

**SISTEM MONITORING KUALITAS DAYA BERBASIS ANDROID
DI POLITEKNIK PENERBANGAN MEDAN**

TESIS

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Magister Teknik (M.T)
Dalam Bidang Ilmu Teknik Elektro*

Oleh :

CATRA INDRA CAHYADI

NPM : 2220080007



**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2024**

PENGESAHAN

**SISTEM MONITORING KUALITAS DAYA BERBASIS ANDROID
DI POLITEKNIK PENERBANGAN MEDAN**

“Tesis ini telah Dipertahankan Dihadapan Panitia Penguji Yang Dibentuk Oleh
Magister Teknik Elektro PPs. UMSU dan dinyatakan Lulus Dalam Ujian,

Pada Hari, Tanggal.....

Panitia Penguji

1. Assoc. Prof. Dr. Ir. Suwarno, MT
Penguji 1

1.....

2. Dr. Josef Hadipramana
Penguji 2

2.....

3. Dr. Arnawan Hasibuan, ST, MT, Ph. D
Penguji 3

3.....

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PENGESAHAN TESIS

Nama : **Catra Indra Cahyadi**
Nomor Pokok Mahasiswa : **2220080007**
Prodi/Konsentrasi : **Magister Teknik Elektro**
Judul Tesis : **Sistem Monitoring Kualitas Daya Berbasis
Android Di Politeknik Penerbangan Medan**

Pengesahan Tesis

Medan, _____

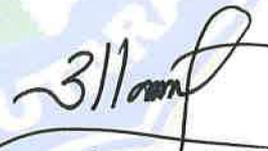
Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II



Prof. Dr. Ir. Surya Hardi, M.sc



Assoc. Prof. Dr. Muhammad Fitra
Zambak, ST., M.Sc

Diketahui,

Direktur

Ketua Program Studi



Prof. Dr. Triono Eddy, S.H., M.Hum



Assoc. Prof. Dr. Ir. Suwarno, M.T

PERNYATAAN

SISTEM MONITORING KUALITAS DAYA BERBASIS ANDROID DI POLITEKNIK PENERBANGAN MEDAN

Dengan ini penulis menyatakan:

1. Tesis ini disusun sebagai syarat memperoleh gelar Magister pada program studi Magister Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara benar adalah hasil karya penulis sendiri.
2. Tesis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar sarjana, magister maupun Doktor di perguruan tinggi manapun.
3. Semua sumber referensi yang dikutip dan yang dirujuk telah ditulis dengan lengkap pada daftar pustaka.
4. Apabila dikemudian hari ditemukan judul penelitian yang sama maka dapat dipertanggungjawabkan sepenuhnya.

Medan, Juli 2024

Penulis



(Catra Indra Cahyadi)

2220080007

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum wr. wb.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT Tuhan semesta alam, yang senantiasa melimpahkan kasih sayang, rahmat, karunia, dan hidayah-Nya kepada umat-Nya yang bersungguh-sungguh dalam urusan dunia dan akhirat. Berkat anugerah-Nya, penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, yang telah menuntun umatnya dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang dan penuh dengan ilmu pengetahuan, beserta keluarga, sahabat, dan seluruh umat Islam di dunia. Aamiin.

Tesis ini disusun sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Magister pada Program Pascasarjana Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Adapun judul tesis ini adalah Sistem Monitoring Kualias Daya Berbasis Android Di Politeknik Penerbangan Medan. Penulis berharap bahwa karya ini dapat memberikan kontribusi positif bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya dalam bidang Teknik Elektro.

Terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan doa dalam proses penyusunan tesis ini. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan tesis ini tidak akan terwujud tanpa adanya bantuan, bimbingan dan motivasi dari berbagai pihak. Untuk itu penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Alm Papa tercinta, doa dan sejuta rindu kepada beliau dan semoga Allah SWT memberikan tempat sebaik-baiknya.
2. Mama tercinta, cinta pertama yang selalu memberikan restu dan doa yang selalu mengerti dan mendukung dengan segenap jiwa, serta keluarga tercinta Abang, Kakak, Adek, Ponakan.
3. Bapak Prof. Dr. Triono Eddy S.H. M.Hum. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

4. Bapak Assoc. Prof. Dr. Ir. Suwarno, MT. Selaku Prodi Magister Teknik Elektro.
5. Ibu Rohana, ST., MT. selaku Sekretaris Prodi Magister Teknik Elektro
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Surya Hardi, MSc Sebagai Dosen Pembimbing I dalam penyusunan tesis ini.
7. Bapak Assoc. Prof. Dr. Muhammad Fitra Zambak, S.T., M.Sc. sebagai pembimbing II dalam penyusunan tesis ini.
8. Bapak dan Ibu Dosen di Program Pascasarjana Program Studi Magister Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Bapak Menteri Perhubungan, Kepala BPSDMP, Kepala PPSDMP Udara
10. Direktur dan seluruh Civitas akademika Politeknik penerbangan Medan.

Atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya. Semoga Allah senantiasa memberikan kita semua kesehatan, keselamatan jasmani dan rohani, serta terlindungan dari segala hal yang buruk. Dimudahkan segala urusan, dilancarkan rezeki yang halal dan berlimpah tercapai segala cita-cita serta keinginan. Amin ya rabbal 'alamin.

Akhir kata, penulis menyadari sepenuhnya bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan kedepannya.

Medan, Juli 2024
Penulis,

(Catra Indra Cahyadi)
NPM : 2220080007

**“ SISTEM MONITORING KUALITAS DAYA BERBASIS ANDROID
DI POLITEKNIK PENERBANGAN MEDAN “**

Catra Indra Cahyadi

2220080007

Abstrak

Energi listrik adalah kebutuhan mendasar yang sangat penting dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk di Politeknik Penerbangan Medan. Tingginya penggunaan perangkat elektronik berbasis daya mengharuskan pasokan listrik yang stabil dan andal. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem monitoring kualitas daya berbasis Android untuk memastikan operasional laboratorium dan fasilitas pendukung lainnya berjalan tanpa gangguan. Tesis ini mengidentifikasi tiga masalah utama: belum adanya studi analisis kualitas daya, pemantauan kualitas daya, dan perencanaan sistem monitoring kualitas daya berbasis Android di Politeknik Penerbangan Medan. Fokus penelitian adalah pengembangan sistem monitoring berbasis Android dan penghematan energi sesuai standar. Hasil penelitian menunjukkan terjadi unbalance tegangan pada $V_{ab} = 0,3$ Volt, $V_{bc} = 0,5$ Volt, $V_{ca} = 0,8$ Volt. untuk Nilai Harmonik pada $V_a = 2,1\%$, $V_b = 1,8\%$ dan $V_c = 1,5\%$. Nilai Harmonik pada Arus $I_a = 20\%$, $I_b = 6\%$ dan $I_c = 7\%$. Untuk nilai frekuensi 49,9 Hz dan nilai power faktor 0,99. Rata-rata penggunaan energi listrik di Politeknik Penerbangan Medan adalah 102.983 kWh/bulan. Rekomendasi perbaikan kualitas daya meliputi perhatian terhadap pembebanan tiap fase saat pemasangan beban listrik. Sistem monitoring kualitas daya berbasis Android ini diharapkan dapat digunakan secara berkelanjutan untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan pasokan listrik di Politeknik Penerbangan Medan.

Kata kunci: Daya, harmonik, kualitas daya listrik, sistem monitoring, Android, Politeknik Penerbangan Medan.

**“ ANDROID BASED POWER QUALITY MONITORING SYSTEM
AT MEDAN AVIATION POLYTECHNIC “**

Catra Indra Cahyadi

2220080007

abstract

Electrical energy is a very important basic need in various aspects of life, including at the Medan Aviation Polytechnic. The high use of power-based electronic devices requires a stable and reliable electricity supply. This research aims to develop an Android-based power quality monitoring system to ensure laboratory operations and other supporting facilities run without interruption. This thesis identifies three main problems: the absence of power quality analysis studies, power quality monitoring, and planning for an Android-based power quality monitoring system at the Medan Aviation Polytechnic. The focus of the research is the development of an Android-based monitoring system and energy savings according to standards. The research results show that there is a voltage unbalance at $V_{ab} = 0.3$ Volts, $V_{bc} = 0.5$ Volts, $V_{ca} = 0.8$ Volts. for Harmonic Values at $V_a = 2.1\%$, $V_b = 1.8\%$ and $V_c = 1.5\%$. Harmonic Value of Current $I_a = 20\%$, $I_b = 6\%$ and $I_c = 7\%$. For a frequency value of 49.9 Hz and a power factor value of 0.99. The average use of electrical energy at the Medan Aviation Polytechnic is 102,983 kWh/month. Recommendations for improving power quality include paying attention to the loading of each phase when installing electrical loads. It is hoped that this Android-based power quality monitoring system can be used sustainably to increase the efficiency and reliability of electricity supply at the Medan Aviation Polytechnic.

Key words: electrical power quality, monitoring system, Android, Medan Aviation Polytechnic, energy efficiency.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TESIS DEWAN PENGUJI	i
LEMBAR PENGESAHAN TESIS KOMISI PEMBIMBING.....	ii
SURAT PERNYATAAN PENULIS.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Rumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Landasan Teori.....	5
2.1.1 Sistem Monitoring.....	5
2.1.2 Daya	6
2.1.3 Kualitas Daya.....	9
2.1.4 Power meter Power Logic PM 5500.....	18
2.1.5 Mikrokontroler ESP32.....	20
2.2 Instalasi Board ESP32.....	25
2.3 App Inventor	30
2.4 Memulai Aplikasi.....	31
2.5 Firebase	38
2.6 Liquid Crystal Display (LCD)	40
2.7 Android	40
2.8 Kajian Penelitian yang Relevan	41
2.9 Kerangka Berpikir.....	43
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	46

3.1 Pendekatan Penelitian	46
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	47
3.3 Tahapan Penelitian	48
3.4 Perancangan Perangkat Keras	49
BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	54
4.1. Hasil Pengembangan	54
4.1.1 Perancangan <i>Hardware</i>	55
4.1.2 Perancangan <i>software</i>	57
4.2. Pembahasan Hasil Pengembangan	65
4.2.1 Pengujian Tegangan	65
4.2.2 Pengujian Monitoring Parameter Tegangan Pada <i>Power Meter</i> dan <i>App Inventor</i>	66
4.2.3 Pengujian Monitoring Parameter Arus Pada <i>Power Meter</i> dan <i>App Inventor</i>	68
4.2.4 Pengujian Monitoring Parameter Daya Pada <i>Power Meter</i> dan <i>App Inventor</i>	70
4.2.5 Pengujian Monitoring Parameter Power Faktor Pada <i>Power Meter</i> dan <i>App Inventor</i>	72
4.2.6 Pengujian Monitoring Parameter Harmonik Tegangan dan <i>Harmonic Arus</i> Pada <i>Power Meter</i> dan <i>App Inventor</i>	74
4.2.7 Pengujian Monitoring Parameter <i>Unbalance Voltage</i> dan <i>Unbalance Current</i> Pada <i>Power Meter</i> dan <i>App Inventor</i>	76
4.3 Analisis Pengujian Error	78
4.4 Analisis pengujian Nilai Delay	79
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	82
5.1 Kesimpulan	82
5.2 Saran	83
REFERENSI	86
LAMPIRAN I	87
LAMPIRAN II	89
LAMPIRAN III	98
LAMPIRAN IV	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penjumlahan trigonometri daya aktif, reaktif dan semu	7
Gambar 2.2 Jenis Gangguan Kualitas Daya	10
Gambar 2.3 <i>Voltage Sag</i>	11
Gambar 2.4 Karakteristik <i>Voltage Sag</i>	12
Gambar 2.5 Harmonic	14
Gambar 2.6 Flicker.....	14
Gambar 2.7 <i>Unbalance Voltage</i>	15
Gambar 2.8 <i>Voltage Swell</i>	16
Gambar 2.9 Transien	16
Gambar 2.10 <i>Interruption</i>	17
Gambar 2.11 <i>Frequency Deviations</i>	18
Gambar 2.12 Powermeter PowerLogic™ PM 5500 merk Schneider [18]	20
Gambar 2.13 bentuk fisik ESP 32	21
Gambar 2.14 Konfigurasi pin chip ESP32	24
Gambar 2.15 Tampilan Menu File	25
Gambar 2.16 Tampilan Jendela <i>Preferences</i>	26
Gambar 2.17 Tampilan Pemilihan Board	27
Gambar 2.18 Tampilan <i>Board Manager</i>	27
Gambar 2.19 Tampilan <i>Board Manager esp module</i>	28
Gambar 2.20 Tampilan Pemilihan Port	28
Gambar 2.21 Tampilan Pemilihan <i>Port device manager</i>	29
Gambar 2.22 Area kerja <i>App Inventor</i>	31
Gambar 2.23 Hasil ekstrak <i>software App Inventor.zip</i>	31
Gambar 2.24 Hasil ekstrak <i>software App Inventor.zip</i>	32
Gambar 2.25 Tampilan <i>buildserver running</i>	33
Gambar 2.26 Tampilan startDev running	34
Gambar 2.27 <i>Link AppInventor</i>	34
<i>Gambar 2.28 . Login Aplikasi</i>	35
<i>Gambar 2.29 Tampilan Halaman AppInventor</i>	36

<i>Gambar 2.30 Tampilan AppInventor</i>	37
Gambar 2.31 Tampilan <i>Bloks Code</i>	38
Gambar 2.32 LCD 2x16	40
Gambar 2.33 Kerangka Berpikir	44
Gambar 3.1 Mikrokontroler ESP32 Pinout Parts [31]	49
Gambar 3.2 Rangkaian USB to Serial	50
Gambar 3.3 Rangkaian Powermeter Mikrokontroler dan LCD	51
Gambar 3.4 Konsep Rancangan sistem monitoring kualitas daya	52
Gambar 4.1 Blok diagram sistem monitoring	55
Gambar 4.2 Gambar Rancangan Sistem Monitoring	57
Gambar 4.3 Tampilan aplikasi realtime database Firebase 5	59
Gambar 4.5 Tampilan Icon sistem monitoring	61
Gambar 4.6 Tampilan <i>Power Meter</i> monitoring	62
Gambar 4.7 Tampilan harmonik Tegangan pada <i>Power Meter</i> monitoring	63
Gambar 4.8 Tampilan harmonik arus pada <i>Power Meter</i> monitoring	64
Gambar 4.9 Tampilan Parameter Tegangan pada <i>Power Meter</i>	67
Gambar 4.10 Tampilan nilai tegangan pada aplikasi <i>App Inventor</i>	68
Gambar 4.11 Tampilan arus pada <i>Power Meter</i> PM 5500	69
Gambar 4.12 Tampilan nilai arus pada aplikasi <i>App Inventor</i>	70
Gambar 4.13 Tampilan Parameter daya pada <i>Power Meter</i>	71
Gambar 4.14 Tampilan Parameter daya pada Aplikasi <i>App Inventor</i>	72
Gambar 4.15 Tampilan Power Faktor pada <i>Power Meter</i> ppm 5500	73
Gambar 4.16 Tampilan nilai Power factor pada aplikasi <i>App Inventor</i>	74
Gambar 4.17 Tampilan Harmonik tegangan dan Harmonik Arus pada <i>Power Meter</i> ppm 5500	75
Gambar 4.18 Tampilan Harmonik tegangan dan Harmonik Arus pada Aplikasi <i>App Inventor</i>	76
Gambar 4.19 Tampilan <i>Unbalance</i> dari <i>Power Meter</i> ppm 5500	77
Gambar 4.20 Tampilan nilai <i>Unbalance</i> pada aplikasi <i>App Inventor</i>	78
Gambar 4.21 Grafik pengujian delay waktu pengiriman data	81

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil pembacaan Pada <i>Power Meter</i> ppm 5500.....	60
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Tegangan	66
Tabel 4.3 Nilai Register Tegangan	67
Tabel 4.4 Nilai Register Arus	69
Tabel 4.5 Nilai Register Daya	71
Tabel 4.6 Nilai Register <i>power factor</i>	73
Tabel 4.7 Nilai <i>Register</i> Harmonik	74
Tabel 4.8 Nilai Register <i>Unbalance</i>	77
Tabel 4.9 Nilai <i>error</i> hasil pengukuran panel dengan <i>Power Meter</i> ppm 5500	79
Tabel 4.10 pengujian nilai <i>Delay</i>	80

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi listrik menjadi kebutuhan pokok dalam semua lini kegiatan manusia saat ini, hingga lebih dari 75% menggantungkan pada ketersediaan energi listrik [1]. Energi listrik juga merupakan salah satu kebutuhan dasar yang diperlukan oleh manusia baik di industri, kantor, maupun penggunaan peralatan listrik lainnya. Rasio elektrifikasi Indonesia pada tahun 2020 mencapai 99,2%, melebihi target RPJM Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral sebesar 97,5% pada tahun 2019. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar penduduk Indonesia telah menikmati manfaat dari pemanfaatan listrik. Pemanfaatan energi listrik telah mencapai berbagai sektor kehidupan mulai dari rumah tangga hingga kebutuhan komersial, terutama sektor pemerintahan dan industri [2].

Kebutuhan akan energi listrik yang terus meningkat menuntut kelangsungan pasokan daya listrik dengan kualitas daya yang standar [3]. Namun, hal ini tidak dapat dijamin karena tidak semua beban listrik yang digunakan bersifat linear. Sebagian besar peralatan listrik yang digunakan di industri, serta bangunan komersial dan kantor, adalah peralatan listrik berbasis elektronik, elektronika daya dengan tujuan untuk efisiensi energi listrik. Peralatan listrik yang berbasis elektronika inilah merupakan beban non-linear. Beban non-linear memiliki efek negatif pada kualitas dan kelangsungan distribusi energi listrik. Hal ini terindikasi oleh gangguan yang disebabkan baik pada tegangan, arus, frekuensi, maupun keseimbangan dalam pasokan daya tiga fasa [4].

Isu kualitas daya telah menjadi isu yang sangat signifikan bagi pemasok tenaga listrik maupun pelanggan. Hal ini ditandai dengan meningkatnya penggunaan peralatan elektronik diberbagai sektor dengan tujuan meningkatkan efisiensi energi dan juga peneterasi sistem grid ke pengguna. Sebaliknya peralatan

ini menjadi lebih rentan terhadap permasalahan kualitas daya [5]. Isu kualitas daya sendiri merupakan deviasi dalam bentuk tegangan, arus dan frekuensi dari nilai nominalnya yang dapat mengakibatkan peralatan listrik rusak, terganggu, suplai daya terputus atau tidak berfungsi peralatan di kedua sisi utilitas maupun pelanggan yang dapat mengakibatkan kemungkinan kerugian ekonomi bagi utilitas maupun pelanggan.

Kualitas daya menentukan keandalan aliran listrik yang menjelaskan karakteristik tegangan, arus, frekuensi, keseimbangan, dan parameter gelombang [6]. Kualitas daya listrik yang baik membuat umur peralatan listrik lebih lama. Pentingnya kualitas daya listrik membuatnya mendapatkan perhatian baik dari sisi sumber maupun pengguna. Memantau kualitas daya listrik dalam sebuah bangunan menjadi penting karena adanya pengaruh abnormal dari penggunaan beban elektronik yang terpasang pada parameter arus, tegangan, dan frekuensi. Akibatnya, peralatan elektronik mudah rusak, operasi peralatan gagal, dan kerugian lainnya adalah peningkatan tagihan listrik [7].

Sebagai salah satu unit pelaksana teknis di bawah Kementerian Perhubungan, Politeknik Penerbangan Medan memegang peran strategis dalam menghasilkan Sumber Daya Manusia (SDM) unggul di bidang penerbangan [8]. Dalam menjalankan perannya Politeknik Penerbangan Medan didukung oleh laboratorium dan peralatan praktik yang sangat handal seperti simulasi komputer penerbangan, laboratorium sistem *avionic* pesawat udara, laboratorium simulasi lalu lintas penerbangan, laboratorium Radar Pesawat Udara, laboratorium Radar ATC, laboratorium Bahasa berstandar ICAO, fasilitas pemeliharaan pesawat Udara, laboratorium simulasi alat bantu pendaratan dan peralatan lainnya. Selain itu terdapat juga sarana prasarana pendukung seperti asrama, kelas, Gedung serba guna, ruang makan, perpustakaan, Gedung perkantoran dan fasilitas lainnya.

Seluruh fasilitas laboratorium dan sarana pendukung di politeknik penerbangan medan sangat bergantung pada pasokan listrik yang stabil dan bebas dari gangguan. Kualitas daya yang baik tidak hanya memastikan operasional yang lancar namun juga melindungi peralatan dari kerusakan yang mungkin terjadi akibat fluktuasi atau gangguan listrik. Oleh karena itu, dalam upaya untuk

memberikan standar pendidikan terbaik, Politeknik Penerbangan Medan memberikan perhatian khusus pada infrastruktur kelistrikan, memastikan bahwa semua peralatan laboratorium dan simulator menerima pasokan listrik yang dapat diandalkan, berkualitas, dan sesuai dengan kebutuhan teknis masing-masing peralatan. Dari penjelasan di atas maka penulis bermaksud untuk membuat sebuah “sistem monitoring kualitas daya berbasis *android* di Politeknik Penerbangan Medan”.

