

SKRIPSI

**IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING DAYA LISTRIK
3-FASA BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)**

Disusun dan diajukan oleh :

MUHAMMAD HAEKAL SUTRISNA

D041 19 1079



PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2023



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING DAYA LISTRIK 3-FASA BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)*

Disusun dan diajukan oleh

Muhammad Haekal Sutrisna

D101 19 1079

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 21 November 2023 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

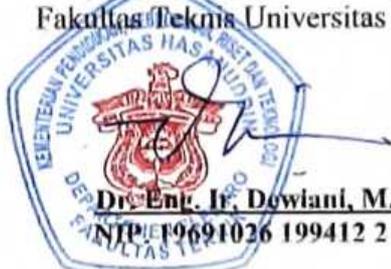
Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Prof. Dr. Ing. Faizal Arya Samman, S.T., M.T.
NIP. 19750605 200212 1 004

Ida Rachmaniar Sahali, S.T., M.T.
NIP. 19820630 201212 2 001

Ketua Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin,



Dr. Eng. Ir. Dwiwani, M.T., IPM
NIP. 19691026 199412 2 001



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

Nama : Muhammad Haekal Sutrisna

NIM : D101 19 1079

Program Studi : Teknik Elektro

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING DAYA LISTRIK 3-FASA BERBASIS *INTERNET OF THINGS (IOT)*

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 22 November 2023

Yang Menyatakan,



Muhammad Haekal Sutrisna



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa Allah SWT atas segala berkah dan kemurahan nya sehingga penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “*Implementasi Sistem Monitoring Daya Listrik 3-Fasa Berbasis Internet of Things (IoT)*”. Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) di Universitas Hasanuddin, Departemen Teknik Elektro.

Bantuan dan dukungan datang dari berbagai pihak sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat berjalan dengan baik dan lancar. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr.-Ing. Ir. Faizal Arya Samman, ST, MT, IPU, AseanEng, ACPE. Selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Ida Rachmaniar Sahali, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan memberikan bimbingan dalam pengerjaan skripsi ini.
2. Bapak Muh Anshar, ST. M.Sc(Research), Ph. D dan Ibu Dr. A. Ejah Umraeni Salam, selaku dosen penguji.
3. Seluruh dosen dan staf pegawai Departemen Teknik Elektro yang telah banyak membantu dan memberi kemudahan selama menempuh proses perkuliahan.
4. Ibu Dr. Eng. Ir. Dewiani, M.T., IPM. selaku Kepala Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T. Selaku dekan Fakultas Teknik dan Bapak Prof. Dr. Ir. Jamaluddin Jompa, M.Sc. selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
6. Orang tua yang sangat Penulis cintai serta keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan baik dari segi moril dan materi.
7. Semua teman-teman seperjuangan TR19GER yang turut memberi dukungan terhadap penyelesaian skripsi ini.
8. Teman-teman Lab Research Group Elektronika dan Divais yang selalu enemani di laboratorium saat proses penyusunan tugas akhir ini. Secara husus Kanda Askar Annadwi, ST. dan Saudara Ahmad Ibnu Abdillah yang banyak memberikan saran dan arahan kepada penulis.



9. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu demi satu yang telah membantu dan mendukung dalam menyelesaikan tugas akhir ini

Semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu Penulis menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga penulis dengan sangat terbuka menerima kritikan dan saran yang membangun untuk memperbaiki skripsi dan penelitian ini ke depannya.

Gowa, 16 November 2023

Penulis



ABSTRAK

MUHAMMAD HAEKAL SUTRISNA. *Implementasi Sistem Monitoring Daya Listrik 3-Fasa Berbasis Internet Of Things* (Dibimbing oleh Faizal Arya Samman dan Ida Sahali).

