Sistem Proteksi dan Gardu Induk mengatakan bahwa gardu Induk merupakan suatu sistem instalasi listrik yang terdiri dari susunan dan rangkaian sejumlah perlengkapan yang dipasang menempati suatu lokasi tertentu untuk menerima dan menyalurkan tenaga listrik, menaikkan dan menurunkan tegangan sesuai dengan tingkat tegangan kerjanya, tempat melakukan kerja switching rangkaian suatu sistem tenaga listrik dan untuk menunjang keandalan sistem tenaga listrik terkait.

2.2.7. PMT (Pemutus Tegangan)

Pemutus Tenaga (PMT) adalah peralatan saklar atau switching mekanis, yang mampu menutup, mengalirkan dan memutus arus beban dalam kondisi normal, serta mampu menutup, mengalirkan (dalam periode tertentu) dan memutus arus beban dalam kondisi abnormal atau gangguan seperti kondisi hubung singkat (short circuit). (Muqadam, 2022)



Gambar PMT

2.2.8. PMS (Pemisah)

Disconnecting switch atau pemisah (PMS) merupakan suatu peralatan sistem tenaga listrik yang berfungsi sebagai saklar pemisah rangkaian listrik dalam kondisi bertegangan atau tidak bertegangan tanpa arus beban. Penempatan PMS terpasang di antara sumber tenaga listrik dan PMT (PMS Bus) serta di antara PMT dan beban (PMS Line/Kabel) dilengkapi dengan PMS Tanah (Earthing Switch). Untuk tujuan tertentu PMS Line/Kabel dilengkapi dengan PMS Tanah. Umumnya antara PMS Line/Kabel dan PMS Tanah terdapat alat yang disebut interlock. Maka dapat disimpulkan bahwa Pemisah (PMS) atau Disconnecting. (Politeknik Negeri Sriwijaya, 2014)



Gambar PMS

III. METODE PENELITIAN

3.1. Bahan dan Alat

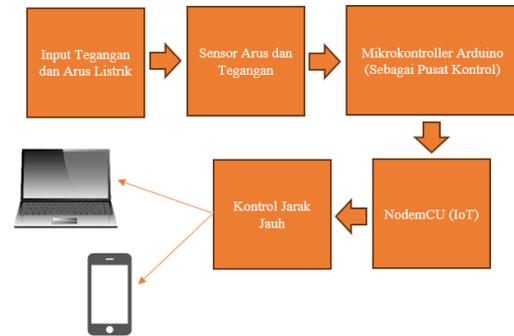
Alat yang digunakan untuk membuat alat ini adalah sebagai berikut :

1. Sensor ACS 712
2. Sensor ZMPT101B
3. Atmega 2560
4. LED
5. Kabel Jumper
6. Relay SSR 220V 8A
7. NodemCU
8. Laptop
9. Kabel USB