1.2 Identifikasi Masalah

Dari penjelasan latar belakang masalah diatas maka dapat dikemukakan identifikasi permasalahan penelitian sebagai berikut :

1. Belum pernah dilakukan studi analisis kualitas daya untuk penggunaan energi listrik di Politeknik Penerbangan Medan ?
2. Belum adanya pemantauan kualitas daya di Politeknik Penerbangan Medan?
3. Belum adanya Perencanaan sistem monitoring kualitas daya berbasis *android* di Politeknik Penerbangan Medan ?

1.3 Pembatasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam hal ini antara lain:

1. Peluang penghematan dilakukan dengan melihat potensi dari sistem penggunaan energi listrik pada Politeknik Penerbangan Medan dengan berpedoman pada standar pencahayaan Pengukuran intensitas pencahayaan di tempat kerja SNI 7062:2019.
2. Penelitian ini membatasi masalah hanya bagaimana membuat sebuah sistem monitoring kualitas daya berbasis *android* di Politeknik Penerbangan Medan.

1.4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diambil penulisan adalah sebagai berikut.

1. Berapakah besar penggunaan energi listrik pada Politeknik Penerbangan Medan ?
2. Berapakah nilai kualitas daya yang diperoleh pada Politeknik Penerbangan Medan ?
3. Adakah rekomendasi Perbaikan kualitas daya pada Politeknik Penerbangan Medan ?

1.5 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah di atas, maka dapat disusun tujuan penelitian seperti di bawah ini:

1. Membangun sistem *monitoring* kualitas daya berbasis android yang berguna untuk mendapatkan besarnya penggunaan energi listrik meliputi daya, ketidakseimbangan tegangan, ketidakseimbangan arus, nilai harmonik, frekuensi, power faktor secara *realtime* pada Politeknik Penerbangan Medan
2. Menganalisis peluang perbaikan kualitas daya pada Politeknik Penerbangan Medan

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Sistem Monitoring

Menurut kamus besar Bahasa Indonesia bahwa sistem didefinisikan sebagai perangkat yang secara teratur saling berkaitan satu dengan lainnya yang membentuk suatu totalitas [9]. Sistem diartikan sebagai kelompok elemen yang terorganisir dan saling berinteraksi dengan tujuan tertentu. Sistem terdiri dari berbagai komponen atau unsur yang bekerja Bersama secara harmonis dan terkoordinasi untuk menjalankan fungsi-fungsi tertentu [10]. Monitoring adalah suku awal ‘monitor’ yang dalam artinya alat memantau (alat penerima yang dipergunakan melihat gambar seperti yang diambil oleh kamera televisi, alat untuk mengamati kondisi atau fungsi, alat yang memantau proses kerja suatu sistem, seperti sistem kerja komputer, dan sebagainya), memonitor ialah mengawasi, mengamati, atau mengecek dengan cermat, dengan untuk tujuan yang khusus [9].

Sistem *monitoring* dapat dikategorikan sebagai bagian dari sistem otomasi. Dengan menggunakan teknologi dan alat yang tepat, *monitoring* sistem dapat dilakukan secara otomatis tanpa memerlukan pengawasan manual yang intensif dan memungkinkan untuk mengumpulkan data, analisis dan pelaporan secara otomatis sehingga memudahkan pengguna untuk memantau kinerja, kondisi atau parameter tertentu dalam suatu sistem [10]. Sistem *monitoring* kualitas daya listrik adalah suatu proses pengukuran dan interpretasi secara berkelanjutan dari parameter-parameter yang akan diukur dari suatu Mesin atau Sistem Daya Listrik ketika beroperasi dengan tujuan mendeteksi perubahan yang terjadi secara signifikan yang melebihi tingkat kritis sehingga dapat memprediksi potensi kegagalan daya listrik yang mungkin terjadi [11].

2.1.2 Daya

Daya didefinisikan sebagai jumlah energi yang dapat digunakan untuk melakukan usaha. Daya listrik dinyatakan dalam satuan Watt atau *Horse Power* (HP). *Horse power* ialah satuan daya listrik dimana nilai 1 HP setara dengan 746 Watt. Daya dinyatakan dalam P, tegangan dinyatakan dalam V dan arus dinyatakan dalam I. Daya dibagi menjadi tiga antara lain:

- 1) Daya Aktif ialah daya yang dibutuhkan oleh beban resistif murni. Daya aktif dapat dimanfaatkan untuk mengubah suatu energi listrik menjadi energi yang lain seperti menjadi energi panas, cahaya, mekanik dan lain-lain. Daya aktif satu fasa dapat diformulasikan sebagai berikut

$$P = V \times I \times \cos\theta \quad (2.1)$$

Keterangan :

P : Daya (Watt)

V : Tegangan (Voltage)

I : Arus (Ampere)

- 2) Daya Reaktif ialah jumlah daya yang dibutuhkan untuk mengubah medan magnet. Dari proses pembentukan medan magnet maka akan terbentuk fluks medan magnet. Salah satu contoh benda yang dapat menimbulkan daya reaktif adalah transformator, lampu dan motor. Daya reaktif pada motor induksi dapat berguna untuk membangkitkan tegangan induksi pada medan stator, sehingga pada sebuah rotor yang terinduksi oleh medan elektromagnetik yang ada pada stator akan menyebabkan motor bergerak. Nilai daya reaktif satu fasa dapat diformulasikan sebagai berikut ;

$$P = V \times I \times \sin\theta \quad (2.2)$$

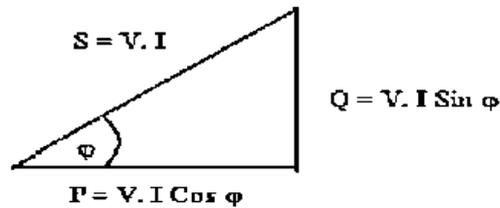
Keterangan :

P : Daya (Watt)

V : Tegangan (Volt)

I : Arus (Ampere)

- 3) Daya Semu: Daya semu ialah suatu daya yang dihasilkan oleh hasil perkalian antara arus rms dan tegangan rms dalam suatu jaringan. Bentuk dari segitiga daya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Penjumlahan trigonometri daya aktif, reaktif dan semu

Dari Gambar 2.1 dapat dilihat hubungan antara daya aktif, daya reaktif dan daya semu dalam bentuk segitiga daya dimana terbentuk sudut antara daya semu dengan daya reaktif. Dari segitiga daya yang terlihat pada Gambar 2.1 maka diperoleh persamaan daya semu dapat dituliskan secara matematis sebagai berikut :

$$S = V \times I \quad (2.3)$$

Keterangan :

S : Daya semu (VA)

V : Tegangan (Volt)

I : Arus (Ampere)

- 4) Faktor daya adalah hasil perbandingan daya aktif dan daya semu. Sudut ϕ adalah sudut yang dibentuk antara sisi daya aktif (P) dan daya semu (S), sedangkan daya reaktif (Q) tegak lurus terhadap daya aktif (P), maka :

$$\text{Faktor Daya} = \frac{\text{Daya Aktif}(P)}{\text{Daya Nyata}(S)} \quad (2.4)$$

Faktor daya memiliki nilai interval antara 0 sampai dengan 1 dan dinyatakan dalam persen. Faktor daya yang diinginkan adalah mendekati nilai satu.

- 5) Arus Listrik diakibatkan oleh adanya muatan listrik, proses pergerakan muatan yang menimbulkan arus listrik, *coulomb* merupakan satuan yang menyatakan nilai muatan, sebuah rangkaian listrik memiliki tujuan untuk memindahkan muatan listrik sepanjang lintasan yang diinginkan. Definisi arus itu adalah laju perubahan muatan persatuan waktu yang dapat diukur dalam satuan *Ampere*.

Arus listrik dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$I = \frac{dq}{dt} \quad (2.5)$$

Keterangan :

I = Arus listrik (*Ampere*)

q = Muatan Listrik (*Coulomb*)

t = Waktu (detik)

- 6) Tegangan listrik ialah besarnya nilai beda energi potensial yang terjadi antara dua buah titik yang dapat diukur dalam satuan *volt* (V). Tegangan diartikan sebagai *Joule* per *coulomb*. Tegangan didefinisikan sebagai kerja yang diperlukan untuk memindahkan satu unit muatan dari satu terminal ke terminal yang lain.

$$V = \frac{dW}{dQ} \quad (2.6)$$

Keterangan :

V = Tegangan (*Volt*)

W = Energi (*Joule*)

Q = Muatan Listrik (*Coulomb*)

Untuk mengukur nilai tegangan tinggi AC, metode yang dapat digunakan adalah dengan cara menurunkan tegangan tinggi ke tegangan rendah. Metode seperti ini digunakan dalam prinsip kerja alat ukur tegangan atau *voltmeter*. Pada proses untuk menurunkan tegangan dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan menggunakan rangkaian pembagi tegangan atau yang kedua dengan menggunakan *transformator step down*.

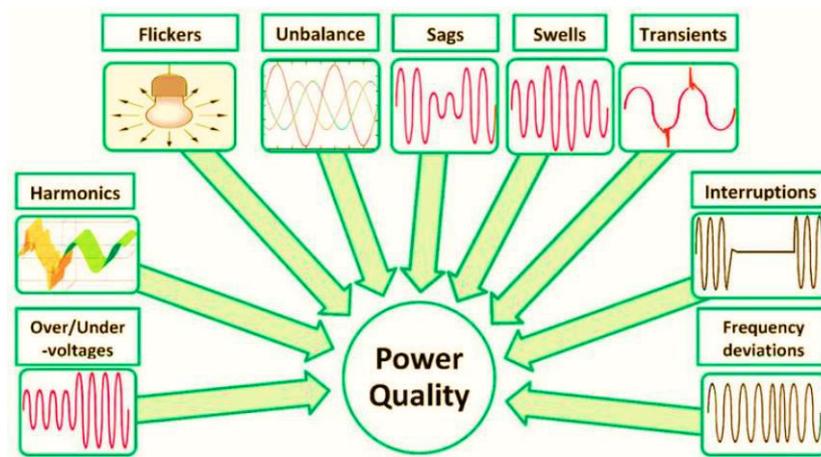
2.1.3 Kualitas Daya

Menurut Standar IEEE 1159 [12], kualitas daya didefinisikan sebagai konsep menyalurkan dan meng-*grounding* peralatan yang sensitif dengan cara yang sesuai untuk operasi peralatan tersebut. Dalam Kamus Otoritatif IEEE Standar 100, kualitas daya dijelaskan sebagai konsep menyalurkan dan meng-

grounding peralatan elektronik dengan cara yang sesuai untuk operasi peralatan tersebut, serta kompatibel dengan sistem kabel dasar dan peralatan terhubung lainnya. Kualitas daya listrik merupakan permasalahan pada daya listrik yang merupakan penyimpangan tegangan, penyimpangan arus atau penyimpangan frekuensi yang dapat mengakibatkan terjadinya kegagalan maupun kesalahan operasi pada peralatan-peralatan listrik. Permasalahan kualitas daya listrik disebabkan oleh gejala atau fenomena elektromagnetik yang terjadi pada sebuah sistem tenaga listrik. Istilah kualitas Daya listrik merupakan sebuah gambaran dari suatu konsep dari baik dan tidak baiknya sebuah mutu daya listrik akibat adanya beberapa jenis gangguan yang terjadi pada sebuah sistem kelistrikan [11].

Beberapa alasan untuk memantau kualitas daya adalah kerusakan dan kerugian ekonomi yang diakibatkan oleh fenomena elektromagnetik pada beban. Efek pada peralatan dan operasi dapat mencakup kerusakan, gangguan proses, dan anomali lainnya [13]. Dalam beberapa tahun terakhir terdapat peningkatan terhadap kualitas daya yang disalurkan ke perusahaan, pabrik, tempat usaha, dan rumah tinggal. Peningkatan ini disebabkan oleh penggunaan yang semakin meningkat dari beban non-linear yang menciptakan harmonisa, seperti *adjustable-speed drives, switched mode power supplies, arc furnaces, electronic fluorescent lamp ballasts*, dan lain sebagainya. Namun, menentukan apa yang dimaksud dengan kualitas daya yang memenuhi standart bukanlah hal yang mudah, karena apa yang dianggap sebagai kualitas daya yang memadai untuk motor kulkas mungkin belum mencukupi untuk komputer pribadi dan beban sensitif lainnya yang digunakan saat ini.

Terdapat beberapa jenis gangguan kualitas daya yang umum ditemui meliputi [5]: kedip tegangan (*Voltage sag*), pemutusan (*Interruption*), Lonjakan tegangan (*Voltage Spike*), Tegangan Lebih/kurang (*Over/Under Voltage*), peralihan (*Transient*), bentuk gelombang distorsi (*Distortion Waveform*), tegangan tidak seimbang (*Unbalance Voltage*), Fukuasi Tegangan (*Flicker*), Deviasi Frekuensi (*frequency Deviation*). Jenis gangguan kualitas daya listrik dapat dilihat pada Gambar 2.2.



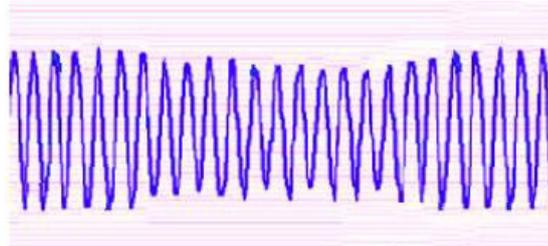
(Sumber : S.hardi, 2023)

Gambar 2.2 Jenis Gangguan Kualitas Daya

Dari Gambar 2.2 dapat dilihat jenis gangguan kualitas daya yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

- 1) *Voltage sag* atau *Voltage dip* merupakan dua istilah yang sama. Menurut standar (IEEE Std. 1159, 2019), *voltage sag* adalah penurunan nilai rms tegangan dari 0,1 hingga 0,9 per unit (pu), untuk durasi 0,5 siklus hingga 1 menit. *International Electrotechnical Commission* (IEC 61000-2-1, 1990) menyatakan bahwa *Voltage dip* adalah penurunan tiba-tiba tegangan di suatu titik dalam sistem listrik, diikuti oleh pemulihan tegangan setelah periode singkat, dari setengah siklus hingga beberapa detik. *Voltage sag/dip* adalah penurunan besar tegangan sementara pada titik di bawah nilai threshold-nya [14]. Penurunan tegangan atau *voltage sag/dip* merupakan penurunan singkat pada tegangan rms dari 10 hingga 90 persen dari tegangan garis nominal. Durasi dari penurunan tegangan ini adalah 0,5 siklus hingga 1 menit. Penyebab dari *voltage sag* atau penurunan tegangan ini adalah gangguan hubung singkat, pengasutan motor induksi berkapasitas besar, perubahan beban yang berlebihan/diatas batas kemampuan sistem daya [15]. Hal ini berpengaruh pada tidak berfungsinya peralatan teknologi informasi, sistem kendali berbasis *mikroprocessor* seperti *computer*, PLC, ASD dan lain sebagainya yang dapat mengakibatkan terhentinya proses produksi, degradasi performa pada motor

listrik. *Voltage sag* juga dapat menyebabkan terjadinya masalah serius bagi beban listrik yang sensitif, hal ini disebabkan karena beban ini sering turun dari nilai standar yang diakibatkan oleh *voltage sag*. Akibatnya, beberapa fasilitas industri mengalami pemadaman produksi yang mengakibatkan kerugian ekonomi. Dalam beberapa proses seperti manufaktur semikonduktor atau pabrik pengolahan makanan, *voltage dip* yang sangat singkat dapat mengakibatkan kerugian yang substansial. *Voltage dip* adalah masalah utama kualitas daya bagi industri manufaktur semikonduktor dan kontinu, dan juga bagi sektor hotel dan telekomunikasi. Bentuk dari gelombang *Voltage Sag* dapat dilihat pada Gambar 2.3.

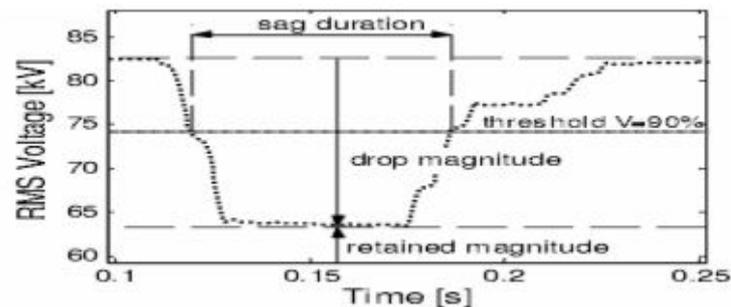


(Sumber : S.Laskar, 2020)

Gambar 2.3 *Voltage Sag*

Pada Gambar 2.3 merupakan bentuk dari *Voltage sag* yang terjadi. Pada umum, terjadinya sag tegangan disebabkan oleh dua hal, pertama yaitu yang diakibatkan oleh terjadinya kegagalan (*fault*) dalam sebuah sistem dan pada proses penyalaan motor induksi yang memiliki daya besar. Motor induksi pada umumnya membutuhkan 5 sampai 6 kali arus ratingnya pada saat proses *start* dan nilai arus ini akan cenderung menurun secara bertahap seiring dengan bertambahnya nilai kecepatan motor hingga pada kecepatan ratingnya. Durasi lamanya dari terjadinya *sag* sangat bergantung pada dinamika motor tersebut dan ditentukan oleh nilai parameter motor, khususnya nilai inersia motor. Pada kasus *voltage sag* yang diakibatkan oleh penyalaan motor yang besar, maka nilai sag yang terjadi biasanya tidak terlalu signifikan akan tetapi akan berlangsung dalam waktu yang relatif lama.

Kegagalan atau *failure* yang terjadi pada jaringan transmisi dan distribusi yang biasanya merupakan sumber terjadinya *sag* yaitu pada *singe-line-to-ground* (SLG) dan *line-to-line* (L-L) *fault*. SLG *fault* sering terjadi diakibatkan oleh kondisi cuaca yang buruk seperti efek dari petir, salju/es dan angin yang kencang. Aktifitas binatang dan juga manusia seperti konstruksi juga dapat menyebabkan SLG *fault*. L-L *fault* dapat terjadi karna cuaca buruk, ranting pohon maupun karena gangguan aktifitas hewan. *Fault* pada *feeder* paralel dapat menyebabkan terjadinya tegangan jatuh pada bus substation yang akan memengaruhi pada semua *feeder* lainnya sampai *fault* yang terjadi hilang. Bentuk dari karakteristik dari *Voltage sag* dapat dilihat pada Gambar 2.4

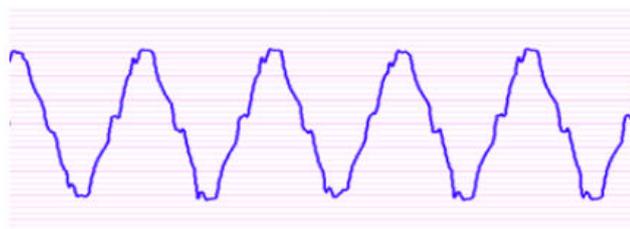


(Sumber : V. Mali, 2015)

Gambar 2.4 Karakteristik *Voltage Sag*

- 2) *Harmonic* adalah bentuk gelombang tegangan atau arus yang tidak sinusoida. Bentuk gelombang sesuai dengan jumlah gelombang sinus memiliki frekuensi yang merupakan kelipatan frekuensi sistem tenaga. Penyebab harmonik adalah peralatan elektronik, mesin listrik yang banyak menggunakan penyearah yang melebihi batas saturasi magnetic seperti *arc furnace*, mesin las dan sikat motor. Hal ini mengakibatkan terjadinya pemanasan yang berlebihan pada semua peralatan elektronik serta kabel. Kemungkinan terjadinya resonansi mengakibatkan timbulnya arus pada bagian netral pada sistem 3 fasa, berkurangnya nilai efisiensi yang ada pada suatu mesin listrik, efek interferensi elektromagnetik yang terjadi pada sistem komunikasi, efek dari kesalahan pembacaan dan pengukuran pada instrumen.