Dengan berlandaskan pada pertumbuhan teknologi yang cepat dan kompleksitas penggunaan energi listrik di gedung-gedung modern, penelitian ini bertujuan untuk menciptakan solusi yang efisien dalam monitoring energi listrik. Sistem ini memanfaatkan sensor PZEM-004T yang terhubung dengan NodeMCU ESP8266 untuk mengumpulkan data penggunaan energi listrik pada fasa R, S dan T secara *real-time* yang terhubung melalui platform Blynk. Pada penelitian ini dilakukan pengambilan data dengan menguji alat monitoring menggunakan beban konstan dan berbeda pada setiap fasa sistem kelistrikan 3-fasa Laboratorium Elektronika dan Divais. Penelitian yang dilakukan adalah menganalisis efek pembebanan pada sistem monitoring dimana pembebanan yang dilakukan adalah pembebanan konstan dan variatif dengan beban 1 fasa pada masing-masing fasa R, S dan T. Dari hasil penelitian terlihat bahwa alat monitoring pada kondisi beban konstan dapat mengukur arus, tegangan, daya aktif, daya semu dan daya reaktif dengan akurasi arus 0.51%, tegangan 0.64%, daya aktif 1.42%, daya semu 1.07%, dan daya reaktif 3.22%. Sedangkan pada kondisi beban yang berbeda atau variatif alat monitoring dapat mengukur arus, tegangan, daya aktif, daya semu dan daya reaktif dengan akurasi arus 1.28%, tegangan 0.16%, daya aktif 1.34%, daya semu 1.34%, dan daya reaktif 1.67%. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui efek pada pembebanan konstan memiliki hasil akurasi cenderung lebih akurat dibandingkan dengan pembebanan berbeda atau variatif.

Kata Kunci—fasa, Monitoring, Listrik, Internet of Things



ABSTRACT

MUHAMMAD HAEKAL SUTRISNA. *Implementasi Sistem Monitoring Daya Listrik 3-Fasa Berbasis Internet Of Things* (supervised by Faizal Arya Samman dan Ida Sahali).

Based on the rapid growth of technology and the complexity of the use of electrical energy in modern buildings, this research aims to create an efficient solution in monitoring electrical energy. The system utilizes the PZEM-004T sensor connected to NodeMCU ESP8266 to collect real-time data on electrical energy usage in phases R, S and T connected through the Blynk platform. In this study, data collection was carried out by testing monitoring tools using constant and different loads in each phase of the 3-phase electrical system of the Electronics and Device Laboratory. The research conducted is to analyze the effect of loading on the monitoring system where the loading carried out is constant and variable loading with a load of 1 phase in each phase R, S and T. From the results of the study, it can be seen that monitoring devices under constant load conditions can measure current, voltage, active power, apparent power and reactive power with an accuracy of 0.51% current, 0.64% voltage, 1.42% active power, 1.07% apparent power, and 3.22% reactive power. Meanwhile, under different load conditions or varied, monitoring devices can measure current, voltage, active power, apparent power and reactive power with a current accuracy of 1.28%, voltage 0.16%, active power 1.34%, apparent power 1.34%, and reactive power 1.67%. Based on these results, it can be known that the effect on constant loading has accuracy results tend to be more accurate than different or varied loading.

Keywords — Phase, Monitoring, Electrical Energy, Internet of Things



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Listrik	5
2.2 Arus Listrik	5
2.3 Tegangan Listrik	6
2.4 Daya Listrik.....	6
2.3.1 Daya Aktif / Nyata (<i>Active/Real Power</i>).....	6
2.3.2 Daya Reaktif (<i>Reactive Power</i>).....	7
2.3.3 Daya Tampak / Semu (<i>Apparent Power</i>)	7
2.5 Sistem Listrik 3-Fasa.....	7
2.5.1 Hubungan Bintang (Y, wye).....	8
2.5.1 Hubungan Segitiga	9
2.6 Sistem Monitoring.....	10
ternet	10
ternet of Things (IoT)	11
nsor	12



2.10 Aplikasi	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Alur Penelitian.....	14
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian	15
3.3 Alat dan Bahan.....	15
3.3.1 NodeMCU ESP8266.....	16
3.3.2 Modul Sensor PZEM-004T.....	16
3.3.3 Modul LCD OLED I2C	17
3.3.4 Blynk.....	18
3.3.5 Kabel <i>Jumper</i>	19
3.4 Gambaran Umum Sistem	19
3.5 Perancangan <i>Hardware</i>	20
3.6 Perancangan <i>Software</i>	21
3.7 Alur Sistem.....	22
3.8 Teknik Pengumpulan Data	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Hasil Perancangan Alat	23
4.2 Hasil Perbandingan Dengan Beban Konstan Pada Fasa R, S dan T	25
4.2.1 Hasil Pengujian Arus (I)	34
4.2.2 Hasil Pengujian Tegangan (V).....	36
4.2.3 Hasil Pengujian Daya Aktif (W).....	38
4.2.4 Hasil Pengujian Daya Semu (VA).....	40
4.2.5 Hasil Pengujian Daya Reaktif (VAR).....	42
4.3 Hasil Pengujian Sistem <i>Monitoring</i>	44
BAB V PENUTUP.....	45
5.1 Kesimpulan	45
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	49