10. Tang Gunting

11. Tang Kombinasi

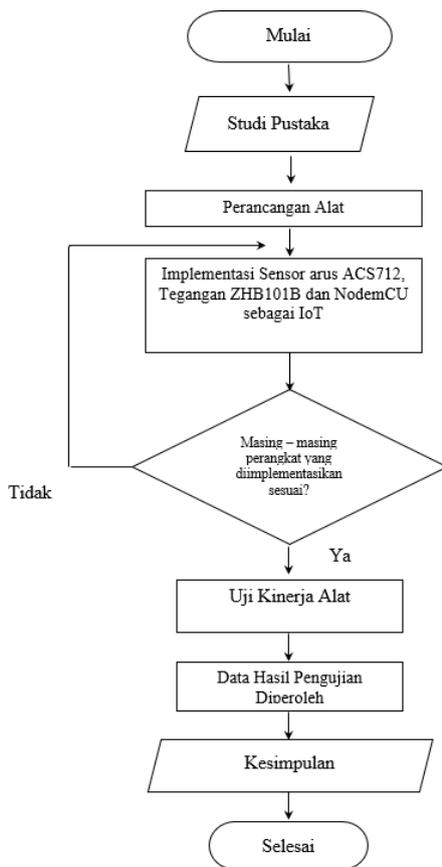
3.2. Implementasi IoT



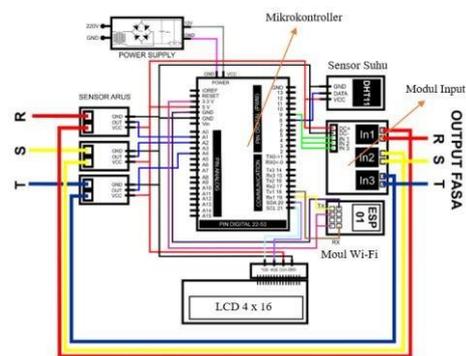
Gambar Diagram Box Alat Perancangan perangkat lunak IoT pada penelitian ini merupakan alur dari kode program yang akan digunakan agar sistem dapat bekerja dengan baik. Tahap pertama yang dijalankan oleh perangkat lunak yang dirancang yaitu mendeklarasi semua variabel yang digunakan. Selanjutnya membaca nilai arus dan suhu. Hasil pembacaan sensor selanjutnya akan diproses yang kemudian ditampilkan pada LCD dan juga dikirim ke modul Wi-Fi sehingga dapat diakses melalui aplikasi blynk apps. Apabila hasil pembacaan nilai arus dan tegangan tidak sesuai dengan standar pemakaian motor induksi, maka akan diberikan logika low pada inputan modul relay, sehingga relay aktif. Selanjutnya, sistem tersebut akan mengirimkan pesan alert pada user yang terhubung.

Pada perangkat NodemCU yang terkoneksi dengan sistem kontrol mikrokontroler pada alat, dapat mengendalikan sensor – sensor yang ada dengan jarak jauh melalui smart phone ataupun laptop/komputer. Dimana pada IoT dapat melakukan on atau pun off secara jarak jauh, dimana meun yang ada pada IoT pada aplikasi Blink akan disetting tombol on/off sebagai penghubung dan pemutus.

3.3. Bagan Alir



- Setelah data diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah menganalisis data. Analisis data ini dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan hasil dari pengukuran sensor, dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran dari sensor dengan hasil pengukuran yang dilakukan secara manual ataupun dengan alat ukur yang sudah terstandarisasi. Jika selisih antara hasil pengukuran sensor dengan alat ukur kecil, maka sensor dapat dikatakan berjalan dengan baik



Gambar 4.1 Rangkaian Alat

3.4. Prosedur Penelitian

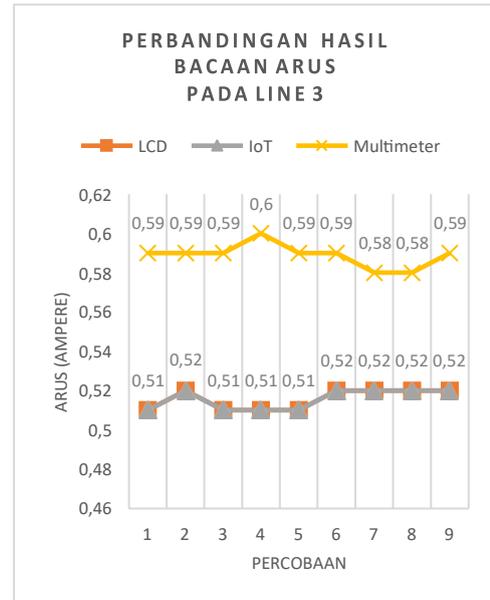
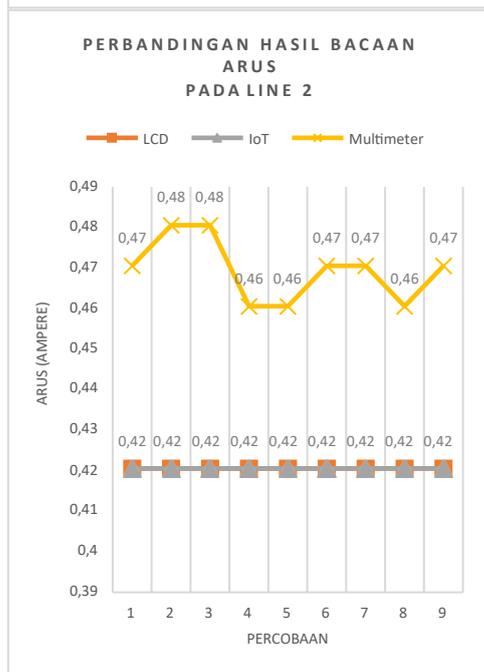
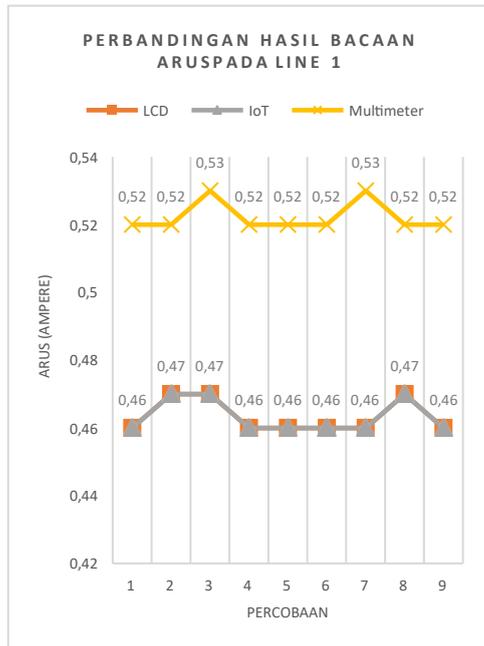
Adapun prosedur pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan mengaplikasikan sensor arus ACS712, tegangan ZHB101B dan NodemCU. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah sistem yang dirancang dapat berfungsi dengan baik atau tidak bila diterapkan di. Data yang didapatkan akan dibandingkan dengan data pengukuran manual.
- Dari perbandingan data akan diketahui sejauh mana tingkat akurasi alat yang telah dibuat.
- Kemudian akan melakukan suatu tingkat akurasi dari sensor yang telah dimasukkan dan melihat tingkat efektifitas dan menguji sensitifitas sensor yang telah dipasang