Pada Gambar 2.5 dapat dilihat bentuk unsur-unsur sinusoidal dari gelombang periodik yang memiliki nilai frekuensi yang merupakan hasil kelipatan dari integral frekuensi dari sistem fundamental yang disebut harmonik. Karakteristik Nonlinear dari perangkat dan beban pada sebuah sistem tenaga listrik menyebabkan distorsi harmonik. THD dan dapat dijelaskan dengan menggunakan spektrum harmonik secara lengkap dengan magnitudo dan sudut fasa dari setiap komponen harmonik. Meskipun kekurangannya seperti pada *Total Harmonic Distortion* (THD) digunakan sebagai standar distorsi harmonik dari sistem. Masalah harmonik akan terus meningkat karena produsen daya independen (IPP) yang menggunakan energi angin dan surya sangat bergantung pada *inverter* yang mengakibatkan peningkatan distorsi harmonik. Penggunaan kontroler FACT bertujuan untuk mengendalikan aliran daya dalam saluran transmisi, meningkatkan distorsi harmonik karena non-linearitas inheren akibat penggunaan beban elektronik yang mengakibatkan meningkatnya harmonik. Standar internasional kualitas daya listrik seperti IEEE-519, IEC 61000 dan EN 50160 mengharuskan peralatan dan fasilitas listrik menimbulkan harmonik lebih besar dari nilai standart serta menetapkan batas distorsi pada tegangan pasokan. Standar IEEE 1159 mengklasifikasikan berbagai fenomena elektromagnetik dalam sistem tenaga meliputi: impuls, osilasi, penurunan tegangan, kenaikan tegangan, gangguan, tegangan rendah, tegangan tinggi, offset DC, harmonik, interharmonik, *notch*, *noise*, *flicker*, dan variasi frekuensi [12]. Bentuk dari gelombang harmonic dapat dilihat pada Gambar 2.5

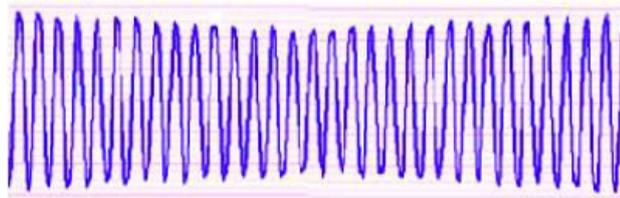


(Sumber : S.Laskar, 2020)

Gambar 2.5 *Harmonic*

3) *Flicker* adalah fluktuasi tegangan antara 90% sampai dengan 110% dari tegangan nominal yang berasal dari suplai daya. Fluktuasi dalam tegangan

sering terlihat pada pencahayaan lampu. Penurunan tegangan secara tiba-tiba hingga kurang dari 1/2% dapat menyebabkan efek pada cahaya lampu yang meredup. Fluktuasi tegangan hingga kurang dari 7% memberikan efek pada jenis beban elektronik lainnya [15]. *Flicker* adalah salah satu penyebab terjadinya penurunan kualitas daya listrik. *Flicker* terjadi akibat fluktuasi tegangan sesaat secara berulang. Hal ini sering diakibatkan oleh penggunaan motor-motor listrik, peralatan elektronik pada rumah tangga dan penggunaan las listrik yang dalam proses pengoperasiannya menggunakan daya yang besar. Permasalahan utama pada *Flicker* memiliki keunikan tersendiri, disamping dapat mengakibatkan gangguan kerja dan hasil kerja dari peralatan elektronik seperti computer dan sistem kontrol, *flicker* juga dapat menyebabkan terjadinya perubahan pada terang cahaya lampu dan dapat memberikan dampak negatif terhadap mata manusia. [16]. Bentuk dari fluktuasi dari Flicker dapat dilihat pada Gambar 2.6

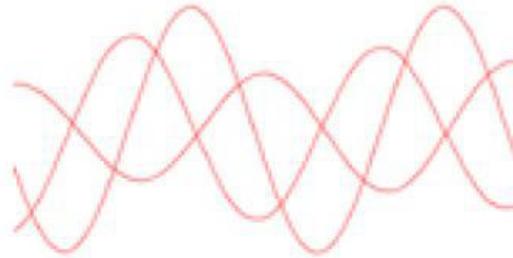


(Sumber : S.Laskar, 2020)

Gambar 2.6 *Flicker*

- 4) *voltage “unbalance”* atau Ketidakseimbangan tegangan adalah variasi dalam amplitudo tegangan tiga fasa, relatif satu sama lain. Ketidakseimbangan tegangan seperti yang ditunjukkan pada gambar dibawah merupakan tegangan pada tiga fasa bernilai tidak sama. Hal ini disebabkan karena pembagian beban yang tidak merata antara fasa pada sistem tiga fasa. Ketidakseimbangan dihitung sebagai rasio antara komponen urutan fase negatif dan positif. Masalah ketidakseimbangan cenderung terjadi peningkatan dalam beberapa tahun terakhir. Hal ini dikarenakan jumlah peralatan elektronik dirumah tangga seperti mesin cuci, mesin pencuci piring, kompor induksi, *microwave*, kulkas,

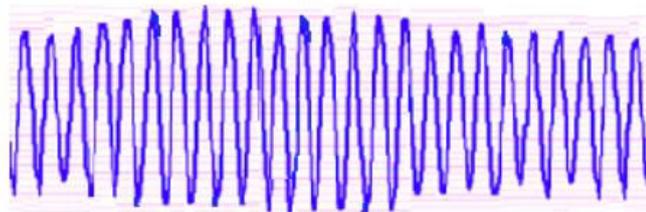
pendingin ruangan yang terus meningkat. Sumber ketidakseimbangan lainnya seperti kereta api listrik, peleburan besi dan lainnya. Bentuk dari gelombang *Unbalance Voltage* dapat dilihat pada Gambar 2.7.



(Sumber : S.Laskar, 2020)

Gambar 2.7 *Unbalance Voltage*

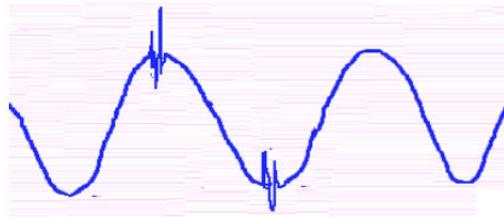
- 5) *Voltage swell* adalah peningkatan singkat pada tegangan rms dari 110 hingga 180 persen dari tegangan garis nominal selama 0,5 siklus hingga 1 menit. Sumber dari *voltage swell* dapat berasal dari *start/ stop* pada beban berat, gangguan pada jalur dan pengaturan tap transformator yang tidak benar pada peralihan tap di sub-station. Pada gambar di bawah dapat dilihat *Voltage swells* atau kenaikan tegangan sementara di atas 3 persen dari tegangan nominal dan dengan durasi lebih dari 20 ms (satu periode). Hal ini disebabkan oleh penggunaan kapasitor bank, pemutusan reaktor, kompensasi kesalahan, penyaluran yang buruk, dan sebagainya. Kenaikan tegangan yang terjadi secara berulang dapat menyebabkan kelelahan pada bahan isolasi, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kegagalan isolasi dan kegagalan perangkat selanjutnya [17]. Bentuk dari gelombang *Voltage Swell* dapat dilihat pada Gambar 2.8.



(Sumber : S.Laskar, 2020)

Gambar 2.8 *Voltage Swell*

Transien adalah variasi nilai secara singkat pada tegangan, arus, atau keduanya pada jalur daya. Penyebab paling umum dari transien impulsif adalah petir, penggunaan beban induktif seperti kapasitor dalam sistem distribusi daya. Transien ini dapat menyebabkan gangguan pada peralatan elektronik, gangguan pada sistem Kontrol, gangguan pada komputer bahkan kerusakan peralatan jika tingkat gangguannya cukup tinggi. Transien yang menembus perpotongan nol dapat menyebabkan gangguan pada perangkat sinkronisasi. Efek dari transien dapat dikurangi dengan menggunakan perangkat peredam tegangan transien seperti dioda Zener dan MOV (*metal-oxide varistors*). Pada gambar dibawah menunjukkan contoh transien. Transien adalah puncak tegangan positif atau negatif yang cepat dengan durasi kurang dari 20 ms (satu periode). Bentuk dari gelombang Transien dapat dilihat pada Gambar 2.9

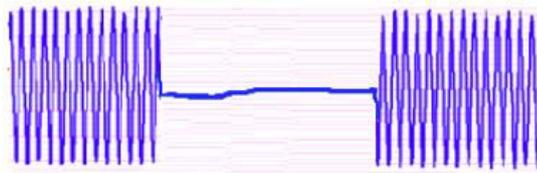


(Sumber : S.Laskar, 2020)

Gambar 2.9 Transien

Interruption (pemutusan) merupakan peristiwa terputusnya secara total pasokan listrik selama beberapa milidetik hingga satu menit. Penyebab terjadinya *Interruption* yaitu : (1) Gangguan pada saluran tegangan tinggi (HV), tegangan menengah (MV), tegangan rendah (LV) atau instalasi dan operasi sistem otomatis seperti penghubung otomatis kembali, pergantian saluran/transformator, mengakibatkan gangguan pendek; (2) Operasi perangkat perlindungan, memisahkan bagian yang bermasalah, mengakibatkan gangguan sistem dengan durasi yang lama; (3) Penurunan tegangan dapat mengakibatkan gangguan jika kontaktor dan CB (*Circuit Breaker*) dihubungkan dari jaringan listrik. Sehingga dapat mengakibatkan terputusnya perangkat pelindung, hilangnya informasi dan tidak berfungsinya peralatan pemrosesan data dan juga mengakibatkan tidak beroperasinya peralatan-peralatan yang sangat sensitif seperti PC, PLC, ASD.

Pada gambar di bawah dapat dilihat Sebuah gangguan terjadi ketika tegangan pasokan turun kurang dari 10% dari nilai aslinya hingga jangka waktu yang tidak melebihi satu menit. Jumlah gangguan pasokan juga cenderung meningkat dalam lingkungan yang terderegulasi seperti penurunan tegangan dan mitigasi yang sesuai sangat penting. Bentuk dari gelombang Interruption dapat dilihat pada Gambar 2.10.



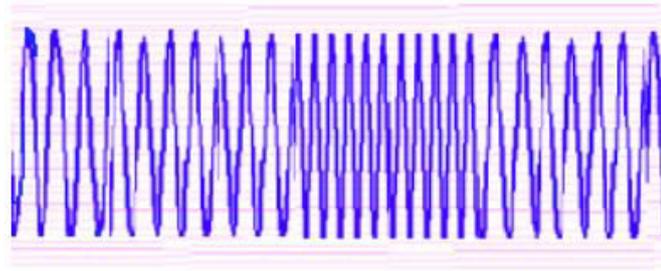
(Sumber : S.Laskar, 2020)

Gambar 2.10 *Interruption*

- 6) *Interruption Long Duration* atau Gangguan daya dalam durasi lama didefinisikan sebagai gangguan total pasokan daya listrik dengan durasi melebihi 60 detik. Penyebab gangguan ini adalah hubung singkat yang menyebabkan beroperasinya peralatan proteksi listrik. Hal ini mengakibatkan tidak beroperasinya semua peralatan listrik.
- 7) *Voltage fluctuations* atau Fluktuasi tegangan adalah variasi yang relatif kecil (kurang dari 5 persen) pada tegangan rms garis. Variasi ini dapat disebabkan oleh *cycloconverters*, *arc furnaces*, dan sistem lain yang menarik arus tidak dalam sinkronisasi dengan frekuensi garis. Fluktuasi seperti ini dapat menyebabkan variasi intensitas pencahayaan karena efek yang dikenal sebagai "*flicker*" yang terlihat oleh pengguna akhir.
- 8) *Frequency Deviations*

Salah satu jenis gangguan yang semakin mendapatkan perhatian dalam beberapa tahun terakhir adalah deviasi frekuensi seperti yang ditunjukkan dalam gambar di bawah. Dengan adanya pembangkit listrik tenaga angin dan termal, kita memiliki generasi yang lebih terdistribusi dan oleh karena itu peralatan dengan perlindungan frekuensi yang sensitif. Jika beban besar terputus, atau pembangkit listrik yang lebih besar tiba-tiba berhenti, maka akan

terjadi kelebihan atau kekurangan energi dalam sistem produksi energi yang pada gilirannya mengganggu frekuensi. Meskipun gangguan frekuensi itu sendiri relatif jarang terjadi, konsekuensinya sangat luas ketika terjadi karena gangguan tersebut memengaruhi seluruh jaringan [17]. Bentuk dari gelombang Frequency Deviations dapat dilihat pada gambar 2.11.



(Sumber : S.Laskar, 2020)

Gambar 2.11 *Frequency Deviations*

2.1.4 Power meter Power Logic PM 5500

Power meter Power Logic™ PM 5500 adalah sebuah produk dari Schneider yang memiliki kemampuan untuk mengukur dan mengalokasikan penggunaan energi, melakukan pemetaan dan mengalokasikan biaya penggunaan, mengidentifikasi penghematan energi, mengoptimalkan efisiensi dan pemanfaatan peralatan, serta melakukan penilaian tingkat tinggi terhadap kualitas daya jaringan listrik. Alat ini juga dapat digunakan dalam manajemen biaya listrik [18]. Dalam satu unit berukuran 96 x 96 mm, dengan tampilan grafis, semua fase, netral, dan tanah yang dapat dipantau secara bersamaan. Penggunaan Layar yang terang dan anti-silau menampilkan karakter besar dan pencahayaan belakang yang kuat untuk memudahkan pembacaan bahkan dalam kondisi pencahayaan ekstrem dan sudut pandang yang sulit. Menu yang ditampilkan berupa teks dalam 8 bahasa yang dapat dipilih, ikon, dan grafik menciptakan lingkungan yang ramah untuk mempelajari jaringan listrik Anda. Alat ini sangat akurat dengan sertifikasi

penagihan global. Bentuk dari *Powermeter PowerLogic™ PM 5500* dapat kita lihat pada Gambar 2.12

Powermeter PowerLogic™ PM 5500 memberikan pengukuran yang akurat dan dapat diandalkan, sehingga memudahkan dalam mengalokasikan penggunaan energi, melakukan pemetaan dan penagihan sub-tenant, serta mengidentifikasi peluang penghematan energi yang signifikan. Salah satu keunggulan utama dari *Powermeter PowerLogic™ PM 5500* adalah sebuah alat yang gampang digunakan dan dapat dipahami secara mudah. Menu yang mudah dipahami, bersama dengan teks yang tersedia dalam 8 bahasa yang dapat dipilih, ikon, dan grafik yang informatif sehingga sangat membantu pengguna dalam memahami dan mengelola jaringan listrik mereka dengan lebih efektif. Ketepatan pengukuran adalah aspek krusial dalam manajemen energi, dan *Powermeter PowerLogic™ PM 5500* menawarkan akurasi tinggi dengan sertifikasi penagihan global. Hal ini memastikan bahwa data yang dihasilkan dapat diandalkan untuk berbagai kebutuhan, termasuk alokasi biaya, optimalisasi efisiensi peralatan, dan penilaian kualitas daya listrik. Secara jelas dapat kita lihat bentuk dari *Powermeter PowerLogic™ PM 5500* pada Gambar 2.12



Gambar 2.12 Powermeter PowerLogic™ PM 5500 merk Schneider [18]

2.1.5 Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler ESP32 adalah sebuah *chip* dengan menggunakan WiFi 2.4 GHz serta menggunakan jaringan *bluetooth* berteknologi 40 nm yang telah dirancang untuk dapat mendukung daya dan kinerja radio terbaik yang menunjukkan nilai ketahanan, kegunaan dan keandalan dalam berbagai aplikasi dan skenario daya. ESP32 adalah sebuah modul mikrokontroler yang memiliki fitur *mode* ganda yaitu fitur *WiFi* dan fitur *bluetooth* yang dapat dipergunakan untuk memudahkan pengguna dalam mendesain berbagai sistem aplikasi dan proyek berbasis IoT (*Internet of Things*). ESP32 adalah mikrokontroler yang diperkenalkan oleh *Espressif System* dan merupakan generasi penerus dari ESP8266. ESP32 sendiri memiliki banyak fitur tambahan memiliki nilai keunggulan dibandingkan dengan generasi sebelumnya. Pada Mikrokontroler ESP32 memiliki inti CPU serta *WiFi* yang memiliki kemampuan lebih cepat, sistem GPIO yang lebih banyak serta memiliki dukungan terhadap jaringan *Bluetooth* 4.2, serta membutuhkan konsumsi daya yang relatif lebih rendah, sehingga mikrokontroler ESP32 merupakan perangkat yang sangat cocok untuk membuat serta mendesai beberapa rancangan-rancangan elektronika yang menggunakan basis *Internet of Things*. Bentuk dari mikrokontroler ESP32 secara jelas dapat dilihat pada Gambar 2.13



Gambar 2.13 bentuk fisik ESP 32

Dari Gambar 2.13 dapat dilihat jelas bentuk fisik dari mikrokontroler ESP32 dan beberapa pin-pin yang dimiliki. Modul WiFi ESP8266 adalah *System On a Chip* (SoC) yang dirancang dengan lengkap dan dilengkapi dengan beberapa protokol *Transmission Control Protocol* (TCP) dan *Internet Protocol* (IP). Modul ini memungkinkan mikrokontroler terhubung langsung ke jaringan WiFi. ESP8266 juga dapat berfungsi sebagai host aplikasi dan membuka fungsi jaringan WiFi dari prosesor aplikasi lain. Setiap modul ESP8266 telah diprogram dengan seperangkat perintah AT, sehingga Anda dapat menghubungkannya dengan mikrokontroler Anda dan memanfaatkan kemampuan WiFi sebagai opsi WiFi Shield. Modul ini memiliki kemampuan pemrosesan dan penyimpanan *on-board* yang cukup kuat, memungkinkan integrasi dengan sensor dan perangkat aplikasi lainnya melalui General Purpose Input Output (GPIO) dengan pengembangan minimal dan beban ringan selama runtime [19].

Keluarga ESP32 mencakup chip-chip seperti ESP32-D0WDQ6 (ESP32-D0WD), ESP32-D2WD, ESP32-S0WD, dan sistem dalam paket (SiP) ESP32-PICO-D4. Mikroprosesor yang digunakan dalam ESP32 adalah Tensilica Xtensa LX6, tersedia dalam pilihan dual-core atau single-core dengan kecepatan clock hingga 240 MHz. Dengan peluncuran ESP32, Espressif Systems juga menyediakan berbagai fitur bawaan yang membuat modul ini sangat mudah digunakan, meskipun ukurannya kecil (25,5 x 18,0 x 2,8 mm). Komponen-komponennya sudah terintegrasi dengan saklar antena bawaan, RF balun, penguat daya, penguat penerima berisik rendah, filter, dan modul manajemen daya. Informasi tentang spesifikasi ESP32 ditampilkan dalam Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi ESP32

Categories	Item	Specification
Certification	• RF certification	FCC/ CE-RED/ IC/ TELEC/ KCC/ SRRC/ NCC
	• Wi-Fi certification	Wi-Fi Alliance
	• Bluetooth certification	BQB
	• Green certification	RoHS/REACH
Test	Reliability	HTOL/HTSL/uHAST/TCT/ESD
WiFi	• Protocols	802.11 b/g/n (802.11n up to 150 Mbps) A-MPDU and A-MSDU aggregation and 0.4 μ s guard interval support
	• Frequency range	2.4 GHz ~ 2.5 GHz
Bluetooth	• Protocols	Bluetooth v4.2 BR/EDR and BLE specification
	• Radio	NZIF receiver with -97 dBm sensitivity Class-1, class-2 and class-3 transmitter AFH
	• Audio	CVSD and SBC
Hardware	• Module interfaces On-chip	SD card, UART, SPI, SDIO, I2C, LED PWM, Motor PWM, I2S, IR, pulse counter, GPIO, capacitive touch sensor, ADC, DAC
	• On-chip sensor	Hall sensor
	• Integrated crystal	40 MHz crystal
	• Integrated SPI flash	4 MB
	• Operating voltage / Power supply	2.7 V ~ 3.6 V Average: 80 mA
	• Operating current	500 mA delivered by power supply
• operating temperature range	-40 °C ~ +85 °C (18.00±0.10)	

Mikrokontroler ESP32 memiliki keunggulan jika dibanding dengan mikrokontroler yang lain, hal ini dapat diihat dari jumlah *pin out* nya. Pada Mikrokontroller ESP32 memiliki pin yang lebih banyak, pin analog yang lebih

banyak, memori yang juga lebih besar, memiliki *bluetooth* 4.0 yang sudah *low energy* serta tersedia memiliki kemampuan untuk terhubung dengan jaringan WiFi yang memungkinkan untuk mengaplikasikan Internet of *Things (IoT)* dengan mikokontroler ESP32. Perbedaan ESP32 dengan mikokontroler dapat ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut.

Tabel 2.2 Perbedaan ESP32 dengan mikokontroler lain

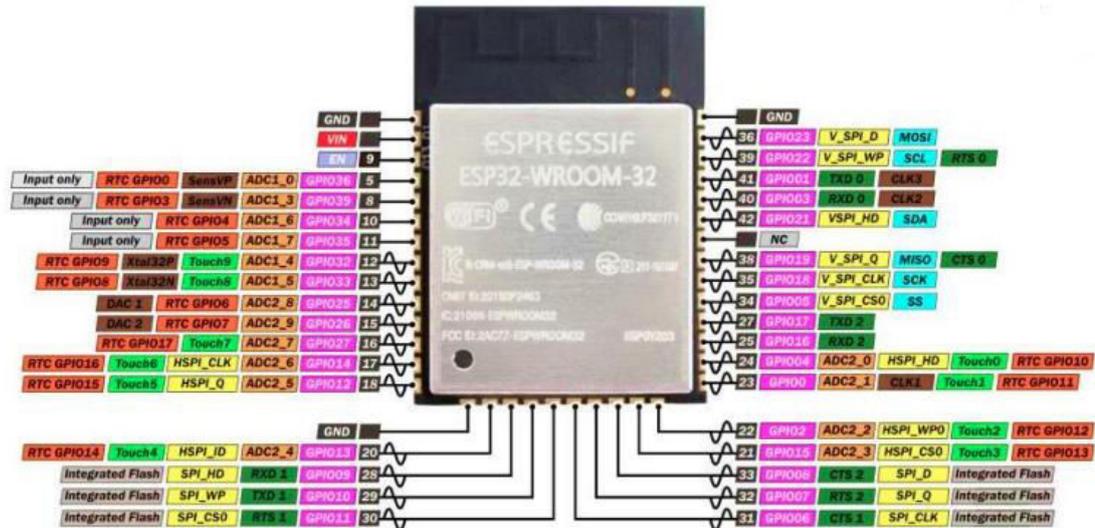
Variabel Data	Arduino Uno	NodeMCU (ESP8266)	ESP32
Tegangan	5 Volt	3.3 Volt	3.3 Volt
CPU	ATmega328 - 16MHz	Xtensa single core L106 - 60 MHz	Xtensa dual core LX6 - 160M Hz
Arsitektur	8 bit	32 bit	32 bit
Flash Memory	32kB	16MB	16MB
SRAM	2kB	160kB	512kB
GPIO Pin (ADC/DAC)	14 (6/-)	17 (1/-)	36 (18/2)
Bluetooth	Tidak ada	Tidak ada	Ada
WiFi	Tidak ada	Ada	Ada
SPI/I2C/UART	1/1/1	2/1/2	4/2/2

Dari tabel 2.2 dapat dilihat perbandingan antara beberapa tipe chip mikokontroller. Pada Chip ESP32 terdiri dari 48 pin yang memiliki fungsi masing-masing. Fitur yang terdapat pada chip ESP32 meliputi :

- 1) 18 pin *Analog-to-Digital Converter (ADC) channels*
- 2) 3 pin *SPI interfaces* dan 3 *UART interfaces*
- 3) 2 pin *I2C interfaces* dan 16 *PWM output channels*
- 4) 2 pin *Digital-to-Analog Converters (DAC)*
- 5) 2 pin *I2S interfaces* dan 10 *Capacitive sensing GPIOs*

Pada Gambar 2.3 dapat dilihat konfigurasi dari pin pada chip ESP 32 secara detail. Pin-pin yang terdapat pada chip tersebut tidak meliputi pin yang tertanam dan

tidak dapat dilihat dan beberapa pin lainnya dapat terlihat dan dapat digunakan secara langsung. Beberapa pin yang tidak dapat dilihat merupakan penunjang dari konfigurasi pin pada chip ESP32 tersebut.