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Energi Listrik.....	5
Gambar 2. Sistem 3 Phasa.....	8
Gambar 3. Hubungan Bintang (Y, wye)	9
Gambar 4. Hubungan Segitiga (delta, Δ , D)	9
Gambar 5. Internet of Things (IoT).....	11
Gambar 6. Ilustrasi Aplikasi	13
Gambar 7. Diagram Alir Penelitian	14
Gambar 8. NodeMCU ESP8266	16
Gambar 9. Modul PZEM-004T.....	17
Gambar 10. Modul LED OLED I2C.....	18
Gambar 11. Aplikasi Blynk.....	19
Gambar 12. Kabel Jumper.....	19
Gambar 13. Diagram Blok Sistem Monitoring Daya 3-Fasa.....	20
Gambar 14. Sistematisa Alat Monitoring Energi 3-Fasa.....	21
Gambar 15. Diagram Alir Kerja Perangkat Lunak	21
Gambar 16. Alur Sistem Monitoring	22
Gambar 17. Hasil Alat Monitoring	23
Gambar 18. Panel Laboratorium Elektronika dan Divais	24
Gambar 19. Grafik Perbandingan Arus pada Fasa R	35
Gambar 20. Grafik Perbandingan Arus pada Fasa S.....	35
Gambar 21. Grafik Perbandingan Arus pada Fasa T	35
Gambar 22. Grafik Perbandingan Tegangan pada Fasa R	37
Gambar 23. Grafik Perbandingan Tegangan pada Fasa S.....	37
Gambar 24. Grafik Perbandingan Tegangan pada Fasa T	37
Gambar 25. Grafik Perbandingan Daya Aktif pada Fasa R.....	39
Gambar 26. Grafik Perbandingan Daya Aktif pada Fasa S	39
Gambar 27. Grafik Perbandingan Daya Aktif pada Fasa T	39
Gambar 28. Grafik Perbandingan Daya Semu pada Fasa R	41
Gambar 29. Grafik Perbandingan Daya Semu pada Fasa S.....	41
Gambar 30. Grafik Perbandingan Daya Semu pada Fasa T.....	41
Gambar 31. Grafik Perbandingan Daya Reaktif pada Fasa R.....	43



Gambar 32. Grafik Perbandingan Daya Reaktif pada Fasa S 43
Gambar 33. Grafik Perbandingan Daya Reaktif pada Fasa T 43
Gambar 34. Tampilan Monitoring Online 44



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Alat dan Bahan.....	15
Tabel 2. Alamat Register Hasil Pengukuran PZEM-004T.....	24
Tabel 3. Data Hasil Dengan Beban Konstan Menggunakan Alat Ukur.....	25
Tabel 4. Data Hasil Dengan Beban Konstan Menggunakan Sensor.....	26
Tabel 5. Hasil Perbandingan Dengan Beban Konstan Pada Arus.....	27
Tabel 6. Hasil Perbandingan Dengan Beban Konstan Pada Tegangan.....	28
Tabel 7. Hasil Perbandingan Dengan Beban Konstan Pada Daya Aktif.....	29
Tabel 8. Hasil Perbandingan Dengan Beban Konstan Pada Daya Semu	30
Tabel 9. Hasil Perbandingan Dengan Beban Konstan Pada Daya Reaktif	31
Tabel 10. Data Hasil Dengan Beban Berbeda Menggunakan Alat Ukur.....	32
Tabel 11. Data Hasil Dengan Beban Berbeda Menggunakan Sensor.....	33
Tabel 12. Hasil Perbandingan Dengan Beban Berbeda Pada Arus.....	34
Tabel 13. Hasil Perbandingan Dengan Beban Berbeda Pada Tegangan.....	36
Tabel 14. Hasil Perbandingan Dengan Beban Berbeda Pada Daya Aktif.....	38
Tabel 15. Hasil Perbandingan Dengan Beban Berbeda Pada Daya Semu	40
Tabel 16. Hasil Perbandingan Dengan Beban Berbeda Pada Daya Reaktif	42



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini teknologi berkembang pesat di berbagai bidang keilmuan. Manusia terus berupaya mengembangkan dan meneliti teknologi-teknologi terbaru dalam rangka untuk mempermudah manusia itu sendiri. Salah satunya yaitu pada bidang teknologi mengenai (*Internet of Things*). (*Internet of Things*) sudah banyak diterapkan di beberapa bidang keilmuan dan industry, seperti dalam bidang ilmu kesehatan, informatika, geografis dan dalam kehidupan sehari-hari juga bisa diterapkan.