Rangkaian yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 terdapat modul Wi-fi yaitu ESP01 yang berfungsi sebagai alat yang akan menghubungkan Prototype PMT dan PMS ini dengan internet agar dapat terhubung dengan smart phone. Dimana ESP01 ini dikombinasikan dengan mikro controller arduino Uno agar dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan, kebutuhan untuk IoT ini adalah dimana pada tampilan smartphone yang terhubung dapat mengontrol tegangan, arus pada line 1, line 2 dan line 3 serta dapat memutus dan menghubungkan koneksi jaringan yang ada dengan tombol pada IoT.

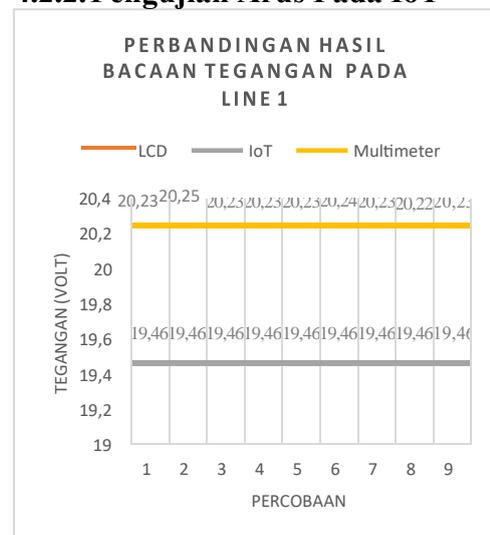
4.2. Pengujian

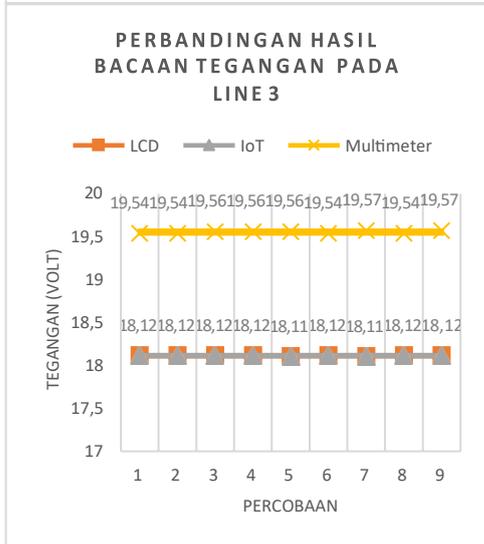
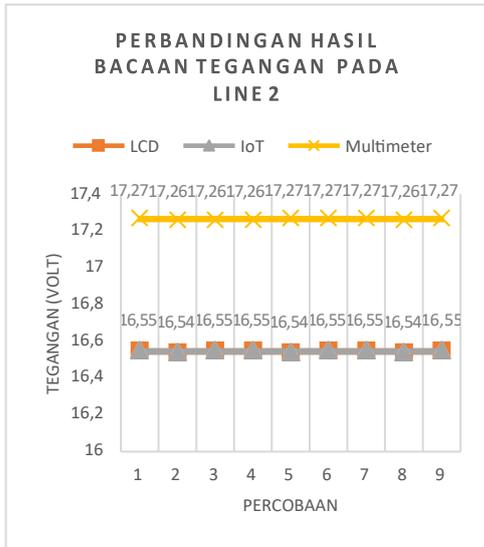
4.2.1. Pengujian Arus Pada IoT