Gambar 2.14 Konfigurasi pin chip ESP32

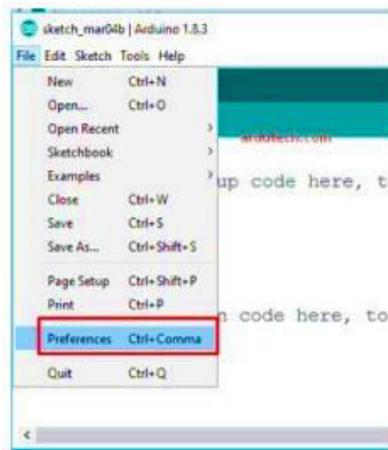
Pada Gambar 2.14 dapat dilihat Konfigurasi pin chip ESP32 serta pengalamatan dan fungsinya. Pada *Espressif System* memproduksi beberapa jenis model board ESP32 yang berfungsi membantu para *user* untuk mendesain dan merancang proyek elektronika yang diinginkan dengan menggunakan *Internet of Things* sebagai basisnya. Salah satu model yaitu *Espressif System32 Development Kit* atau ESP32 DEVKIT V1 menggunakan ESP32 sebagai inti utamanya. Board ESP32 DEVKIT V1 ditunjukkan pada Gambar 3.2. Fitur-fitur dasar pada board ESP32 DEVKIT V1 yaitu :

- 1) 30 pin untuk pin tegangan dan GPIO.
- 2) 15 pin untuk ADC (Analog to Digital Converter).
- 3) 3 UART Interface dan 3 SPI Interface dan 2 I2C Interface.
- 4) 16 pin untuk PWM (*Pulse Width Modulation*).
- 5) 2 pin untuk DAC (*Digital to Analog Converter*).

2.2 Instalasi Board ESP32

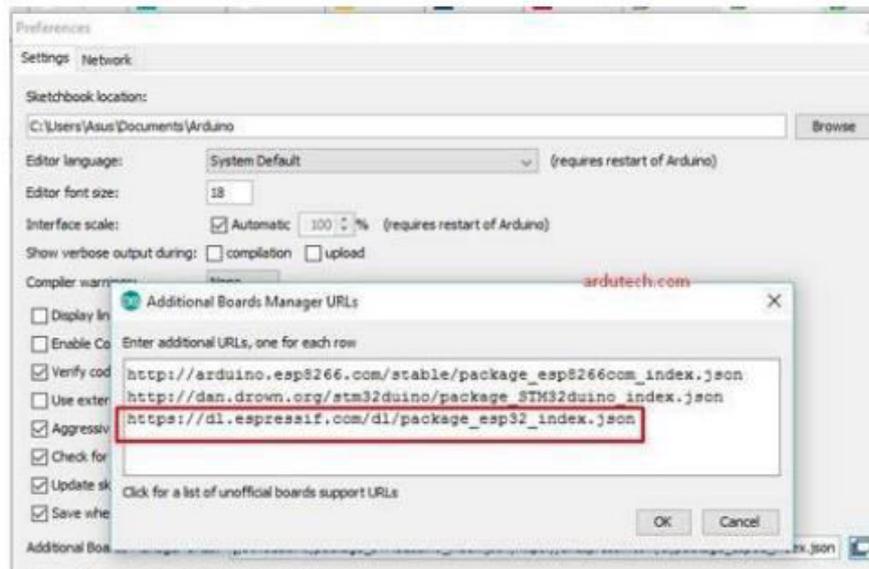
Pada proses melakukan *penginstalan* pada *board* ESP 32 dibutuhkan sebuah software program yang mendukung board ESP 32. *Software* yang diutilisasi untuk melakukan *penginstalan* pada *board* dapat memakai Arduino IDE. Pada Arduino IDE menyediakan opsi memilih banyak jenis *board* yang tersedia, di antaranya ESP32. Beberapa tahapan untuk melakukan *penginstalan board* ESP32 DEVKIT pada Arduino IDE meliputi :

- 1) Buka program Arduino IDE.
- 2) Langkah selanjutnya ialah memilih File > *Preferences* yang akan ditampilkan pada jendela *Preferences* yang ditunjukkan pada Gambar 2.15



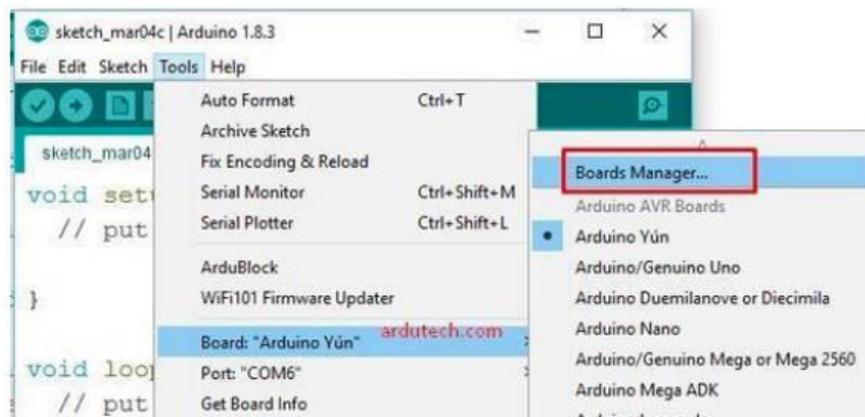
Gambar 2.15 Tampilan Menu File

- 3) Lakukan pengisian Pada kolom "*Additional Boards Manager URLs:*" dengan isian: https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json, seperti Gambar 2.16



Gambar 2.16 Tampilan Jendela *Preferences*

- 4) Membuka *Boards Manager* yang terdapat pada menu *Tools > Board > Boards Manager ...*, terlihat pada Gambar 2.17



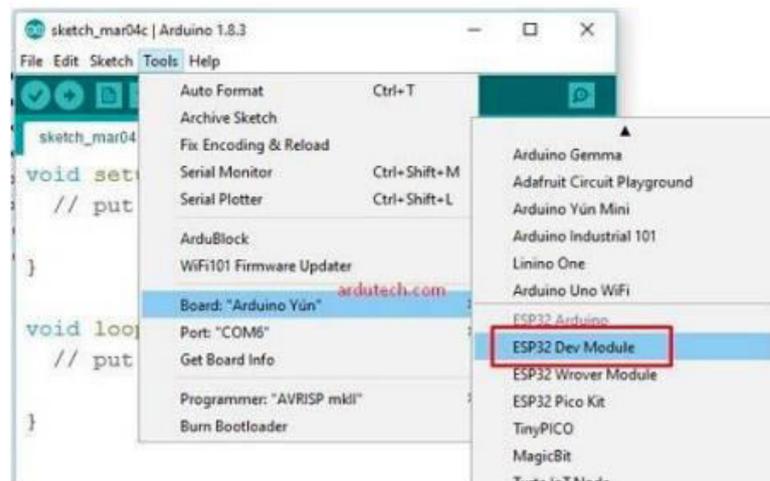
Gambar 2.17 Tampilan Pemilihan Board

- 5) Ketikkan “ESP32” pada kolom pencarian, kemudian klik “*Install*” seperti Gambar 2.18, Pastikan *komputer/laptop* terhubung dengan *internet*. Tunggu sampai proses *downloading* selesai.



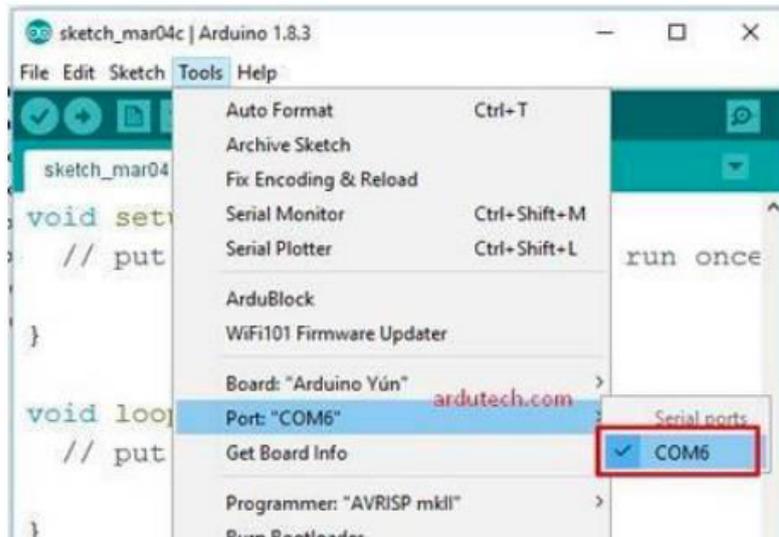
Gambar 2.18 Tampilan *Board Manager*

- 6) Setelah tahapan 5 selesai dilakukan maka proses selanjutnya adalah melakukan proses penginstalan dengan cara menghubungkan ESP32 DEVKIT ke *port USB komputer*. Langkah selanjutnya adalah memilih jenis *board* yang akan kita gunakan *Tools > Board > ESP32 Dev Module* seperti Gambar 2.19



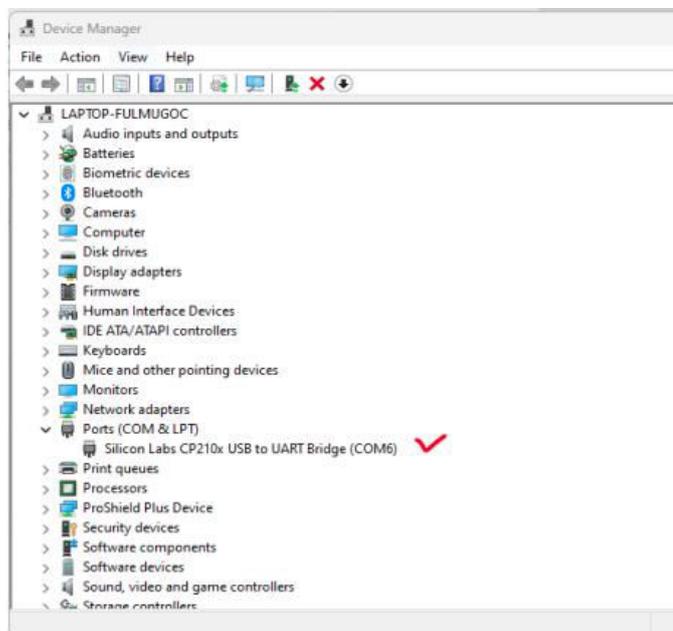
Gambar 2.19 Tampilan *Board Manager esp module*

- 7) Selanjutnya adalah melakukan pemilihan nomor *Port* yang sesuai dengan yang dibutuhkan, mengecek di bagian *Device Manager*. Sesuaikan nomor *port*, dari menu *Tools > Port* seperti Gambar 2.20



Gambar 2.20 Tampilan Pemilihan Port

Pastikan *port* sudah sesuai dengan apa yang terdapat di *Device Manager*.
command device manager dapat dilihat pada Gambar 2.21



Gambar 2.21 Tampilan Pemilihan *Port device manager*

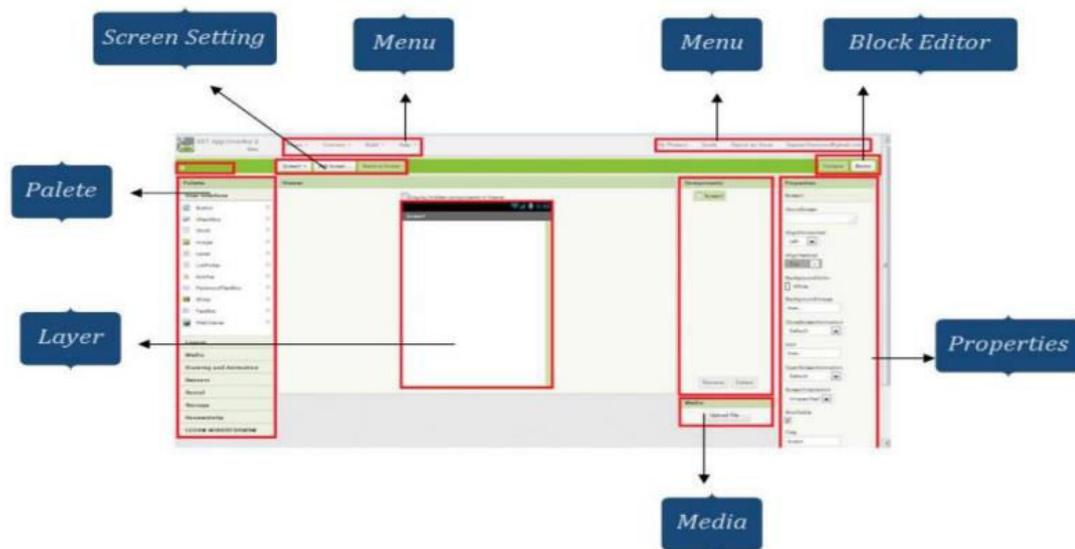
Untuk menghubungkan *board* ESP32 dibutuhkan perangkat dan aplikasi yang berbasis IoT lainnya yaitu suatu *device* yang terhubung dengan *Platform IoT*.

Platform IoT merupakan sebuah sistem yang terdiri dari *hardware* dan *software* yang digunakan untuk mengelola perangkat IoT dalam mengumpulkan data, menyimpan data serta memvisualisasikan data dan menganalisis data dari perangkat tersebut. Platform IoT memiliki fungsi yang sangat bervariasi. Pada umumnya *Platform IoT* mempunyai dashboard yang berfungsi untuk menampilkan data secara visual tetapi pada pelaksanaan dilapangan beberapa *Platform IoT* mempunyai dashboard yang hanya memiliki kemampuan untuk menampilkan data yang diperoleh dari perangkat. *Platform IoT* merupakan salah satu yang cocok untuk digunakan para pemula dan sebagai penampil antarmuka atau *interface* yang sesuai dengan *Platform IoT* adalah *App inventor*. Aplikasi *App Inventor* nantinya adalah aplikasi yang dapat digunakan sebagai interface yang berfungsi untuk menampilkan data yang diperoleh dan diolah dari perangkat *smartphone* sehingga hasil pembacaan dan pengukuran dari ESP32 dapat divisualisasikan serta disimpan ke dalam *database cloud*.

2.3 App Inventor

App Inventor merupakan sebuah aplikasi dengan basis web yang dibuat dan dikembangkan oleh perusahaan *Google*. Peneliti dari pihak *Google* di awal penelitian dan pengembangan aplikasi ini bertujuan untuk mendesain dan merancang sebuah aplikasi pada bidang komputasi pendidikan yang diterapkan untuk mendukung pengembangan pendidikan secara online. Pada perkembangannya, *App inventor* ini kemudian dikembangkan oleh pihak *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) yang merupakan salah satu universitas terbaik dunia yang berfokus pada bidang teknologi serta sangat diakui di dunia. *App Inventor* merupakan aplikasi yang berbentuk Web sehingga memungkinkan pengguna dapat mendesain dan merancang sebuah aplikasi yang baik dan berkualitas sehingga dapat digunakan dan di akses melalui telepon selular dengan berbasis Android serta pengguna juga dapat dengan mudah memahami konsep *programming* meskipun pengguna belum menguasai bahasa pemrograman secara menyeluruh. Sehingga dapat disimpulkan bahwa *App*

Inventor merupakan sebuah ‘aplikasi’ yang dapat digunakan untuk mendesain dan merancang sebuah Aplikasi berbasis Android dengan media *browser*. Pada penerapan aplikasi ini, pengguna dapat menyimpan data yang diperoleh secara *online* sehingga sangat memudahkan pengguna untuk melakukan pengembangan desain dan rancangan secara bertahap, tanpa perlu melakukan proses *coding*, cukup dengan proses drag and drop serta memilih tool yang dibutuhkan [19]. Area kerja *App Inventor* dapat dilihat pada Gambar 2.22



Gambar 2.22 Area kerja *App Inventor*

2.4 Memulai Aplikasi

Sebelum menggunakan aplikasi *App Inventor* untuk mendesain sebuah aplikasi, tentunya pengguna harus terlebih dahulu memahami proses instalasi aplikasi tersebut. Pada tahap awal pengguna harus melakukan *Ekstrak file App Inventor AI2U 64 bit v2.4.zip*, dalam pelaksanaannya pengguna dapat dengan bebas menempatkan atau menyimpan *file difolder*. Hasil dari proses ekstrak file tersebut akan mendapatkan 2 (dua) buah *folder* dan 4 (empat) buah file. Hasil dari ekstrak file *App Inventor AI2U 64 bit v2.4.zip* dapat dilihat pada Gambar 2.23

Name	Date modified	Type	Size
AI2U	19/12/2017 23.04	File folder	
images	19/12/2017 23.04	File folder	
AI2U	14/11/2008 19.52	Application	328 KB
AI2U	14/09/2014 14.03	Configuration sett...	2 KB
autorun	10/06/2014 13.42	Setup Information	1 KB
MIT AI2 Companion.apk	12/02/2015 10.42	APK File	2.726 KB

Gambar 2.23 Hasil ekstrak *software App Inventor.zip*

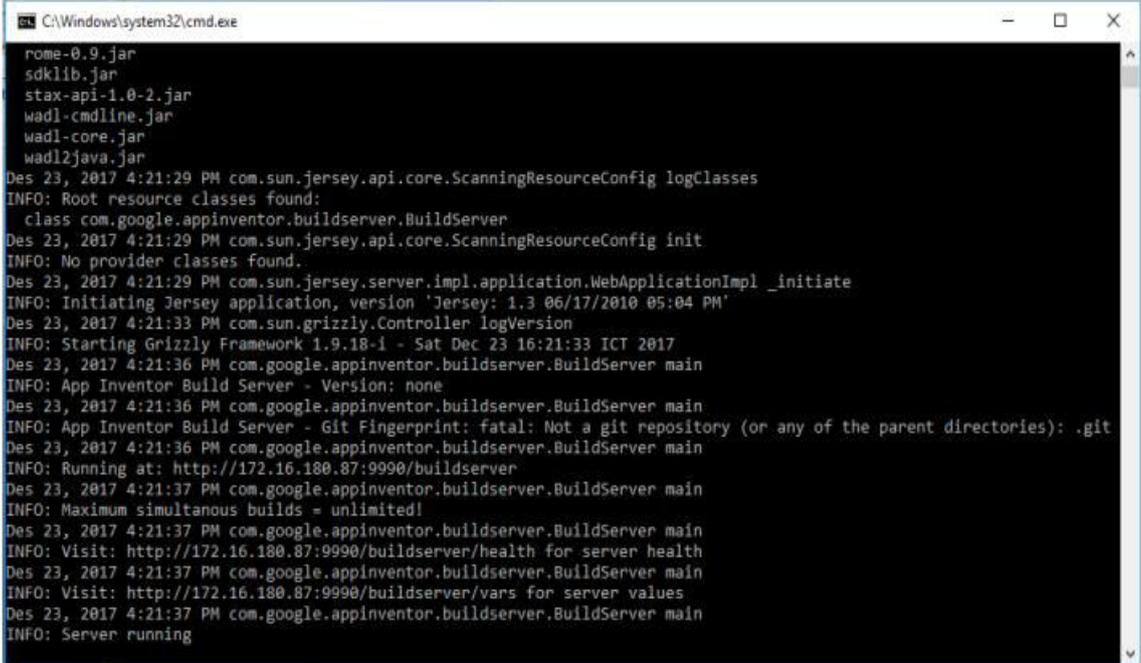
Pada Gambar 2.23 dapat dilihat hasil dari ekstrak *App Inventor AI2U 64 bit v2.4.zip* dan diperoleh beberapa *file* dan *folder* yang nantinya siap untuk kita gunakan untuk meng-*install* aplikasi. Proses ekstrak file dapat dilakukan dengan cara meng-*klik* sebanyak dua kali pada *icon* dari *folder AI2U* yang prosesnya dapat dilihat pada Gambar 2.24. langkah selanjutnya adalah melakukan proses pada file *BuildServer AppInventor* dengan cara menekan 2 (dua) kali pada icon *AI2U\buildserver.cmd*. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 2.24

Name	Date modified	Type	Size
AI	19/12/2017 23.04	File folder	
AppEngine	19/12/2017 23.04	File folder	
BuildProject	19/12/2017 23.04	File folder	
BuildServer	19/12/2017 23.04	File folder	
Emulator	19/12/2017 23.04	File folder	
JDK	19/12/2017 23.04	File folder	
aiStarter	10/06/2014 10.20	Windows Comma...	1 KB
android	29/01/2014 22.27	Icon	15 KB
buildserver	14/02/2015 23.00	Windows Comma...	1 KB
closeAI2U	10/06/2014 11.54	Windows Comma...	1 KB
doapk	14/02/2015 23.07	Windows Comma...	2 KB
startAI	10/06/2014 11.39	Windows Comma...	1 KB
startDev	10/06/2014 12.04	Windows Comma...	1 KB
thai2	29/01/2014 21.50	Icon	32 KB

Gambar 2.24 Hasil ekstrak *software App Inventor.zip*

Dari Gambar 2.24 dapat dilihat tampilan layar yang akan terlihat setelah kita melakukan klik pada file *software App Inventor.zip*, selanjutnya kita akan menginstall 2 file aplikasi yang kita butuhkan. file aplikasi yang harus kita install adalah file aplikasi *buildserver* dan *startDev* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.24 yang telah diberi kotak merah dengan label angka 1 dan 2. Setelah

melakukan proses install 2 aplikasi tersebut maka akan muncul *command line buildserver running* yang tertulis server running. Pada tahapan ini kita harus menunggu sejenak sampai seluruh proses install selesai. Tampilan dari command line tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.25.