Pada acara pembukaan Indonesia Industrial Summit 2018, Kementerian Perindustrian meluncurkan Peta Jalan 4.0 (Jawa Pos, 8 April 2018). Teknologi utama penopang Industri 4.0 adalah artificial Intelligence, teknologi 3D Printing, teknologi robotic dan sensor, human machine interface dan internet of things. Dengan demikian penggunaan IoT sejalan dengan kebijakan pemerintah untuk membangun industry manufaktur yang berdaya saing global.

Internet of Things membuat internet menjadi meluas dan berkembang dengan memungkinkan akses dan interaksi yang mudah dengan beragam perangkat seperti actuator, display, kamera CCTV (*closed circuit television*) sensor pemantauan dan sebagainya. Seperti contoh pemantauan yang sering digunakan dewasa ini dikarenakan ingin mengetahui perkembangan, kemajuan, dan kondisi perangkat yang sering perlunya monitoring atau pengawasan adalah penggunaan listrik harian terkadang tanpa disadari penggunaan listrik yang boros dengan adanya Internet of Things (IoT) pemantauan penggunaan listrik harian dapat di lakukan, dalam penelitian ini perkembangan kelistrikan yang sudah mengembangkan energi terbarukan seperti memanfaatkan energi sel surya menjadi energy listrik, timbulnya ide untuk memantau tegangan, arus dan daya listrik yang dihasilkan photovoltaic yang di konversi menjadi energi listrik dengan mengembangkan dari penelitian

ya.

di penelitian yang sebelumnya sudah ada yang membahas tentang sistem peng daya listrik. diantaranya penelitian oleh (Hudan, Ivan Safril, 2019)



dimana pada penelitian tersebut menggunakan sensor ZMPT101B dan juga ACS712 sebagai sensor tegangan dan arus, untuk pemrosesan datanya menggunakan Wemos D1 mini dan dikirim ke server melalui jaringan *wifi* yang terkoneksi dengan Wemos D1 mini.

Menurut (B. Kurniawan & Lomi, 2020) juga membahas sistem monitoring daya listrik yang menggunakan sensor PZEM-004T sebagai sensor untuk mengukur besar arus, tegangan, dan daya pada listrik. Penelitian ini hanya untuk listrik 1-fasa serta menggunakan website sebagai server dan untuk melihat data monitor daya listrik. Sebagai mikrokontroler-nya menggunakan NodeMCU dan menggunakan jaringan *wifi* untuk konektivitas dengan internet.

Pada penelitian ini tetap menggunakan sensor PZEM-004T sebagai sensor-nya karena tingkat keakuratan dalam pembacaannya yang cukup baik dan dapat mengukur nilai tegangan, arus, daya, dan energi listrik hanya dalam satu sensor saja. Selain itu, penelitian ini akan menggunakan modul ESP8266 sebagai solusi *mikrokontroler* yang hemat daya dan berukuran kecil sehingga dapat diimplementasi dengan mudah. Adapun fokus utama dari penelitian ini adalah melakukan implementasi pada daya listrik 3-Fasa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang alat monitoring daya listrik berbasis *internet of things* (IoT)?
2. Bagaimana akurasi pengukuran alat monitoring daya listrik berbasis *internet of things* (IoT) pada sistem kelistrikan 3-fasa?
3. Bagaimana efek dari pembebanan konstan dan variatif pada alat monitoring daya listrik berbasis *internet of things* (IoT)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang dan rumusan masalah di atas, maka diperoleh tujuan penelitian berikut:



Merancang alat monitoring daya listrik berbasis *internet of things* (IoT).

Menguji akurasi alat monitoring daya listrik pada sistem kelistrikan 3-fasa.

3. Mengidentifikasi efek dari pembebanan konstan dan variatif pada alat monitoring daya listrik berbasis *internet of things* (IoT).

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini, antara lain untuk memberikan masyarakat pengetahuan mengenai bagaimana melakukan implementasi monitoring listrik menggunakan aplikasi android dalam skala 3-fasa serta menjadi bahan referensi dan kajian literatur dalam melakukan penelitian sejenis yang terkait dengan monitoring daya listrik pada sistem kelistrikan 3 fasa berbasis *internet of things* (IoT).