Pada gambar grafik line 1, line 2 dan line 3, dapat dilihat hasil bacaan antara tampilan pada LCD alat dan tampilan pada IoT smartphone yang digunakan garis grafik saling bertimpa, hal ini menunjukkan hasil bacaan untuk arus pada alat dan IoT adalah sama. Hasil bacaan yang sama menunjukkan tingkat akurasi atau ketepatan bacaan IoT adalah 100%. Namun garis grafik multimeter berada dibawah lcd dan iot yang artinya hasil bacaan multimeter lebih tinggi dari hasil bacaan pada lcd dan IoT.

4.2.2. Pengujian Arus Pada IoT



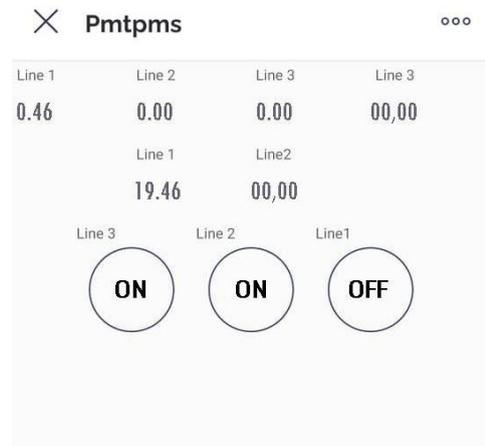


Pada gambar grafik line 1, line 2 dan line 3, dapat dilihat hasil bacaan antara tampilan pada LCD alat dan tampilan pada IoT smartphone yang digunakan garis grafik saling bertimpas, hal ini menunjukkan hasil bacaan untuk tegangan pada alat dan IoT adalah sama. Hasil bacaan yang sama menunjukkan tingkat akurasi atau ketepatan bacaan tegangan IoT adalah 100%

4.2.3. Pengujian Sensitifitas Sensor

Sensitifitas pengontrolan relay pada IoT adalah dimana lama waktu atau delay antara tombol pada IoT dengan aksi yang diberikan relay setelah menerima perintah pada sistem IoT. Dimana rentang waktu

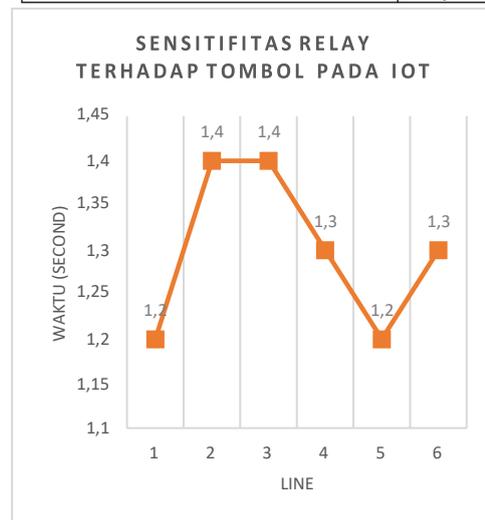
yang dihitung adalah jarak ketika tombol pada IoT ditekan berapa lama alat prototype PMT dan PMS terkusus relay merespon perintah pada IoT.



Gambar Tampilan IoT

Adapun hasil pengujian pengontrolan Relay pada IoT adalah sebagai berikut ini :

Percobaan	Line	Kondisi Tombol IoT	Kondisi Relay	Delay (Second)
1	1	ON	OFF	1,2
2	1	OFF	ON	1,4
3	2	ON	OFF	1,4
4	2	OFF	ON	1,3
5	3	ON	OFF	1,2
6	3	OFF	ON	1,3
Rata - Rata				1,3



Pada grafik dapat dilihat tingkat sensitifitas relay terhadap reaksi pada tombol IoT rata – rata berada diatas 1 detik, hal ini menunjukkan tingkat delay reaksi relay relatif tinggi karena diatas 1 detik

V. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Pengaplikasian IoT dalam monitoring terjadinya gangguan pada PMT dan PMS adalah dengan menampilkan tegangan dan arus pada line 1, line 2 dan line 3 serta dilengkapi dengan tombol on/off untuk memutus dan menghubungkan jaringan.
2. Tingkat akurasi atau ketepatan hasil bacaan IoT yang dibandingkan dengan hasil bacaan pada LCD alat adalah 100%, dibuktikan dengan grafik arus dan tegangan mana ke-2 hasil bacaan saling bertimpa yang menandakan nilainya sama.
3. Tingkat sensitifitas relay yang dikontrol melalui IoT setelah dilakukan pengambilan data dengan menggunakan stopwatch adalah dengan rata – rata 1,3 Detik

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., Cholish, C., & Zainul haq, M. (2021). Pemanfaatan IoT (Internet of Things) Dalam Monitoring Kadar Kepekatan Asap dan Kendali Pergerakan Kamera. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 5(1), 86. <https://doi.org/10.22373/crc.v5i1.8497>
- Arto, B., Winarno, B., & Hidayatullah, N. A. (2019). Rancang Bangun Smart Plug Untuk Sistem Monitoring Dan Proteksi Hubungsingkat Listrik. *Jurnal ELTIKOM*, 3(2), 77–84. <https://doi.org/10.31961/eltikom.v3i2.123>
- Drewer, S., & Gann, D. (1994). Smart Buildings. *Facilities*, 12(13), 19–24. <https://doi.org/10.1108/02632779410795387>
- Erwan Eko Prasetyo. (2017). APLIKASI INTERNET OF THINGS (IoT) UNTUK PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN BEBAN LISTRIK DI RUANGAN. *Jurnal Teknika STTKD*, 4(2), 28–39.
- Kurniawan, R. (2018). Perancangan Alat Monitoring Arus Pada Circuit Breaker Dengan Menggunakan Sensor Acs712 Dan Tampilan Lcd. *INFORMATIKA*, 10(1), 12. <https://doi.org/10.36723/juri.v10i1.55>
- Megawati, S. (2021). Pengembangan Sistem Teknologi Internet of Things Yang Perlu Dikembangkan Negara Indonesia. *Journal of Information Engineering and Educational Technology*, 5(1), 19–26. <https://doi.org/10.26740/jieet.v5n1.p19-26>
- Noorly, Pasaribu, Azis & Atikah " Penggunaan Arduino Uno Untuk Mengatur Temperatur Pada Oven" Vol. 4 No. 2 Januari 2022 2622 - 7002
- Oleh, D. I. S. (2022). Analisis Kelayakan Pmt 150 Kv Di Gi Jenepono Muqaddam Syam. Politeknik Negeri Sriwijaya. (2014). PMS (Pemisah Tegangan). 6–23. https://www.academia.edu/35241131/Pemisah_dan_penghubung_pada_Gardu_induk,
- Pratama, M. A. (2020). Perancangan Prototype Pengontrol Mekanik Pada PMS (Disconnecting Switch) Berbasis Arduino uno. *Jurnal Ekonomi*, 2(1), 41–49.

- Rusmayani. 2013. Belajar Arus Bolak-Balik. Jurnal FMIPA: Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.
- Ratnasari, T., & Senen, A. (2017). Perancangan prototipe alat ukur arus listrik Ac dan Dc berbasis mikrokontroler arduino dengan sensor arus Acs-712 30 ampere. Jurnal Sutet, 7(2), 28–33.
- Rizky & Pasaribu " SISTEM KONTROL BUKA TUTUP VALVE PADA PROSES PEMANASAN AIR JAKET" Jurnal Universitas Medan Area, 2017
- Sapitri, N. F. (2017). Pendeteksi Warna Kematangan Kue Menggunakan Sensor Kamera Pixy CMUCAM5 Pada Rancang Bangun Alat Pemanggang Kue Listrik Otomatis. July, 1–23.
- Setiawan, Y., Tanudjaja, H., & Octaviani, S. (2019). Penggunaan Internet of Things (IoT) untuk Pemantauan dan Pengendalian Sistem Hidroponik. TESLA: Jurnal Teknik Elektro, 20(2), 175. <https://doi.org/10.24912/tesla.v20i2.2994>
- Tama, A. R., & Winardi, S. (2022). MONITORING ARUS LISTRIK DAN KONTROL CIRCUIT BREAKER UNTUK ARUS LEBIH BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT). 5, 87–93.
- Zidifaldi, D., Abdullah, A., Sari, K., & Fakhruzi, I. (2022). Pemanfaatan iot sebagai sistem deteksi dini kebakaran dengan sensor api dan sensor suhu berbasis arduino. Jurnal Digital Teknologi Informasi, 5(2), 66. <https://doi.org/10.32502/digital.v5i2.4338>