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
rome-0.9.jar
sdklib.jar
stax-api-1.0-2.jar
wadl-cmdline.jar
wadl-core.jar
wadl2java.jar
Des 23, 2017 4:21:29 PM com.sun.jersey.api.core.ScanningResourceConfig logClasses
INFO: Root resource classes found:
  class com.google.appinventor.buildserver.BuildServer
Des 23, 2017 4:21:29 PM com.sun.jersey.api.core.ScanningResourceConfig init
INFO: No provider classes found.
Des 23, 2017 4:21:29 PM com.sun.jersey.server.impl.application.WebApplicationImpl _initiate
INFO: Initiating Jersey application, version 'Jersey: 1.3 06/17/2010 05:04 PM'
Des 23, 2017 4:21:33 PM com.sun.grizzly.Controller logVersion
INFO: Starting Grizzly Framework 1.9.18-1 - Sat Dec 23 16:21:33 ICT 2017
Des 23, 2017 4:21:36 PM com.google.appinventor.buildserver.BuildServer main
INFO: App Inventor Build Server - Version: none
Des 23, 2017 4:21:36 PM com.google.appinventor.buildserver.BuildServer main
INFO: App Inventor Build Server - Git Fingerprint: fatal: Not a git repository (or any of the parent directories): .git
Des 23, 2017 4:21:36 PM com.google.appinventor.buildserver.BuildServer main
INFO: Running at: http://172.16.180.87:9990/buildserver
Des 23, 2017 4:21:37 PM com.google.appinventor.buildserver.BuildServer main
INFO: Maximum simultaneous builds = unlimited!
Des 23, 2017 4:21:37 PM com.google.appinventor.buildserver.BuildServer main
INFO: Visit: http://172.16.180.87:9990/buildserver/health for server health
Des 23, 2017 4:21:37 PM com.google.appinventor.buildserver.BuildServer main
INFO: Visit: http://172.16.180.87:9990/buildserver/vars for server values
Des 23, 2017 4:21:37 PM com.google.appinventor.buildserver.BuildServer main
INFO: Server running
```

Gambar 2.25 Tampilan *buildserver running*

Dari Gambar 2.25 dapat dilihat proses ketika menjalankan aplikasi pada *file startDev AppInventor* yang dapat kita temukan dari folder *AppInventor* dengan melakukan klik dua kali pada file *AI2U\startDev.cmd*. Ketika berlangsung proses ini maka pengguna akan menunggu sesaat hingga keseluruhan proses penginstalan selesai dengan sempurna. Keseluruhan proses yang terjadi dapat terlihat seperti pada gambar 2.26 berikut.