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah dilakukan pembebanan pada masing-masing fasa (beban 1 Fasa) dimana tidak dilakukan analisis pada beban 3 fasa. Beban yang digunakan bersifat konstan dimana yang diamati adalah arus, tegangan, daya aktif, daya semu dan daya reaktif.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam penyusunan penelitian ini, sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bagian pertama berisi latar belakang permasalahan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi studi pustaka yang menunjang dalam penelitian. Di antara studi pustaka yang digunakan yaitu berkaitan dengan sistem monitoring daya listrik berbasis *Internet of things* dan komponennya serta teknologi sistem monitoring



n digunakan

METODE PENELITIAN

Bab ini Menguraikan rancangan penelitian, lokasi dan waktu penelitian, alat dan bahan yang digunakan, serta alur penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil pengujian alat dan analisisnya serta memberikan jawaban dari tujuan penelitian.

BAB V PENUTUP

Bab ini merupakan penutup berupa kesimpulan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

Pada bagian ini berisi sumber atau rujukan dari pengerjaan tugas akhir.

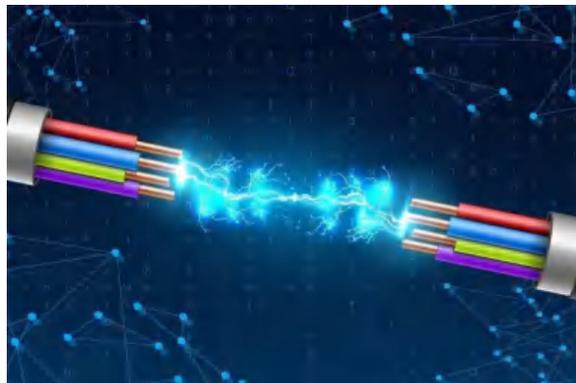


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Listrik

Listrik merupakan salah satu bentuk tenaga yang tidak dapat dilihat, walaupun pengaruhnya bisa berbentuk panas, magnet dan reaksi kimia. Pengaruh tersebut dipakai oleh alat-alat listrik kita sehari-hari untuk memberi kita sesuatu seperti cahaya, panas, gerak, baterai dan sebagainya (N. Huda & Khamami, 2017).

Energi didefinisikan sebagai kemampuan untuk melakukan kerja atau usaha. Sedangkan energi listrik adalah energi yang ditimbulkan oleh muatan listrik (statis) sehingga mengakibatkan gerakan muatan listrik (dinamis). Dalam teori dicontohkan yaitu beda potensial menimbulkan energi untuk menggerakkan muatan elektron dari titik potensial rendah menuju titik potensial tinggi (Garci Reyes, 2019).



Gambar 1. Energi Listrik

2.2 Arus Listrik

Arus listrik adalah banyaknya muatan yang mengalir pada sebuah penghantar dalam waktu satu detik (*coulombs per second*) yang diukur dalam satuan ampere (A). Arus listrik dapat dirumuskan dengan persamaan berikut :

Dimana:

I = Arus listrik dalam satuan ampere (A)

Q = Muatan listrik dalam satuan coulomb (C)

t = waktu dalam satuan detik (s)



2.3 Tegangan Listrik

Tegangan listrik adalah besarnya beda energi potensial antara dua buah titik yang diukur dalam satuan volt (V). Tegangan dapat juga diartikan sebagai joule per coulomb. Misalkan sebuah baterai memiliki tegangan sebesar 12,6 V, itu berarti setiap muatan 1 coulomb menyediakan energi 12,6 joule. Jika sebuah lampu dihubungkan ke baterai tersebut maka setiap muatan 1 coulomb yang mengalir melalui lampu akan mengkonversi energi sebesar 12,6 joule menjadi energi panas dan energi cahaya (A. Kurniawan et al., 2014) . Dengan demikian rumus tegangan adalah sebagai berikut:

Dimana:

V = Tegangan dalam satuan volt (V)

E = Energi dalam satuan joule (J)

Q = Muatan dalam satuan coulomb (C)

2.4 Daya Listrik

Daya listrik didefinisikan sebagai laju hantaran energi listrik dalam rangkaian listrik. Pada jaringan listrik AC dengan bentuk gelombang sinusoidal dikenal beberapa jenis bentuk daya, diantaranya adalah, daya aktif, daya reaktif dan daya semu. Perkalian tegangan (V) dengan arus (I) dalam kedua besaran ini dalam bentuk kompleks adalah $V \cdot I$ yang dinamakan daya atau semu dengan simbol S, dalam satuan Volt ampere (VA). Daya aktif atau daya nyata dirumuskan dengan $S \cos \theta$ atau $VI \cos \theta$ dengan simbol P, dalam satuan watt (W). Sedangkan daya reaktif atau daya khayal dirumuskan dengan $S \sin \theta$ atau $VI \sin \theta$ dengan simbol Q, dalam satuan Volt Ampere reaktif (VAR). Daya listrik dibagi menjadi tiga, yaitu daya aktif, daya reaktif dan daya semu.