```
C:\Windows\system32\cmd.exe - .\AppEngine\bin\dev_appserver.cmd --disable_update_check --port=8888 --address=0.0.0.0 AI
Des 23, 2017 4:30:20 PM com.google.appinventor.server.IdMap <init>
SEVERE: No fixid list found.
Des 23, 2017 4:30:22 PM com.google.appinventor.server.storage.ObjectifyStorageIo <init>
INFO: RetryParams: getInitialRetryDelayMillis() = 100
Des 23, 2017 4:30:22 PM com.google.appinventor.server.storage.ObjectifyStorageIo <init>
INFO: RetryParams: getRequestTimeoutMillis() = 30000
Des 23, 2017 4:30:22 PM com.google.appinventor.server.storage.ObjectifyStorageIo <init>
INFO: RetryParams: getRetryDelayBackoffFactor() = 2.0
Des 23, 2017 4:30:22 PM com.google.appinventor.server.storage.ObjectifyStorageIo <init>
INFO: RetryParams: getRetryMaxAttempts() = 10
Des 23, 2017 4:30:22 PM com.google.appinventor.server.storage.ObjectifyStorageIo <init>
INFO: RetryParams: getRetryMinAttempts() = 3
Des 23, 2017 4:30:22 PM com.google.appinventor.server.storage.ObjectifyStorageIo <init>
INFO: RetryParams: getTotalRetryPeriodMillis() = 10000
Des 23, 2017 4:30:25 PM com.google.appengine.api.datastore.dev.LocalDatastoreService init
INFO: Local Datastore initialized:
      Type: High Replication
      Storage: F:\App Inventor AI2U 64bit v2.4\AI2U\AI\WEB-INF\appengine-generated\local_db.bin
Des 23, 2017 4:30:25 PM com.google.appengine.api.datastore.dev.LocalDatastoreService load
INFO: The backing store, F:\App Inventor AI2U 64bit v2.4\AI2U\AI\WEB-INF\appengine-generated\local_db.bin, does not e
xist. It will be created.
Des 23, 2017 4:30:30 PM com.google.apphosting.util.jetty.JettyLogger info
INFO: Started SelectChannelConnector@0.0.0.0:8888
Des 23, 2017 4:30:31 PM com.google.appengine.tools.development.AbstractModule startup
INFO: Module instance default is running at http://localhost:8888/
Des 23, 2017 4:30:31 PM com.google.appengine.tools.development.AbstractModule startup
INFO: The admin console is running at http://localhost:8888/_ah/admin
Des 23, 2017 4:30:31 PM com.google.appengine.tools.development.DevAppServerImpl doStart
INFO: Dev App Server is now running
```

Gambar 2.26 Tampilan startDev running

Dari Gambar 2.26 dapat dilihat Proses yang terjadi pada saat penginstalan aplikasi dilakukan hingga layar *comand line* muncul dan menyatakan informasi *DevApp Server running*. Tampilan layar dari proses hingga munculnya informasi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.26. Tahapan selanjutnya adalah membuka *browser mozilla firefox* atau *Chrome*, pada saat menginstall aplikasi ini tidak dianjurkan menggunakan mesin pencari *Internet Explore* dikarenakan mesin pencari ini tidak mendukung dalam proses penginstalan. Langkah selanjutnya adalah memasukkan alamat *protocol link url* pada browser dengan menggunakan alamat *localhost:8888* hingga terbuka jendela *MIT App Inventor*. Tampilan dari jendela *MIT App Inventor* dapat dilihat pada Gambar 2.27 seperti berikut



Gambar 2.27 Link AppInventor

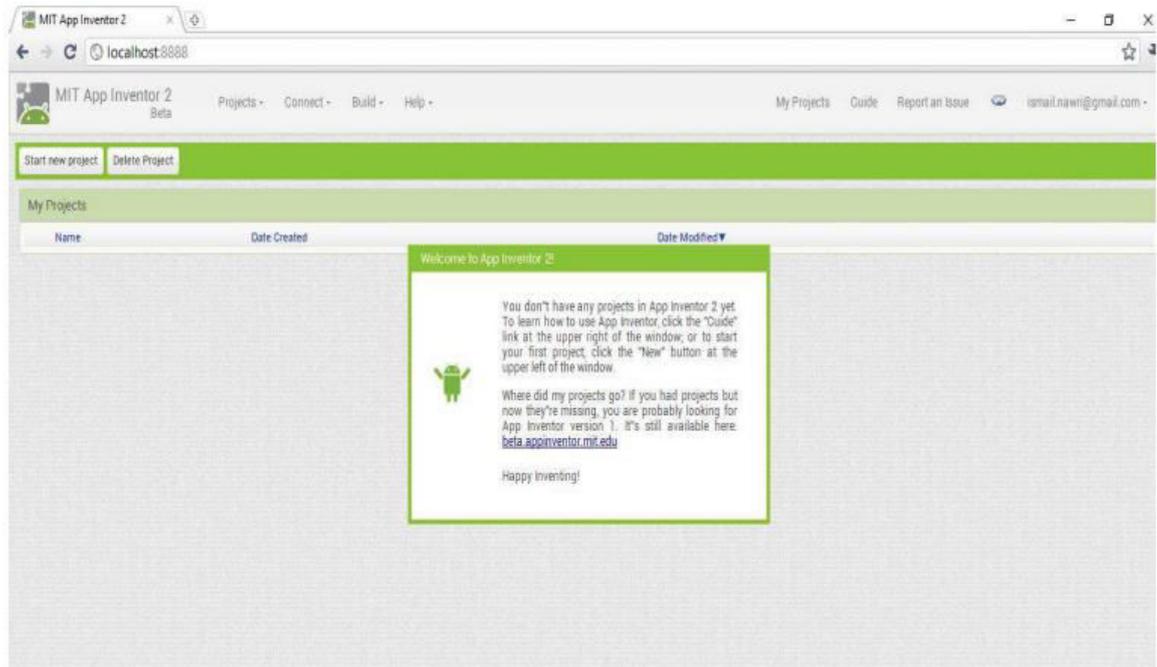
Pada Gambar 2.27 akan terlihat jelas tampilan jendela yang terdapat kolom dimana kita harus menginput alamat *host protocol* yang kita inginkan. Pada proses ini kita akan mengisi kolom yang ada pada jendela tersebut dengan alamat *localhost:8888* dan diakhiri dengan menekan tombol enter. Selanjutnya akan terbuka jendela login seperti yang terlihat pada Gambar 2.28



The image shows a light blue login window with the title "Not logged in". It contains an "Email:" label followed by a text input field with the value "test@example.com". Below the email field is a checkbox with a checkmark, labeled "Sign in as Administrator". At the bottom of the window are two buttons: "Log In" and "Log Out". A red rectangular box highlights the checkbox.

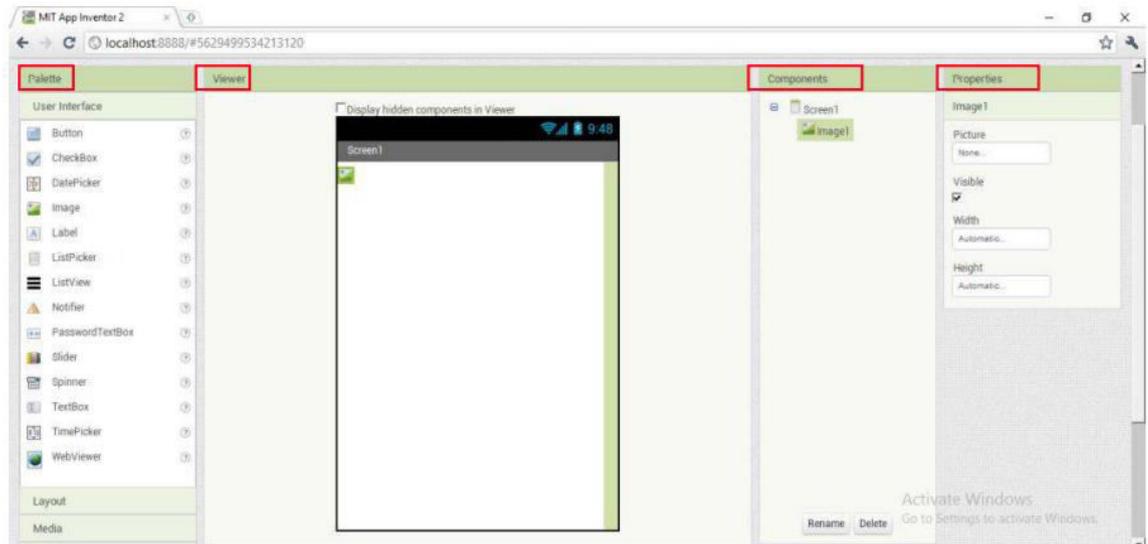
Gambar 2.28 . *Login Aplikasi*

Dari Gambar 2.28 dapat dilihat tampilan layar untuk proses Login masuk ke dalam Aplikasi. Pada proses ini kita akan diminta untuk melakukan pengisian pada kolom email (pastikan email yang dimasukkan benar) dan mencentang pada bagian kotak *sign in as Administrator* kemudian di akhiri dengan menekan tombol *Log in* sehingga muncul jendela *desainer interface App Inventor* yang sudah bisa digunakan untuk membuat aplikasi android. Tampilan dan jendela aplikasi App Inventor dapat dilihat pada Gambar 2.29.



Gambar 2.29 Tampilan Halaman *AppInventor*

Pada Gambar 2.29 dapat dilihat tampilan aplikasi setelah kita melakukan proses *login*. Pada *icon command* yang berada di tengah layar terdapat kotak informasi yang berisi kalimat selamat datang diaplikasi dan juga beberapa informasi lainnya. Pada *icon command* di sudut kiri atas terdapat *commad Start New Project* dan *command Delete Project*. Pada *commad Start New Project* merupakan icon command untuk memulai project baru. Sedangkan *command Delete Project* berfungsi untuk menghapus project yang telah kita kerjakan. Pada saat menekan tombol *commad Start New Project* maka akan tampil jendela aplikasi yang baru yang dapat dilihat pada Gambar 2.30

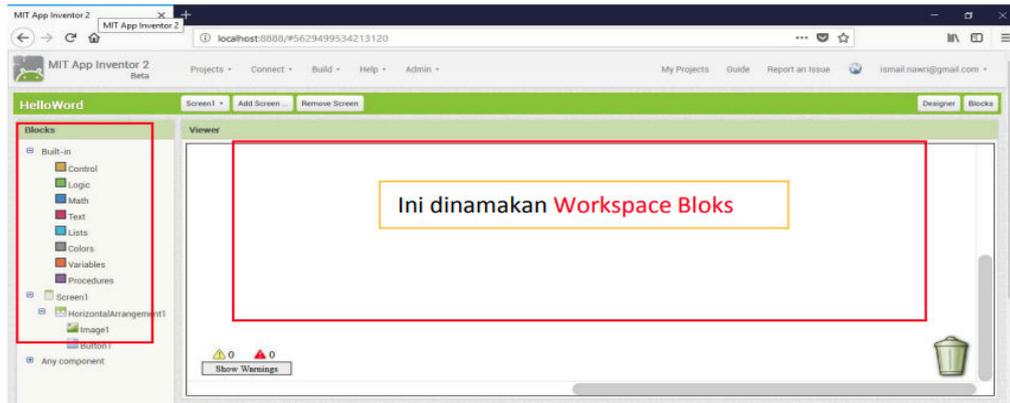


Gambar 2.30 Tampilan *AppInventor*

Dari Gambar 2.30 dapat dilihat tampilan dari aplikasi *App Inventor* yang terdiri dari beberapa *icon command* yang memiliki fungsi masing-masing. Penjelasan *icon commad* dan fungsinya sebagai berikut :

- 1) *Pallete* : Berisi seluruh komponen yg digunakan untuk membuat aplikasi
- 2) *Viewer* : Untuk menempatkan Komponen dan mendesain seperti tampilan dan UI dari aplikasi
- 3) *Components* : Berisi komponen yg telah kita ambil dan digunakan pada aplikasi
- 4) *Properties* : untuk mengubah properti dari masing-masing komponen.

Area kerja *Block Editor App Inventor* adalah suatu tempat yang berfungsi untuk menyusun *code-code puzzle* program yang akan dibuat. Area kerja *Block Editor App Inventor* dapat dilihat pada Gambar 2.31.



Gambar 2.31 Tampilan *Bloks Code*

Dari Gambar 2.31 dapat dilihat tampilan penuh dari *Block Editor App Inventor* yang terdiri dari beberapa *command-command* yang akan kita gunakan dan berikut fungsi dari setiap command yang ada.

- 1) *Panel Blocks* merupakan panel yang berisi daftar blok kode program *built-in* (*default*) maupun blok kode program yang tersedia di masing-masing komponen. Penjelasan mengenai panel ini akan dibahas secara lebih detail di subbab tersendiri.
- 2) *Panel Block Viewer* merupakan panel yang berfungsi sebagai tempat mendesain susunan blok- blok kode program. Penjelasan mengenai panel ini akan dibahas secara lebih detail di subbab tersendiri.

2.5 Firebase

Firebase merupakan sebuah *platform database* yang mampu memberikan informasi secara realtime kepada penggunanya. *Firebase* saat ini menjadi sebuah alternatif database yang handal yang mampu memberikan informasi secara cepat. Teknologi *database* ini memiliki arstektur yang berbeda dengan *database* pada umumnya, baik dari sisi penamaan data dan atributnya. Teknologi *database firebase* ini dapat diimplementasikan kedalam

aplikasi yang mampu melakukan penyampaian informasi secara cepat dan *real time*. Penggunaan teknologi telah digunakan untuk berbagai keperluan [20].

Framework Firebase yang sangat berguna untuk membangun aplikasi *web portable* yang ditujukan untuk keperluan bisnis. Hal tersebut tentunya membutuhkan *database* yang bersifat *realtime* sehingga ketika terdapat seseorang yang memperbarui pencatatan di *database*, maka pembaruan kemudian diteruskan kepada setiap pengguna lainnya secara instan. *Firebase* memiliki produk utama yaitu menyediakan *database realtime* dan *backend service*. Layanan ini menyediakan pengembang aplikasi API yang memungkinkan aplikasi data yang akan disinkronisasi di klien dan disimpan di *cloud Firebase*. Library yang disediakan untuk *client platform* memungkinkan integrasi dengan Android, iOS, *JavaScript*, *Java*, *Objective-C* dan *Node* aplikasi Js dan dapat juga disebut sebagai layanan *DbaaS (Database as a Service)*. Pengembangan aplikasi berbasis Android yang menggunakan *Firebase* sangat membantu para pengembang untuk membuat aplikasi yang berkualitas tinggi dan dapat menumbuhkan basis pengguna yang interaktif. Berbagai fitur canggih dapat diterapkan pada aplikasi yang dibuat, seperti *backend system*, analisis, serta fitur pertumbuhan dan monetisasi [21].

Layanan *NoSQL cloud hosted database* yang berada dibawah naungan dari *Firebase SDK*. Layanan ini menawarkan fitur penyimpanan sebuah data yang dapat disinkronisasikan sewaktu-waktu terhadap seluruh client yang telah terhubung. Layanan ini mempunyai 3 keunggulan utama yaitu *realtime*, *accessible from client devices*, dan *offline*. Maksud dari *realtime* adalah apabila terdapat perubahan data pada *database*, maka semua *client* yang telah terhubung dapat secara otomatis mendapatkan perubahan dari kondisi data tersebut dalam hitungan milidetik. Selanjutnya aplikasi yang telah disinkronisasikan dengan *Firebase Realtime Database* akan tetap memberikan data bahkan saat *offline*. Hal ini dapat terjadi dikarenakan *Firebase SDK* mempunyai suatu fitur untuk mempertahankan data dan dapat melakukan perubahan data pada media penyimpanan *client*. Adapun fitur utama yang terakhir yaitu *accessible from client devices* [20].

2.6 Liquid Crystal Display (LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) adalah sebuah peralatan elektronik yang banyak sekali digunakan dalam perancangan suatu sistem dengan menggunakan mikrokontroller. LCD memiliki fungsi untuk menampilkan teks atau menampilkan menu dan menampilkan suatu nilai hasil sensor pada aplikasi mikrokontroller. Modul LCD matrix yang akan digunakan pada penelitian ini memiliki konfigurasi 20 karakter dan 4 baris dengan setiap karakternya dibentuk oleh baris pixel. LCD berfungsi untuk menampilkan suatu keluaran dari pembacaan sebuah sensor yang ditampilkan menjadi sebuah nilai, teks, dan menu pada mikrokontroler. Disini penulis menggunakan LCD dengan ukuran 2x16 yang mana modul LCD ini tersedia dengan konfigurasi 16 karakter dan 2 baris dengan setiap karakternya dapat dibentuk oleh pixel. Adapun fitur pada LCD dapat dilihat dibawah ini: (1). Terdiri dari 16 karakter dan 2 baris; (2). Terdapat karakter generator terprogram; (3). Memiliki 192 karakter yang tersimpan; (4). Dapat dialamati dengan mode 4 bit dan 8 bit; (5). Dilengkapi dengan back light.



Gambar 2.32 LCD 2x16

2.7 Android

Google Inc. adalah perusahaan yang mengembangkan Android, sebuah sistem operasi berbasis *Linux* yang bersifat *open source*. Hingga saat ini, terdapat lebih dari satu juta aplikasi yang dapat diunduh oleh pengguna Android melalui layanan aplikasi toko daring, yaitu *Google Play Store*. Android adalah sistem

operasi berbasis Linux yang dirancang untuk perangkat *mobile* dengan layar sentuh seperti *smartphone* dan komputer tablet. Dixit mengatakan bahwa Android adalah perangkat *mobile* yang digunakan untuk perangkat *mobile* yang mencakup sistem operasi, *middleware*, dan aplikasi inti. Pendekatan berbasis pembelajaran aktif (ALDROID) untuk memperbarui repositori tanda tangan antivirus dengan secara otomatis mengakuisisi malware nol-hari dalam jumlah maksimum dan kemudian meningkatkan model deteksi ALDROID menggunakan sampel malware baru. Para penulis menguji pendekatan mereka menggunakan platform Android dan perangkat lunak antivirus Android. Teknologi mobile tidak mungkin mampu menyediakan layanan yang diperlukan sendiri tetapi perlu diintegrasikan dengan teknologi digital [19].

2.8 Kajian Penelitian yang Relevan

Penerapan sistem pemantauan serta monitoring jarak jauh kualitas daya berbasis protokol komunikasi *ModBus-RTU*, *SQL* dan pemrosesan data diimplementasikan berdasarkan algoritma *unscented Kalman filter* dapat mengurangi risiko pemadaman listrik, memberikan respons dan kemampuan penanganan kerusakan yang lebih baik, dan memiliki berbagai skenario aplikasi yang luas. Lanyong ZHANG dkk [22]. Zhenmin LIU dkk [23] menyatakan *monitoring* kualitas daya satu fase yang dirancang berdasarkan IM1281B dapat memenuhi kebutuhan analisis kualitas daya meliputi tegangan dan arus RMS, faktor daya, daya nyata, daya aktif, dan parameter listrik lainnya secara *real-time* dari peralatan listrik yang terhubung ke jaringan. Analisis nilai yang diukur dan dihitung menunjukkan bahwa kesalahan relatif daya tampak dan daya aktif keduanya kurang dari 5% dan memenuhi persyaratan teknis umum sistem deteksi otomatis untuk peralatan *monitoring* kualitas daya.

Suling Xu dkk [24] Menyatakan bahwa sistem *monitoring* kualitas daya *real-time* pada jaringan distribusi aktif berbasis *monitoring* komputer dapat memonitor parameter *real time* dari energi listrik dan status operasional peralatan, dan merancang fungsi *memory* dan pengolahan data gangguan. Sistem dapat

menghasilkan sinyal peringatan secara tepat waktu, memberitahu pemantau sistem dan staf agar dapat segera menangani masalah yang disebabkan oleh sinyal tersebut sehingga dapat mengurangi kerugian akibat kegagalan dengan cepat.

Akhil Gupta dkk [25] menyatakan hasil *Monitoring* dan Analisis kualitas daya (PQ) untuk pengendalian motor induksi FOC divalidasi dengan pengendalian motor induksi DTFC menunjukkan mitigasi penurunan tegangan tidak seimbang dan lonjakan tegangan di antara konverter SPV, beban, dan grid selama kondisi transien yang diakibatkan oleh gangguan. Efektivitas FLC-DVR pada beban non-linear sesuai standar IEEE-519/1547 dan pengendalian FOC ditunjukkan lebih dari beban pengendalian DTFC dan beban linier untuk validasi. Hasilnya Diperoleh penurunan total distorsi harmonisa (THD) dan arus *offset* DC pada tegangan dan arus grid.

I Wayan Sukadana dkk [26] menyatakan bahwa Sistem Monitoring dan Audit Energi Listrik menggunakan mikrokontroler ATmega328P berbasis *Internet Of Things* dapat memberikan data, mengolah data, menyajikan data, mengirimkan data, berupa data tegangan, arus, daya, konsumsi energi listrik dan hasil audit energi listrik di suatu gedung perkantoran secara real time dan *ThingSpeak* dengan menggunakan modul GSM.

Noor Nateq Alfaisaly dkk [27] membuktikan bahwa sistem monitoring daya yang dirancang terintegrasi dengan perangkat *Internet of Things* (IoT) dapat meningkatkan efektivitas dalam penggunaannya serta memberikan pengaruh yang baik terhadap sistem pemantauan kualitas daya. James William Jokanan dkk [28] menyatakan bahwa rancang bangun alat monitoring daya listrik berbasis Internet Of Think dapat mengirimkan data secara realtime dan dapat dipantau melalui aplikasi MDL secara *online* dan dapat menampilkan nilai pengukuran yang cukup akurat.

Mathew T. O dkk [29] menyatakan bahwa Sistem monitoring kualitas daya berfungsi untuk memonitor, mendeteksi dan secara otomatis melakukan pengalihan sumber pasokan daya listrik jika terjadi fluktuasi tegangan pada salah satu sumber, sehingga beban terlindungi dari pasokan daya yang terkontaminasi

oleh fluktuasi frekuensi dan tegangan sehingga dapat memperpanjang usia peralatan elektronik.

Jéssica Priscila Macedo Suzuki dkk [30] menyatakan pengembangan sistem monitoring kualitas daya menggunakan mikrokontroler ESP32 dan *Home Assistant* mempertimbangkan aspek kepentingan untuk memonitor dan mengevaluasi QEE melalui indicator, baik secara *real-time* maupun pada analisis pasca untuk berbagai jenis instalasi atau kondisi pasokan listrik menunjukkan hasil operasi sistem yang memungkinkan pengamatan indeks PQ dan membantu memahami tingkat kesesuaian indeks tersebut.

2.9 Kerangka Berpikir

Untuk menyempurnakan penelitian ini, peneliti perlu menyusun kerangka berpikir yang jelas dan terstruktur untuk membantu setiap tahap penelitian secara sistematis. Kerangka berpikir ini dirancang untuk mengatasi berbagai permasalahan yang mungkin timbul selama proses penelitian. Tahapan-tahapan dalam kerangka berpikir yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.33.



Gambar 2.33 Kerangka Berpikir

Pada Gambar 2.33 dapat dilihat gambar dari kerangka berpikir yang menggambarkan proses dan tahapan dari penelitian yang akan dilaksanakan. Dari Gambar 2.33 dapat dijelaskan bahwa proses penelitian dimulai dari tahapan Studi Literatur berupa pengumpulan informasi yang diperoleh dari beberapa referensi

seperti buku, sumber informasi dari para ahli dan juga sumber-sumber jurnal terbaru. Langkah ini penting dilakukan agar tujuan penelitian yang telah disusun dan menjadi target peneliti dapat tercapai. Pelaksanaan studi observasi langkah berikutnya yang juga harus dilaksanakan agar peneliti mendapatkan gambaran mengenai permasalahan terkini yang sedang dialami oleh Politeknik Penerbangan Medan perihal penggunaan energi. Pada tahapan desain alat merupakan proses desain dan pembuatan alat ukur sesuai dengan rancangan yang telah dibuat. Tahapan pengukuran menggunakan *powermeter* dilakukan untuk memperoleh data tentang kualitas energi yang ada di politeknik penerbangan medan. Sementara itu pada tahapan perhitungan merupakan pengolahan tahap awal yang dibutuhkan untuk mengetahui besarnya penggunaan energi yang digunakan di Politeknik Penerbangan Medan pada saat ini dan langkah berikutnya yang akan dilakukan adalah audit energi untuk mengetahui apakah penggunaan energi pada saat ini sudah berada pada level baik sesuai standar atau belum. Pada tahapan berikutnya yaitu memberikan rekomendasi terhadap hasil dari pengukuran yang telah dilaksanakan.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini dapat dikategorikan sebagai penelitian terapan karena fokus pada pemecahan masalah-masalah praktis yang terkait dengan bidang ketenagalistrikan, khususnya masalah kualitas tenaga listrik. Dari segi metode, penelitian ini termasuk dalam kategori penelitian evaluasi karena hasil penelitian didasarkan pada pengolahan data yang digunakan untuk mendukung pengambilan keputusan. Secara lebih rinci, penelitian ini merupakan kombinasi antara penelitian kualitatif dan kuantitatif. Dalam hal sifat masalahnya, jenis penelitian ini dapat disebut sebagai penelitian lapangan.

Kegiatan penelitian ini erat kaitannya dengan data, dimana data menjadi bahan baku yang akan diolah untuk memecahkan masalah atau menguji hipotesis sesuai dengan suatu model. Dari segi sumber data, penelitian ini menggunakan data primer yang diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan, didukung oleh data sekunder yang diperoleh dari buku atau jurnal. Jenis data yang digunakan adalah kombinasi antara data kuantitatif (berupa angka yang diproses menggunakan teknik matematika) dan kualitatif yang diperoleh selama proses analisis.

Dalam konteks waktu pengumpulan data, penelitian ini menggunakan data periodik, di mana pengumpulan data dilakukan secara berkala. Data utama yang akan diolah melibatkan data sampel yang diambil secara terjadwal pada waktu-waktu tertentu. Terdapat dua metode pengumpulan data yang digunakan, yakni studi pustaka untuk mencari literatur terkait penelitian terdahulu dan teori terkait, serta observasi yang diperlukan dalam penelitian lapangan untuk menentukan titik pengumpulan data. Melalui metode observasi, penelitian ini juga melibatkan pengamatan berkala melalui pengukuran yang dilakukan beberapa kali.

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif. Data pengukuran dikumpulkan dan hasilnya diuraikan melalui pendekatan statistik. Selanjutnya, dilakukan analisis komparatif dengan membandingkan hasil ini dengan standar PLN atau standar internasional seperti IEC atau IEEE. Penelitian ini terdiri dari variabel dependen dan variabel independen yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

1) Variabel dependen

Variabel dependen dalam penelitian ini adalah kualitas tenaga listrik yang menunjukkan kualitas baik dari daya listrik akibat gangguan yang terjadi dalam sistem listrik. Kualitas buruk dari tenaga listrik akan mempengaruhi kerusakan pada peralatan yang sensitif terhadap perubahan arus, tegangan, dan frekuensi.

2) Variabel independen

Variabel independen dalam penelitian ini adalah desain dan rancangan sistem perbaikan kualitas tenaga listrik.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Kampus Politeknik Penerbangan Medan yang beralamat di Jalan Penerbangan nomor 85 Medan, Kecamatan Selayang, Kelurahan Sempakata. Waktu yang digunakan dalam mengambil data penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2024 dan menggunakan data pada bulan Mei 2024.

3.3 Tahapan Penelitian

Langkah pertama dalam melakukan penelitian ini adalah mempelajari fungsi dan kerja alat pengukur daya listrik. Alat pengukur daya listrik yang digunakan adalah produksi dari *Schneider Power Logic PM 5500*, merupakan salah satu peralatan yang ada di laboratorium Teknik Listrik Bandara. Setelah mempelajari fungsi dan cara kerja alat, penulis kemudian menguji alat tersebut dengan merekam data listrik Politeknik Penerbangan Medan selama satu hari (24

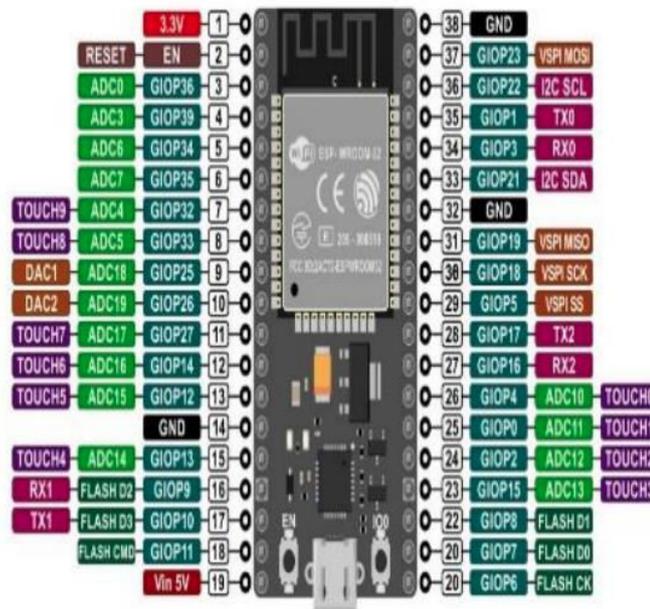
jam). Penulis melakukan pengujian secara langsung di lokasi penelitian, yaitu di panel utama Politeknik Penerbangan Medan.

Langkah kerja pemasangan alat pengukur daya listrik adalah memasang sensor arus dan tegangan yang terdiri dari 4 kabel *clamp* untuk mengukur arus, dan 4 kabel jumper untuk mengukur tegangan. Kabel-kabel dipasang sesuai dengan urutan fasa R, S, T, dan Netral. Urutan fasa untuk arus adalah I_1 , I_2 , I_3 , dan I_N , dan untuk tegangan adalah L_1 , L_2 , L_3 , dan N. Urutan fasa ini disesuaikan dengan label dan warna kabel. Langkah berikutnya adalah memasang kabel clamp dan jumper pada kabel tiga fasa empat kawat di panel utama mengikuti urutan fasa sesuai dengan warna fasa pada kabel panel (R, S, T, dan Netral) dengan cara pertama-tama mematikan pasokan listrik dan melepaskan beban. Setelah terpasang, pasokan listrik diaktifkan kembali dan beban dimasukkan, langkah berikutnya adalah menyiapkan alat.

Beberapa instrumen yang diatur melibatkan tanggal pengumpulan data, interval pencatatan, dan durasi pencatatan. Eksperimen awal dilakukan dengan interval pencatatan 10 detik selama 1 hari (24 jam). Alat dibiarkan selama satu hari untuk merekam fenomena listrik seperti arus, tegangan, daya, dan frekuensi di Politeknik Penerbangan Medan. Pada hari berikutnya, data diambil untuk dianalisis. Saat pengumpulan data, alat dihapus dengan prosedur yang sama seperti saat pemasangan, yaitu pasokan listrik dimatikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan pelepasan klem dan jumper dilakukan. Selanjutnya adalah proses transfer data dari alat pengukur ke komputer untuk analisis lebih lanjut. Hasil analisis di Komputer selanjutnya di transfer ke mikrokontroller untuk diolah dan kemudian dikirim ke aplikasi yang dapat di akses di android. Setelah pengujian dilakukan, selama satu minggu pada hari kerja, peneliti mencatat data dengan cara yang sama dan kemudian menganalisis fenomena listrik atau kualitas daya di bangunan Politeknik Penerbangan Medan.

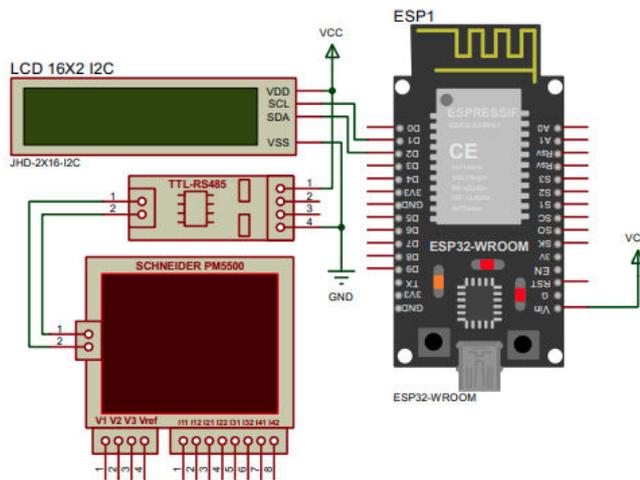
3.4 Perancangan Perangkat Keras

Tahapan yang dilakukan dalam perancangan perangkat keras (*hardware*) meliputi perancangan *box* rangkaian dan perancangan rangkaian elektronik yang terdiri dari rangkaian mikrokontroler ESP 32, USB to *serial*, *driver* LCD, sensor tegangan dan arus, *Switch*, dan regulator tegangan. Perancangan *box* rangkaian bertujuan untuk menempatkan semua rangkaian elektronik agar lebih praktis dan meminimalisir kerusakan pada rangkaian. Tampilan Mikrokontroler ESP32 serta bagian-bagiannya dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Mikrokontroler ESP32 Pinout Parts [31]

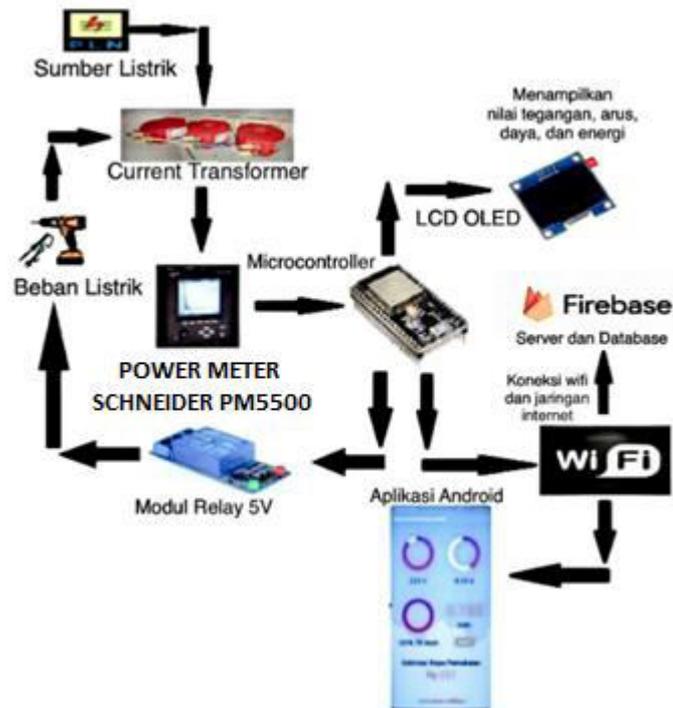
Mikrokontroler ESP32 adalah chip dengan *WiFi* 2.4 GHz dan *bluetooth* dengan desain teknologi 40 nm yang dirancang untuk daya dan kinerja radio terbaik yang menunjukkan ketahanan, keserbagunaan dan keandalan dalam berbagai aplikasi dan skenario daya. Mikrokontroler ESP32 merupakan sebuah modul mikrokontroler dengan fitur mode ganda yakni *WiFi* dan *bluetooth* yang digunakan untuk mempermudah pengguna dalam membuat berbagai sistem aplikasi dan proyek berbasis IoT (*Internet of Things*) [31]. Mikrokontroler ESP32



Gambar 3.3 Rangkaian Powermeter Mikrokontroler dan LCD

Power meter juga dilengkapi dengan layar lcd untuk menampilkan hasil dari pengukuran. Hasil yang diperoleh akan dikirim ke mikrokontroler untuk menjadi input data dan diproses untuk kemudian akan dikirim melalui *wifi* untuk di tampilkan pada aplikasi *App Inventor* yang dapat di akses menggunakan gawai. *Firebase* merupakan sebuah penyedia jasa untuk layanan *Wifi*. Pengguna jasa ini dapat mengupload data ke *server* dan disimpan sementara di dalam *database* yang telah mereka sediakan. Kemudian data yang telah disimpan tersebut dapat dikirimkan dan dilihat nilainya melalu aplikasi android yang telah terintegrasi dengan layanan *firebase*. Data tersebut dapat dibaca pada aplikasi android secara *realtime*. Pembuatan aplikasi android dapat dilakukan menggunakan software *App Inventor* atau melalui *firebase* [18]. Alat monitoring daya listrik terdiri dari mikrokontroler Node MCU, LCD OLED, *relay*, *battery shield*, sensor Powermeter, adaptor 5V, dan stop kontak. Sumber tegangan alat diperoleh dari baterai lithium ion 3,7V menggunakan *battery shield* yang memiliki output 5V. Nilai ukur yang telah dibaca oleh current transformator akan dikirimkan ke Powermeter dan ditampilkan melalui LCD OLED pada alat. Perangkat dapat menyala menggunakan baterai atau dihubungkan dengan aliran listrik AC apabila akan melakukan pengukuran nilai tegangan, arus dan daya listrik yang mengalir.

Secara detail Konsep Rancangan sistem monitoring kualitas daya dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Konsep Rancangan sistem monitoring kualitas daya

Dari Gambar 3.4 dapat dijelaskan bahwa proses pengukuran dilakukan dengan memasang *Current transformer* (CT) pada sumber listrik pada panel sumber utama. CT merupakan transformator arus yang bertujuan untuk mengkonversi arus primer yang memiliki nilai arus yang besar, biasanya kisaran puluhan hingga ribuan ampere, menjadi arus sekunder yang memiliki nilai rendah sebesar 1A atau 5A, tergantung dari aplikasi yang dibutuhkan. Nilai arus kemudian akan menjadi input pada *power meter*. Alat ini dilengkapi dengan sensor yang sensitif terhadap tegangan dan arus, dan dapat menampilkan informasi tentang daya listrik yang dihasilkan, termasuk daya aktif, daya reaktif, faktor daya, dan energi yang dikonsumsi. Beberapa alat juga dilengkapi dengan fitur tambahan, seperti pemantauan tegangan dan arus secara real-time, pengukuran harmonik, dan kemampuan untuk menyimpan data pengukuran untuk analisis lebih lanjut.

Pembacaan data nilai sensor dilakukan menggunakan menggunakan menggunakan *software* android studio atau kodular yang telah diintegrasikan dengan *firebase* agar dapat berkomunikasi dengan *server*. Tampilan antarmuka aplikasi dapat dilihat pada Gambar di atas . Pada aplikasi terdapat beberapa tampilan monitor seperti monitor tegangan, monitor arus, monitor daya, monitor energi, dan estimasi biaya pemakaian dalam bentuk rupiah. Pada monitor tegangan, arus, dan daya menggunakan indikator angka dan lingkaran sedangkan untuk monitor energi dan estimasi biaya hanya menggunakan indikator angka saja.

BAB 4

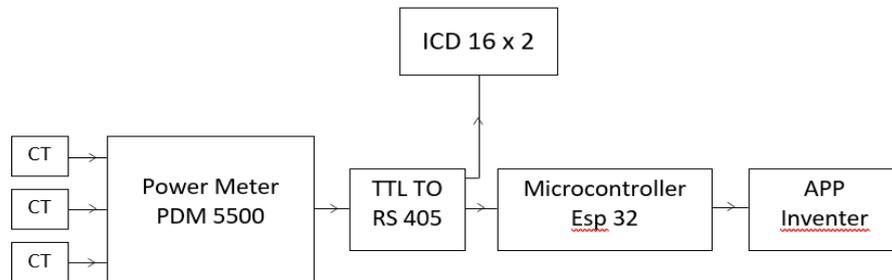
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengembangan

Pada tahapan ini penulis membuat sebuah sistem monitoring dengan menggunakan perancangan *hardware* dan *software*. Pengembangan sistem monitoring kualitas daya berbasis android ini menggunakan *Power Meter* ppm 5500 sebagai instrumen yang akan mengukur nilai arus, tegangan, frekuensi, daya, serta *Harmonic* yang selanjutnya akan ditampilkan di android. Pemasangan current transformer bertujuan untuk mengambil nilai arus yang terdapat pada panel listrik utama. Penggunaan 3 buah current transformer untuk mengukur nilai arus pada 3 phase listrik. Nilai tegangan listrik pada panel di ambil melalui pemasangan kabel listrik secara paralel dari panel tiap phasanya. Hasil pengukuran dari *current transformer* akan digunakan sebagai input data yang selanjutnya akan diproses oleh *Power Meter* ppm 5500. Setelah di olah di *Power Meter* ppm 5500, data akan dikirim melalui *converter* TTL to RS485 untuk kemudian akan dikirim ke lcd 16x2 dan juga akan dikirim ke mikrokontroler esp 32 untuk menjadi input data. Pada lcd 16x2 yang merupakan display sederhana akan ditampilkan informasi tentang data yang dihasilkan. Pada mikrokontroller esp32 merupakan bagian utama sebagai pusat kendali seluruh input dan output yang terhubung ke mikrokontroler.

Sistem *hardware* berfungsi sebagai otak sistem, mengolah data yang masuk yang kemudian dikirim sebagai output. Pada mikrokontroller esp32 ini sudah terdapat *wifi shield* sebagai jalur komunikasi ke jaringan internet. Data yang masuk kedalam mikrokontroller esp32 kemudian akan di olah, di proses untuk kemudian akan dikirim melalui jaringan internet berupa *firebase* untuk kemudian akan dikirim ke aplikasi *App Inventor*. Pada *App Inventor* kemudian akan didesain sebuah program yang dapat diakses melalui android. Data data yang diperoleh dari mikrokontroller esp32 kemudian akan dijadikan input data yang ditampilkan

pada *interface* dari *App Inventor* berupa angka dan grafis sederhana yang dapat dilihat melalui aplikasi *App Inventor* pada perangkat android. Blok sistem *monitoring* dapat dilihat pada Gambar 4.1



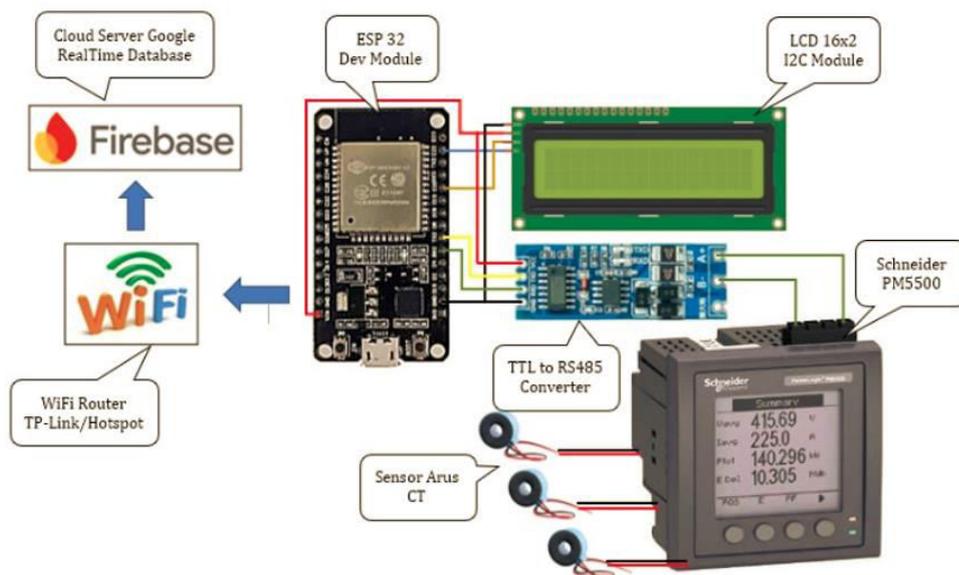
Gambar 4.1 Blok diagram sistem monitoring

4.1.1 Perancangan *Hardware*

Perancangan hardware dalam penelitian ini mencakup beberapa komponen utama, yaitu pemasangan current transformer, Power Meter PM 5500, converter TTL to RS485, LCD 16x2, mikrokontroler ESP32, serta koneksi antara mikrokontroler ESP32 dengan aplikasi *App Inventor* menggunakan *Firebase*. Pemasangan *current transformer* bertujuan untuk mengukur arus yang mengalir dalam sistem dan mengubahnya menjadi sinyal yang dapat diproses oleh *Power Meter* PM 5500. *Power Meter* PM 5500 berfungsi untuk mengukur parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, dan faktor daya, dan menerjemahkannya menjadi data digital yang dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut. Selanjutnya, *converter* TTL to RS485 digunakan untuk mengubah sinyal dari TTL (*Transistor-Transistor Logic*) ke RS485, yang memungkinkan komunikasi serial yang lebih tahan terhadap gangguan dan dapat dilakukan dalam jarak yang lebih jauh. LCD 16x2 digunakan sebagai antarmuka visual untuk menampilkan data pengukuran secara real-time, memberikan informasi yang langsung dapat diakses oleh pengguna.

Mikrokontroler ESP32 berperan sebagai pusat pengolahan data, menerima data dari *Power Meter* PM 5500 melalui *converter* TTL to RS485, dan

menampilkan data tersebut pada LCD 16x2. Selain itu, ESP32 juga bertugas mengirim data yang telah diolah ke aplikasi *App Inventor* melalui koneksi internet. Untuk menghubungkan ESP32 dengan *App Inventor*, *Firestore* digunakan sebagai platform perantara yang menyediakan layanan *database real-time*. Data yang dikirim dari ESP32 ke *Firestore* kemudian dapat diakses dan ditampilkan oleh aplikasi yang dikembangkan dengan *App Inventor*, memungkinkan pengguna untuk memonitor parameter listrik secara jarak jauh melalui perangkat *mobile*. Implementasi koneksi ini melibatkan pengaturan *Firestore* pada mikrokontroler ESP32 dengan menggunakan pustaka *Firestore* yang kompatibel. Data yang diukur dan diolah oleh ESP32 kemudian dikirim ke *Firestore* dalam format yang sesuai. Aplikasi *App Inventor* yang telah dikembangkan menggunakan komponen *Firestore* untuk membaca dan menampilkan data dari *database Firestore* secara *real-time*, memastikan pengguna mendapatkan informasi yang akurat dan up-to-date. Secara keseluruhan, perancangan *hardware* ini tidak hanya memungkinkan pengukuran dan monitoring parameter listrik yang akurat dan andal, tetapi juga menyediakan solusi yang fleksibel dan mudah diakses untuk pengguna melalui integrasi dengan aplikasi mobile berbasis *App Inventor*. Rancangan sistem Monitoring secara lengkap dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Gambar Rancangan Sistem Monitoring

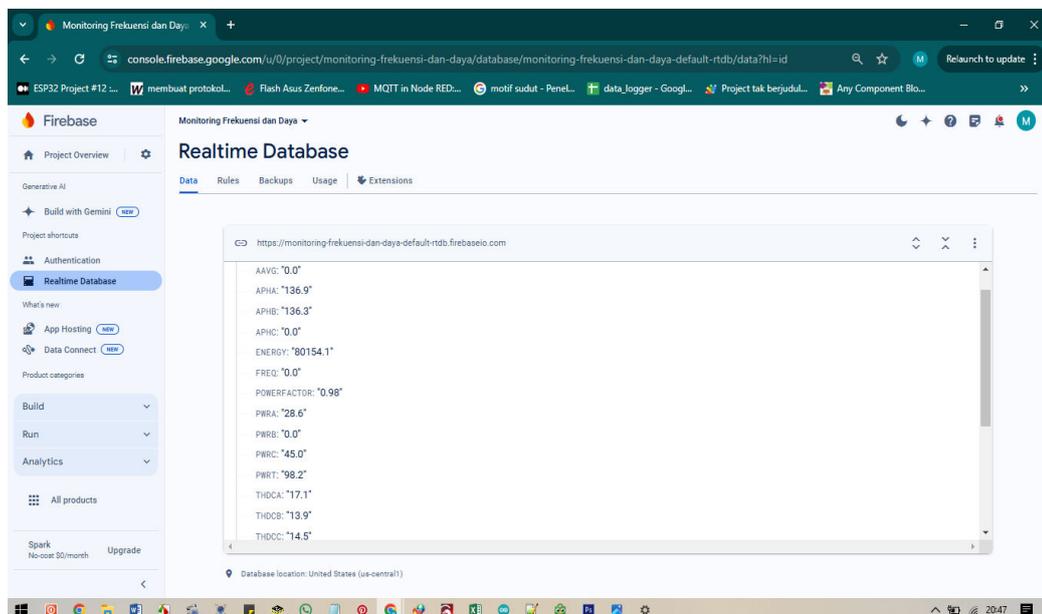
4.1.2 Perancangan *software*

Perancangan sistem *software* dalam penelitian ini meliputi dua tahap utama, yaitu desain tampilan dan pembuatan aplikasi Android, serta pengembangan sistem *software* pada mikrokontroler ESP32. Pembuatan aplikasi Android memanfaatkan *software App Inventor*, yang menyediakan antarmuka pengembangan berbasis blok untuk memudahkan pembuatan aplikasi. Gambar di bawah ini menunjukkan desain tampilan aplikasi Android untuk sistem monitoring kualitas daya. Desain ini mencakup tata letak layar utama, penggunaan warna, ikon, dan elemen grafis lainnya yang bertujuan untuk meningkatkan pengalaman pengguna dan memastikan kemudahan navigasi dalam memantau parameter listrik secara *real-time*. Setelah desain tampilan selesai, tahap berikutnya adalah pembuatan aplikasi Android menggunakan *App Inventor*. Dalam proses ini, komponen *Firebase* diintegrasikan untuk memungkinkan aplikasi menerima data secara *real-time* dari mikrokontroler ESP32. Setiap parameter listrik yang diukur dan dikirim oleh mikrokontroler akan ditampilkan pada antarmuka aplikasi, memberikan informasi yang akurat dan terkini kepada pengguna.

Perancangan sistem *software* pada mikrokontroler ESP32 dimulai dengan inisialisasi komunikasi serial. Komunikasi serial ini memungkinkan mikrokontroler ESP32 berinteraksi dengan komputer untuk proses pengecekan program dan validasi algoritma melalui serial monitor. Langkah berikutnya adalah inisialisasi waktu menggunakan *library EzTime*, yang memungkinkan mikrokontroler membaca waktu dari internet. Dengan demikian, alat ini akan secara otomatis menyesuaikan waktu ketika terkoneksi dengan internet, meskipun dipindahkan ke lokasi yang berbeda. Untuk memastikan mikrokontroler ESP32 dapat bekerja secara online, diperlukan koneksi ke akses point terdekat dengan menyesuaikan SSID dan password dari akses point tersebut. Setelah itu, inisialisasi *database* dilakukan untuk menampung variabel data yang dihasilkan oleh *Power Meter PM 5500*. *Database* yang digunakan adalah *Firebase Realtime*

Database milik *Google*, yang menyediakan penyimpanan *cloud* sehingga data dapat diakses dari mana saja selama terkoneksi dengan internet.

Proses pengaturan *Firebase* dimulai dengan mengakses website *firebase.google.com* dan mengikuti petunjuk yang diberikan oleh sistem untuk mengatur *database*. Untuk mengakses *database* tersebut, digunakan alamat URL dan pengaturan *database* yang ditempatkan dalam *software* mikrokontroler ESP32. Sebelum digunakan, *database* didesain terlebih dahulu dengan TAG (*variabel database*) untuk setiap parameter yang akan diterima dari *Power Meter* PM 5500, seperti arus, tegangan, *power factor*, harmonik, dan frekuensi. Secara keseluruhan, perancangan sistem *software* ini memastikan integrasi yang mulus antara perangkat keras dan perangkat lunak, menyediakan solusi monitoring kualitas daya yang akurat, andal, dan mudah diakses melalui aplikasi Android berbasis *App Inventor*. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pemantauan tetapi juga memberikan fleksibilitas bagi pengguna untuk mengakses informasi penting kapan saja dan di mana saja, berkat penggunaan *Firebase Realtime Database* yang memungkinkan akses data secara *real-time* dari *cloud*. Tampilan aplikasi *realtime database firebase* dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Tampilan aplikasi realtime database Firebase

Hasil pembacaan dari *Power Meter* PM 5500 yang dapat dilihat pada tabel 4.2, selanjutnya akan dikirim ke mikrokontroler ESP32. Data yang dibaca tersebut meliputi nilai tegangan, arus, daya, *power factor*, frekuensi, dan harmonik. *Mikrokontroler* ESP32 kemudian memproses data ini dan mengirimkannya ke *Firestore* untuk disimpan dalam bentuk data terstruktur. *Firestore Realtime Database* berfungsi sebagai penyimpanan data *cloud* yang memungkinkan akses data secara real-time dari berbagai perangkat yang terhubung dengan internet. Data yang tersimpan dalam *Firestore* ini kemudian dapat diekspor ke dalam format data Excel dan disimpan di *iCloud* untuk memastikan aksesibilitas dan kemudahan analisis lebih lanjut. Penyimpanan data dalam bentuk *Excel* memungkinkan pengguna untuk melakukan analisis lebih mendalam menggunakan perangkat lunak *spreadsheet*, serta memfasilitasi penyimpanan data dalam jangka panjang dan kemudahan distribusi data kepada pihak-pihak yang berkepentingan. *Integrasi* dengan *iCloud* memastikan bahwa data ini dapat diakses kapan saja dan di mana saja, memberikan fleksibilitas bagi pengguna dalam memantau dan menganalisis parameter listrik yang diukur. Hasil pembacaan pada *Power Meter* ppm 5500 disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pembacaan Pada *Power Meter* ppm 5500