2.4.1 Daya Aktif / Nyata (*Active/Real Power*)

Daya dengan satuan Joule/detik atau watt disebut sebagai daya aktif. Simbolnya adalah P. Daya aktif adalah daya sebenarnya yang dihamburkan atau dipakai oleh beban. Daya aktif dihitung dengan persamaan 1:



$$P = V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (1)$$

Keterangan:

P = Daya Aktif (W)

V = Tegangan (V)

I = Arus (I)

$\cos \varphi$ = Faktor Daya

2.4.2 Daya Reaktif (*Reactive Power*)

Daya reaktif Satuannya adalah VAR (Voltampere – reactive). Daya reaktif (Q) ini merupakan jumlah daya yang diperlukan untuk pembentukan medan magnet, daya reaktif juga dipahami sebagai daya yang tidak dihaburkan oleh beban atau dengan kata lain merupakan daya yang diserap namun dikembalikan ke sumbernya. Daya reaktif dapat dihitung dengan persamaan 2 :

$$Q = V \cdot I \cdot \sin \varphi \quad (2)$$

Keterangan:

Q = Daya Reaktif (VAR)

$\sin \varphi$ = Faktor Reaktif

2.4.3 Daya Tampak / Semu (*Apparent Power*)

Daya tampak merupakan hasil penjumlahan trigonometri daya aktif dan reaktif yang disimbolkan dengan S. Dengan satuannya adalah VA (Voltampere). Daya tampak dapat dihitung menggunakan persamaan 3:

$$S = V \cdot I \quad (3)$$

Keterangan:

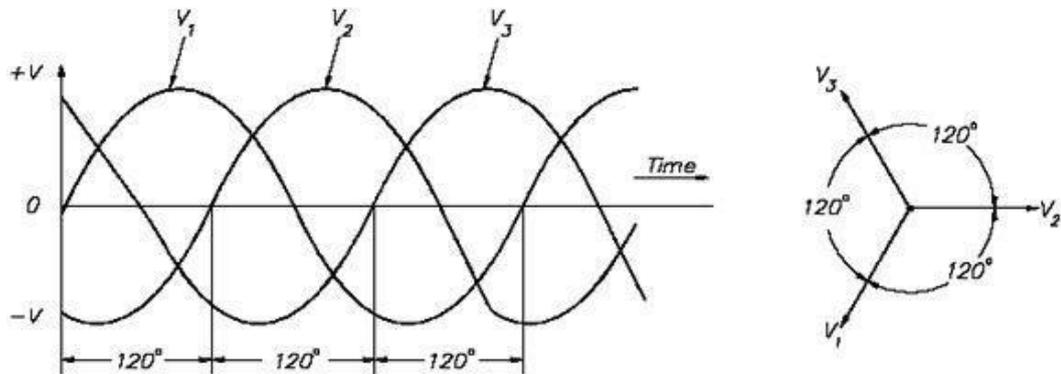
S = Daya Semu (VA)

2.5 Sistem Listrik 3-Fasa

Pada sistem tenaga listrik 3 fase, idealnya daya listrik yang dibangkitkan, disalurkan dan diserap oleh beban semuanya seimbang, P pembangkitan = P beban, dan juga pada tegangan yang seimbang. Pada tegangan yang seimbang ri tegangan 1 fase yang mempunyai magnitude dan frekuensi yang sama antara 1 fase dengan yang lainnya mempunyai beda fase sebesar 120° listrik,



sedangkan secara fisik mempunyai perbedaan sebesar 60° , dan dapat dihubungkan secara bintang (Y, wye) atau segitiga (delta, Δ , D)



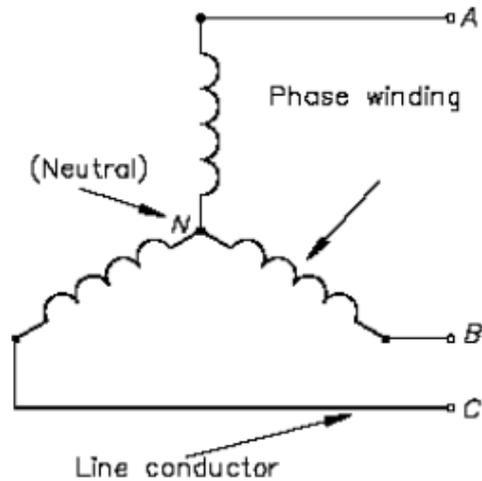
Gambar 2. Sistem 3 Phasa
(Sumber: Springer.com)

Gambar 2 menunjukkan fasor diagram dari tegangan fase. Bila fasor-fasor tegangan tersebut berputar dengan kecepatan sudut dan dengan arah berlawanan jarum jam (arah positif), maka nilai maksimum positif dari fase terjadi berturut turut untuk fase V_1 , V_2 dan V_3 . sistem 3 fase ini dikenal sebagai sistem yang mempunyai urutan fasa a – b – c . sistem tegangan 3 fase dibangkitkan oleh generator sinkron 3 fase.

2.5.1 Hubungan Bintang (Y,wye)

Pada hubungan bintang (Y, wye), ujung-ujung tiap fase dihubungkan menjadi satu dan menjadi titik netral atau titik bintang. Tegangan antara dua terminal dari tiga terminal a – b – c mempunyai besar magnitude dan beda fasa yang berbeda dengan tegangan tiap terminal terhadap titik netral. Tegangan V_a , V_b dan V_c disebut tegangan “fase” atau V_f .





Gambar 3. Hubungan Bintang (Y, wye)
(Sumber: springer.com)

Dengan adanya saluran / titik netral maka besaran tegangan fase dihitung terhadap saluran / titik netral nya, juga membentuk sistem tegangan 3 fase yang seimbang dengan magnitudenya (akar 3 dikali magnitudenya dari tegangan fase).

$$V_{\text{line}} = \sqrt{3} V_{\text{fase}} = 1,73 V_{\text{fase}}$$

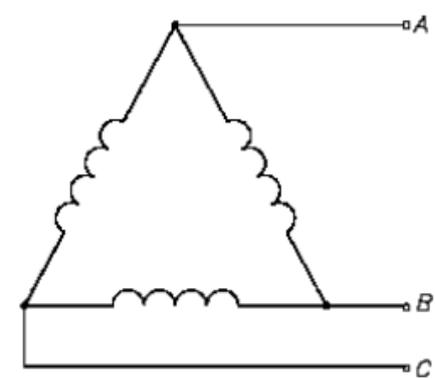
Sedangkan untuk arus yang mengalir pada semua fase mempunyai nilai yang sama,

$$I_{\text{line}} = I_{\text{fase}}$$

$$I_a = I_b = I_c$$

2.5.1 Hubungan Segitiga

Pada hubungan segitiga (delta, Δ , D) ketiga fase saling dihubungkan sehingga membentuk hubungan segitiga 3 fase.



Gambar 4. Hubungan Segitiga (delta, Δ , D)
(Sumber: springer.com)



Dengan tidak adanya titik netral, maka besarnya tegangan saluran dihitung antar fase, karena tegangan saluran dan tegangan fasa mempunyai besar magnitude yang sama, maka:

$$V_{line} = V_{fase}$$

Tetapi arus saluran dan arus fasa tidak sama dan hubungan antara kedua arus tersebut dapat diperoleh dengan menggunakan hukum Kirchhoff, sehingga:

$$I_{line} = \text{akar } 3 I_{fase} = 1,73I_{fase}$$

2.6 Sistem Monitoring

Monitoring adalah proses rutin pengumpulan data dan pengukuran kemajuan atas objektif program. Memantau perubahan yang fokus pada proses dan keluaran. Monitoring akan memberikan informasi tentang status dan kecenderungan bahwa pengukuran dan evaluasi yang disediakan berulang kali dari waktu ke waktu, pemantauan umumnya dilakukan untuk tujuan tertentu, untuk memeriksa proses terhadap suatu objek atau untuk mengevaluasi kondisi atau kemajuan menuju tujuan hasil manajemen atas efek tindakan dari beberapa jenis tindakan untuk mempertahankan manajemen yang sedang berjalan.

Secara umum monitoring bertujuan mendapatkan umpan balik bagi kebutuhan program proses pembelajaran yang sedang berjalan, dengan mengetahui kebutuhan ini pelaksanaan program akan segera mempersiapkan kebutuhan dalam pembelajaran tersebut. Kebutuhan bias berupa biaya, waktu, personel, dan alat. Pelaksanaan program akan mengetahui berapa biaya yang dibutuhkan, berapa lama waktu yang tersedia untuk kegiatan tersebut. Dengan demikian akan diketahui pula berapa jumlah tenaga yang dibutuhkan, serta alat apa saja yang harus disediakan untuk melaksanakan program tersebut. (Pangestu et al., 2019)



ernet

ernet merupakan singkatan dari *Interconnection Networking*. Internet dari bahasa latin “inter” yang berarti antara. Secara kata internet berarti

jaringan antara atau penghubung, sehingga kesimpulan dari definisi internet ialah merupakan hubungan antara berbagai jenis computer dan jaringan di dunia yang berbeda sistem operasi maupun aplikasinya dimana hubungan tersebut memanfaatkan kemajuan komunikasi (telepon dan satelit) yang menggunakan protocol standar dalam berkomunikasi yaitu protokol TCP/IP (B. Kurniawan & Lomi, 2020).

2.8 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things atau dikenal juga dengan singkatan IoT, merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus. Istilah "*Internet of Things*" (IoT) pertama kali digunakan pada tahun 1999 oleh pelopor teknologi Inggris Kevin Ashton menggambarkan sebuah sistem di mana objek di dunia fisik dapat dihubungkan ke Internet oleh sensor. Dengan keunggulan IoT menjadikan internet dapat berbagi data, menjadi pengendali jarak jauh bagi peralatan lain di dunia nyata, dan sebagainya. Dengan kata lain IoT merupakan konsep dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi manusia ke manusia atau manusia ke peralatan elektronik (Saepudin Nirwan & Hafidz MS, 2020).

Internet of Things merupakan bentuk koneksi suatu perangkat yang saling terhubung dan mampu menghasilkan suatu informasi yang dapat diakses. Teknologi ini sudah banyak dilakukan pada penelitian sebelumnya khususnya dalam monitoring sistem tenaga listrik.



Gambar 5. *Internet of Things (IoT)*



2.9 Sensor

Sensor adalah transduser yang menangani variasi gerak, panas, cahaya atau sinar, magnet, dan kimia dalam tegangan dan arus. Sensor merupakan komponen penting dalam berbagai perangkat. Sensor juga berperan sebagai alat untuk mendeteksi dan mengetahui intensitas robe serta memiliki orientasi variabel. Sensor sendiri sering digunakan dalam proses penginderaan hingga proses pengukuran. Sensor yang biasa digunakan pada berbagai rangkaian elektronik antara lain sensor cahaya atau sensor cahaya, sensor suhu, sensor asap, dan sensor tekanan. Sensor juga sering kali diartikan sebagai perangkat yang mampu menangkap fenomena fisik atau kimia dan kemudian mengubahnya menjadi sinyal listrik, baik arus maupun tegangan. Fenomena fisik yang dapat merangsang sensor untuk menghasilkan sinyal listrik antara lain suhu, tekanan, gaya, medan magnet cahaya, gerak, dll. Fenomena kimia tersebut dapat berupa konsentrasi bahan kimia, cairan, atau asap.

Dengan pengertian seperti itu, sensor merupakan perangkat elektronik yang banyak digunakan dalam kehidupan manusia saat ini. Cara tekanan jari kita pada *keyboard komputer*, *remote control* televisi, lantai elevator yang kita tempati menimbulkan perubahan pada layar komputer atau televisi, begitu pula pergerakan elevator merupakan contoh sederhana dari sensor atau sensor suhu yang banyak digunakan (Persada et al., 2019).

2.10 Aplikasi

Aplikasi dapat diartikan sebagai suatu program berbentuk perangkat lunak yang berjalan pada suatu sistem tertentu yang berguna untuk membantu berbagai kegiatan yang dilakukan oleh manusia. Selain itu, terdapat beberapa pengertian yang dikemukakan oleh para ahli (B. Huda & Priyatna, 2019).

1. Ali Zaki

Menurut Ali Zaki dan Smitdev *Community*, Aplikasi merupakan komponen yang bermanfaat sebagai media untuk menjalankan pengolahan data ataupun sebagai kegiatan lainnya seperti pembuatan ataupun pengolahan dokumen file.



2. Yuhefizar

Menurut Yuhefizar, Aplikasi adalah program yang sengaja dibuat dan dikembangkan sebagai pemenuhan kebutuhan penggunanya dalam menjalankan suatu pekerjaan tertentu.

3. Hengky W. Pramana

Menurut Hengky W. Pramana, pengertian aplikasi adalah satu unit perangkat lunak yang sengaja dibuat untuk memenuhi kebutuhan akan berbagai aktivitas ataupun pekerjaan, seperti aktivitas perniagaan, periklanan, pelayanan masyarakat, game, dan berbagai aktivitas lainnya yang dilakukan oleh manusia.



Gambar 6. Ilustrasi Aplikasi
(Sumber: medium.com)