Tanggal	Waktu	VAB (Volt)	VBC (Volt)	VCA (Volt)	VAVG (Volt)	APHA (A)	APHB (A)	APHC (A)	AAVG (A)	VUnB (%)	VUnC (%)	VUnA (%)	PWRA (Watt)	PWRB (Watt)	PWRC (Watt)	PWRT (Watt)	FREQ (Hz)	ENERGY (KWh)	PF	THDC A (%)	THDC B (%)	THDC C (%)	THDV AB (%)	THDV BC (%)	THDV CA (%)
28/05/2024	11:53:35	398.0	398.8	392.4	396.4	244.7	181.0	250.8	226.1	0.4	0.6	1.0	55.5	41.7	57.1	153.9	50.1	47151.9	0.99	5.8	6.0	7.6	1.6	1.6	1.6
28/05/2024	11:53:45	398.0	398.8	392.4	396.4	244.7	181.0	250.8	226.1	0.4	0.6	1.0	55.5	41.7	57.1	153.9	50.1	47151.9	0.99	5.8	6.0	7.6	1.6	1.6	1.6
28/05/2024	11:53:48	398.0	398.8	392.4	396.4	244.7	181.0	250.8	226.1	0.4	0.6	1.0	55.5	41.7	57.1	153.9	50.1	47151.9	0.99	5.8	6.0	7.6	1.6	1.6	1.6
28/05/2024	11:54:02	398.0	398.8	392.4	396.4	244.7	181.0	250.8	226.1	0.4	0.6	1.0	55.5	41.7	57.1	153.9	50.1	47151.9	0.99	5.8	6.0	7.6	1.6	1.6	1.6
28/05/2024	11:57:04	398.0	399.1	392.4	396.4	244.7	181.0	250.8	226.1	0.4	0.6	1.0	55.5	41.7	57.1	153.9	50.1	47151.9	0.99	5.8	6.0	7.6	1.6	1.6	1.6
28/05/2024	11:57:12	398.0	399.1	392.4	396.4	244.7	181.0	250.8	226.1	0.4	0.6	1.0	55.5	41.7	57.1	153.9	50.1	47151.9	0.99	5.8	6.0	7.6	1.6	1.6	1.6
28/05/2024	15:29:32	394.0	394.8	388.8	392.3	222.3	218.6	237.2	222.2	0.5	0.7	1.0	58.1	41.0	50.9	168.5	50.0	47485.5	0.99	5.3	6.1	7.5	1.5	1.5	1.5
28/05/2024	15:29:46	394.0	394.8	388.8	392.3	222.3	218.6	237.2	222.2	0.5	0.7	1.0	58.1	41.0	50.9	168.5	50.0	47485.5	0.99	5.3	6.1	7.5	1.5	1.5	1.5
28/05/2024	15:30:01	394.0	394.8	388.8	392.3	222.3	218.6	237.2	222.2	0.5	0.7	1.0	58.1	41.0	50.9	168.5	50.0	47485.5	0.99	5.3	6.1	7.5	1.5	1.5	1.5
29/05/2024	23:11:13	405.0	394.8	397.5	401.1	138.6	218.6	185.2	174.9	0.5	0.4	1.1	58.1	39.9	49.2	168.5	50.1	47485.5	0.99	19.8	6.1	8.9	2.1	1.5	2.1
29/05/2024	23:11:29	405.0	394.8	397.5	401.1	138.6	218.6	185.2	174.9	0.5	0.4	1.1	58.1	39.9	49.2	168.5	50.1	47485.5	0.99	19.8	6.1	8.9	2.1	1.5	2.1
29/05/2024	23:11:53	405.0	394.8	397.5	401.1	138.6	218.6	185.2	174.9	0.5	0.4	1.1	58.1	39.9	49.2	168.5	50.1	47485.5	0.99	19.8	6.1	8.9	2.1	1.5	2.1
29/05/2024	23:12:06	405.0	394.8	397.5	401.1	138.6	218.6	185.2	174.9	0.5	0.4	1.1	58.1	39.9	49.2	168.5	50.1	47485.5	0.99	19.8	6.1	8.9	2.1	1.5	2.1
30/05/2024	00:03:16	407.2	394.8	401.8	405.9	123.4	218.6	179.0	152.9	0.5	0.4	1.0	58.1	34.3	42.7	168.5	50.2	47485.5	1.00	18.5	6.1	9.4	2.1	1.5	2.1
30/05/2024	00:03:29	407.2	394.8	401.8	405.9	123.4	218.6	179.0	152.9	0.5	0.4	1.0	58.1	34.3	42.7	168.5	50.2	47485.5	1.00	18.5	6.1	9.4	2.1	1.5	2.1
30/05/2024	00:03:42	407.2	394.8	401.8	405.9	123.4	218.6	179.0	152.9	0.5	0.4	1.0	58.1	34.3	42.7	168.5	50.2	47485.5	1.00	18.5	6.1	9.4	2.1	1.5	2.1
30/05/2024	00:03:55	407.2	394.8	401.8	405.9	123.4	218.6	179.0	152.9	0.5	0.4	1.0	58.1	34.3	42.7	168.5	50.2	47485.5	1.00	18.5	6.1	9.4	2.1	1.5	2.1
30/05/2024	09:00:09	401.4	394.8	398.1	398.3	175.5	218.6	189.1	154.3	0.5	0.6	0.9	58.1	29.1	40.3	168.5	50.1	47485.5	0.99	9.3	6.1	8.6	2.1	1.5	2.1
30/05/2024	09:00:23	401.4	394.8	398.1	398.3	175.5	218.6	189.1	154.3	0.5	0.6	0.9	58.1	29.1	40.3	168.5	50.1	47485.5	0.99	9.3	6.1	8.6	2.1	1.5	2.1
30/05/2024	09:00:53	401.4	394.8	398.1	398.3	175.5	218.6	189.1	154.3	0.5	0.6	0.9	58.1	29.1	40.3	168.5	50.1	47485.5	0.99	9.3	6.1	8.6	2.1	1.5	2.1
30/05/2024	09:01:06	401.4	394.8	398.1	398.3	175.5	218.6	189.1	154.3	0.5	0.6	0.9	58.1	29.1	40.3	168.5	50.1	47485.5	0.99	9.3	6.1	8.6	2.1	1.5	2.1
31/05/2024	01:45:08	410.4	394.8	403.1	407.1	106.1	218.6	170.0	151.9	0.5	0.3	1.0	58.1	36.7	39.3	168.5	50.0	47485.5	0.99	18.1	6.1	9.6	1.8	1.5	1.9
31/05/2024	01:45:27	410.4	394.8	403.1	407.1	106.1	218.6	170.0	151.9	0.5	0.3	1.0	58.1	36.7	39.3	168.5	50.0	47485.5	0.99	18.1	6.1	9.6	1.8	1.5	1.9
31/05/2024	01:45:48	410.4	394.8	403.1	407.1	106.1	218.6	170.0	151.9	0.5	0.3	1.0	58.1	36.7	39.3	168.5	50.0	47485.5	0.99	18.1	6.1	9.6	1.8	1.5	1.9
31/05/2024	01:46:16	410.4	394.8	403.1	407.1	106.1	218.6	170.0	151.9	0.5	0.3	1.0	58.1	36.7	39.3	168.5	50.0	47485.5	0.99	18.1	6.1	9.6	1.8	1.5	1.9
03/06/2024	13:24:59	395.3	395.6	391.0	394.1	198.2	133.7	186.0	172.7	0.3	0.4	0.8	44.9	30.6	41.9	117.3	50.0	62606.2	1.00	6.6	7.1	7.7	1.6	1.8	1.7
03/06/2024	13:25:12	395.3	395.6	391.0	394.1	198.2	133.7	186.0	172.7	0.3	0.4	0.8	44.9	30.6	41.9	117.3	50.0	62606.2	1.00	6.6	7.1	7.7	1.6	1.8	1.7

Dari tabel 4.1 di atas dapat diartikan ;

Vab	: Nilai Tegangan Pada Fasa A dan B
Vbc	: Nilai Tegangan Pada Fasa B dan C
Vca	: Nilai Tegangan Pada Fasa C dan A
Vavg	: Nilai Tegangan rata-rata
Apha	: Nilai Arus pada Fasa A
Aphb	: Nilai Arus pada Fasa B
Aphc	: Nilai Arus pada Fasa C
Aavg	: Nilai Arus Rata-rata
Vunab	: <i>Unbalance</i> tegangan pada fase A dan B
Vunbc	: <i>Unbalance</i> tegangan pada fase B dan C
Vunca	: <i>Unbalance</i> tegangan pada fase C dan A
Pwra	: Nilai Daya Pada Fase A
Pwrb	: Nilai Daya Pada Fase B
Pwrc	: Nilai Daya Pada Fase C
PwrT	: Nilai Daya Total
Freq	: Nilai Frekuensi
Energy	: Nilai Energi
Pf	: Nilai Power Faktor
Thd ca	: Nilai Total <i>Harmonic</i> pada Arus di Fase A
Thd cb	: Nilai Total <i>Harmonic</i> pada Arus di Fase B
Thd cc	: Nilai Total <i>Harmonic</i> pada Arus di Fase C
Thd Vab	: Nilai Total <i>Harmonic</i> pada Tegangan di Fase A dan B
Thd Vbc	: Nilai Total <i>Harmonic</i> pada Tegangan di Fase B dan C
Thd Vca	: Nilai Total <i>Harmonic</i> pada Tegangan di Fase C dan A

Aplikasi tatap muka menggunakan *AppInventor* yang menurut penulis merupakan pilihan yang tepat sebagai *platform* untuk merancang antarmuka aplikasi karena kemudahan penggunaannya dan fleksibilitas yang ditawarkan. *AppInventor* memungkinkan pengguna termasuk pemula yang tidak memiliki latar belakang pemrograman untuk membuat aplikasi interaktif melalui pemrograman visual berbasis blok. Hal ini dapat mempercepat proses pengembangan aplikasi dan mengurangi kompleksitas yang biasanya terkait dengan pemrograman. Selain itu *AppInventor* mendukung berbagai fitur perangkat keras ponsel seperti sensor, GPS, dan kamera, yang memungkinkan pengembangan aplikasi yang kaya fitur dan responsif. Dengan berbagai alat dan komponen yang tersedia, *AppInventor* menjadi solusi ideal untuk *prototyping* cepat dan pengujian antarmuka pengguna dalam proyek-proyek akademis dan komersial. Hasil desain dari *icon* atau logo dari rancangan aplikasi dapat dilihat pada Gambar 4.5, sedangkan tampilan

lengkap dari keseluruhan aplikasi yang menunjukkan hasil pembacaan meliputi nilai tegangan, arus, Power, ketidakseimbangan tegangan, dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.5 Tampilan Icon sistem monitoring

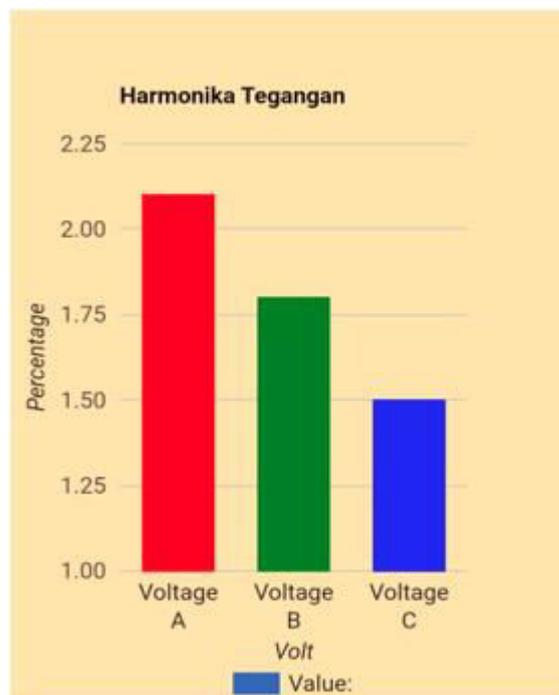
Power Monitoring Schneider PM5500

Voltage		Current		Power	
VAB	403.1 V	I-A	124.8 A	PWRA	44.9 W
VBC	395.6 V	I-B	133.7 A	PWRB	34.7 W
VCA	393.3 V	I-C	234.3 A	PWRC	33.1 W
VAV G	401 V	I-AVG	189.2 A	PWRT ot	117.7 W

UNBALANCE		Energy Consumption	
VUnA B	0.3 Volt	62606.2 KWh	
VUnB C	0.5 Volt	== CRITERIA ==	
VUnC A	0.8 Volt		
Frequency	50.1 Hz		
Power Factor	0.98 %		

Gambar 4.6 Tampilan *Power Meter* monitoring

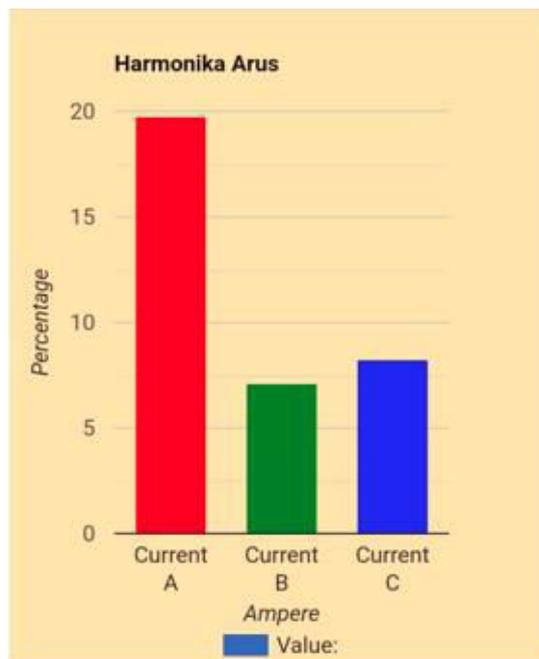
Pada Gambar 4.6 merupakan tampilan dari aplikasi yang ditunjukkan pada layar android yang digunakan pada tampilan layar setelah membuka tombol icon seperti pada Gambar 4.5. Pada tampilan layar ditunjukkan parameter-parameter hasil pengukuran yang *real time*. Hasil yang ditunjukkan pada layar android meliputi Nilai tegangan V_{ab} , V_{bc} , V_{ca} , V_{avg} . Untuk Nilai Arus ditunjukkan pada kotak berwarna biru tosca meliputi nilai I_a , I_b , I_c , I_{avg} . Untuk nilai Power ditunjukkan pada kotak warna hijau meliputi P_{wrA} , P_{wrB} , P_{wrC} dan P_{wrTot} . Nilai ketidakseimbangan tegangan meliputi V_{unA} , V_{unB} , V_{unC} . Selanjutnya ditampilkan juga nilai frekuensi, Nilai *Power factor* dan konsumsi energi



Gambar 4.7 Tampilan harmonik Tegangan pada *Power Meter* monitoring

Pada Gambar 4.7 menampilkan nilai pada parameter Harmonik tegangan yang meliputi *harmonic* pada V_a , V_b , dan V_c . Dari tabel 4.7 dapat dilihat bahwa nilai *harmonic* pada tegangan A senilai 2,20%. Nilai Harmonik pada tegangan B senilai 1,8%. Sedangkan nilai harmonik pada tegangan C bernilai 1,5%. Dalam konteks teknik listrik, nilai harmonik tegangan sebesar 2,2% menunjukkan bahwa distorsi harmonik total (*Total Harmonic Distortion* atau THD) dalam sinyal

tegangan mencapai 2,2%. Ini berarti bahwa komponen harmonik, yang merupakan sinyal pada frekuensi kelipatan dari frekuensi dasar, berkontribusi sebesar 2,2% terhadap total nilai tegangan yang diukur. Pada tegangan B terjadi harmonik 1,8% yang dapat diartikan bahwa distorsi harmonik total (*Total Harmonic Distortion* atau THD) dalam sinyal tegangan B mencapai 1,8 yang merupakan sinyal pada frekuensi kelipatan dari frekuensi dasar dan berkontribusi sebesar 1,8% terhadap total nilai tegangan yang diukur. Tegangan C terjadi harmonik 1,5% yang menunjukkan distorsi harmonik total (*Total Harmonic Distortion* atau THD) tegangan C mencapai 1,5% yang merupakan sinyal pada frekuensi kelipatan dari frekuensi dasar serta berkontribusi sebesar 1,5% terhadap total nilai tegangan yang diukur.



Gambar 4.8 Tampilan harmonik arus pada *Power Meter* monitoring

Pada tabel 4.8 dapat dilihat nilai parameter Harmonik pada arus A, B dan C hasil dari pengukuran *real time*. Dari hasil penunjukkan dapat dilihat nilai *harmonic* pada Ia adalah 19%, nilai *harmonic* pada Ib senilai 7% serta nilai *harmonic* Ic 8%. Nilai harmonik arus A sebesar 19% menunjukkan bahwa terdapat distorsi harmonik total (*Total Harmonic Distortion* atau THD) sebesar

19% dalam sinyal arus yang diukur. Hal ini menunjukkan kontribusi dari komponen harmonik, yaitu komponen sinyal pada frekuensi kelipatan dari frekuensi dasar, terhadap total nilai arus keseluruhan menyumbang 19%. Pada pengukuran Ib diperoleh hasil 7%. Nilai harmonik arus sebesar 7% dalam menunjukkan bahwa terdapat distorsi harmonik total (*Total Harmonic Distortion* atau THD) yang signifikan dalam sinyal arus yang diukur. Secara spesifik, THD sebesar 7% mengindikasikan bahwa total kontribusi dari semua komponen harmonik menyumbang 7% terhadap nilai arus keseluruhan. Sedangkan pada Ic diperoleh hasil harmonik sebesar 8% yang dapat di artikan terjadi harmonik arus sebesar 8% dalam menunjukkan bahwa terdapat distorsi harmonik total (*Total Harmonic Distortion* atau THD) yang signifikan dalam sinyal arus yang diukur. THD sebesar 8% mengindikasikan bahwa total kontribusi dari semua komponen harmonik menyumbang 8% terhadap nilai arus keseluruhan. Distorsi harmonik ini terjadi karena adanya komponen harmonik, yaitu sinyal pada frekuensi yang merupakan kelipatan dari frekuensi dasar.

4.2. Pembahasan Hasil Pengembangan

Pada bagian ini dibahas mengenai data hasil dari pengujian sistem monitoring kualitas daya berbasis android.

4.2.1 Pengujian Tegangan

Pengujian tegangan pada alat dibagi menjadi beberapa bagian untuk mengetahui nilai tegangan kerja pada titik uji. Bagian ini terdiri dari pengujian tegangan catu daya utama, tegangan *Power Meter* ppm 5500, tegangan *converter* TL to RS485 dan Tegangan mikrokontroler esp82. Tujuan pengujian tegangan input suatu alat ukur yang akan digunakan adalah untuk memastikan bahwa alat tersebut berfungsi dengan akurasi dan keandalan yang tinggi dalam rentang tegangan operasional yang ditentukan. Pengujian ini bertujuan untuk

memverifikasi bahwa alat ukur memberikan hasil yang akurat dan konsisten, serta mampu mengatasi variasi tegangan tanpa kehilangan performa. Selain itu, pengujian ini bertujuan untuk menentukan batas rentang operasional alat, memastikan keamanan penggunaan, dan mengidentifikasi potensi perbaikan dalam desain dan kualitas produk. Dengan melakukan pengujian tegangan input, diharapkan alat ukur dapat beroperasi dengan optimal dalam aplikasi yang diinginkan, memberikan keandalan dan keselamatan bagi pengguna, serta memenuhi standar kualitas yang diharapkan. Hasil pengujian tegangan dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Tegangan

No	Jenis Tegangan	Nilai Tegangan
1	Tegangan Input Konverter 220 Vac ke 5 Vdc	217 Vac
2	Tegangan Output Konverter 220 Vac ke 5 Vdc	5,14 Vdc
3	Tegangan Input RS 485	11,5 Vdc
4	Tegangan Input Mikrokontroler esp32	3,3 Vdc
5	Tegangan Input <i>Power Meter</i> pm 5500	50 Vdc

Dari hasil pengukuran yang dapat dilihat pada Tabel 4.2 diperoleh nilai tegangan input Konverter 217 Vac, nilai tegangan output Konverter 5,14 Vdc, tegangan input RS 485 bernilai 11,5 Vdc, nilai tegangan input Mikrokontroler esp32 bernilai 3,3 Vdc dan nilai tagangan Input *Power Meter* pm 5500 bernilai 50 Vdc. Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa nilai pengujian tegangan berada dalam ambang batas akurasi dan keandalan yang tinggi dalam rentang tegangan operasional yang ditentukan.

4.2.2 Pengujian Monitoring Parameter Tegangan Pada *Power Meter* dan *App Inventor*

Dari pengambilan data maka dapat dilihat dari nilai *register* Tegangan yang sudah dikirim ke *Power Meter* ppm 5500 berhasil dan mendapatkan hasil yang *realtime* sesuai dengan nilai yang tertampil pada layar monitor *Power Meter* ppm 5500. Dari Tabel 4.3 ditunjukkan bahwa hasil nilai *register* parameter tegangan R, S dan T sudah sesuai dengan nomor register yang di alamatkan.

Tabel 4.3 Nilai Register Tegangan

No	Parameter	No register
1	Tegangan R	3059 – 3060
2	Tegangan S	3061 – 3062
3	Tegangan T	3063 – 3064

Dari pengambilan data di peroleh melalui pengukuran yang kemudian diolah dan dibaca oleh *Power Meter* ppm 5500 seperti pada Tabel 4.3 didapatkan hasil yang dapat ditampilkan secara *realtime* pada layar monitor *Power Meter* ppm 5500. Tampilan Parameter tegangan pada *Powermeter* dapat dilihat pada Gambar 4.9



Gambar 4.9 Tampilan Parameter Tegangan pada *Power Meter*

Dari Gambar 4.9 tampilan dari *Power Meter* ppm 5500 yang menunjukkan nilai parameter *Voltage Fasa to Fasa* dan nilai parameter *Fasa to Netral*. Dari Gambar dijadikan acuan untuk nilai yang keluar pada aplikasi *App Inventor*, sehingga nilai yang keluar pada aplikasi *App Inventor* sudah merupakan nilai yang *valid* dan bisa dijadikan untuk sistem monitoring. Tampilan nilai tegangan pada aplikasi *App Inventor* dapat dilihat pada Gambar 4.10.

Voltage		
VAB	403.1	V
VBC	395.6	V
VCA	393.3	V
VAV G	401	V

Gambar 4.10 Tampilan nilai tegangan pada aplikasi *App Inventor*

Nilai tegangan yang tertampil pada monitor *power meter* ppm 5500 sudah sama dengan nilai tegangan yang tertampil pada monitoring *Power Meter App Inventor* di layar android seperti disajikan pada Gambar 4.10 maka dapat diartikan bahwa pengamatan nilai tegangan sudah berjalan dengan baik. *Converter* RS485 telah mengirim nilai pada mikrokontroller esp 32 dengan baik. Jika pada serial sudah tertampil nilai parameter, maka bisa diartikan pengamatan nilai tegangan pada *Power Meter* PM 5500 sudah berjalan dengan baik. Platform ESP32 dapat mengirim alamat data register dan modbusRS485 dapat menerima sehingga *Power Meter* PM 5500 bisa mengirim kembali nilai dari data register yang dikirim oleh platform ESP32.

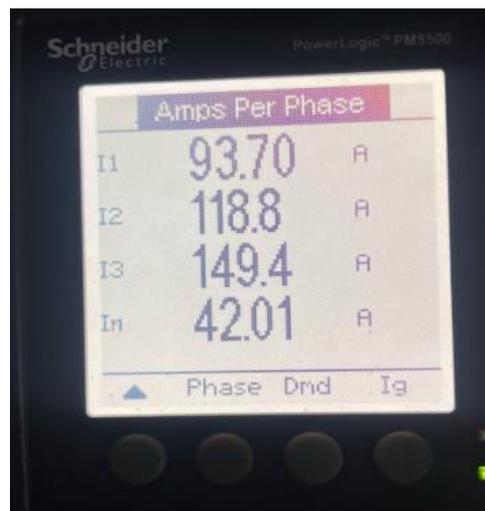
4.2.3 Pengujian Monitoring Parameter Arus Pada *Power Meter* dan *App Inventor*

Dari pengambilan data maka dapat dilihat dari nilai register Arus yang sudah dikirim ke *Power Meter* PM 5500 berhasil dan mendapatkan hasil yang *realtime* sesuai dengan nilai yang tertampil pada layar monitor *Power Meter* PM 5500. Tabel 4.4 menunjukkan bahwa Nomor register Arus R,S dan T sudah sesuai dengan nomor *register* yang dialamatkan. Nilai register arus dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Nilai Register Arus

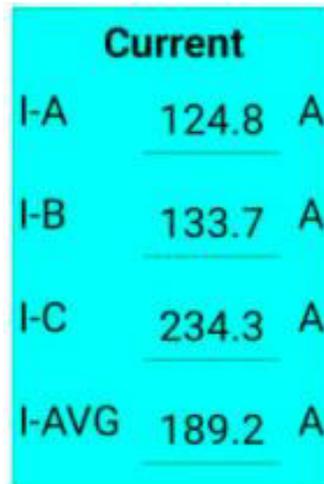
No	Parameter	No register
1	Arus R	3065 – 3066
2	Arus S	3067 – 3068
3	Arus T	3069 – 3070

Dari pengambilan data yang di peroleh melalui *current transformer* yang kemudian diolah dan dibaca oleh *Power Meter* PM 5500 didapatkan hasil yang dapat ditampilkan secara *realtime* pada layar monitor *Power Meter* PM 5500 seperti yang dapat dilihat pada Gambar.4.11.



Gambar 4.11 Tampilan arus pada *Power Meter* PM 5500

Pada Gambar 4.11 dapat dilihat tampilan dari *Power meter* PM 5500 yang menunjukkan nilai parameter arus R, S, dan T seperti disajikan pada Tabel 4.4. Dari Gambar 4.12 dijadikan acuan untuk nilai yang keluar pada aplikasi *App Inventor*, sehingga nilai yang keluar pada aplikasi *App Inventor* sudah merupakan nilai yang *valid* dan bisa dijadikan untuk sistem monitoring



Current		
I-A	124.8	A
I-B	133.7	A
I-C	234.3	A
I-AVG	189.2	A

Gambar 4.12 Tampilan nilai arus pada aplikasi *App Inventor*

Nilai arus yang tertampil pada monitor *Power Meter* PM 5500 sudah sama dengan nilai arus yang tertampil pada monitoring *Power Meter App Inventor* di layar android maka dapat diartikan bahwa pengamatan nilai arus sudah berjalan dengan baik. *Converter* RS485 telah mengirim nilai pada mikrokontroler esp 32 dengan baik.

4.2.4 Pengujian Monitoring Parameter Daya Pada *Power Meter* dan *App Inventor*

Dari pengambilan data maka dapat dilihat dari nilai register Daya yang sudah dikirim ke *Power Meter* PM 5500 berhasil dan mendapatkan hasil yang realtime sesuai dengan nilai yang tertampil pada layar monitor *Power Meter* ppm 5500. Pada Tabel 4.5 menunjukkan bahwa nilai register parameter Daya R, S dan T sudah sesuai dengan register yang dialamatkan.

Tabel 4.5 Nilai Register Daya

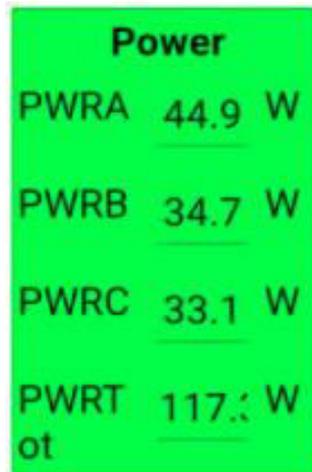
No	Parameter	No register
1	Daya R	3071 – 3072
2	Daya S	3073 – 3074
3	Daya T	3075 – 3076

Dari pengambilan data yang di peroleh melalui pengukuran yang kemudian diolah dan dibaca oleh *Power Meter* ppm 5500 seperti yang disajikan pada Tabel 4.5 didapatkan hasil yang dapat ditampilkan secara *realtime* pada layar monitor *Power Meter* ppm 5500 seperti pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Tampilan Parameter daya pada *Power Meter*

Pada Gambar 4.13 merupakan tampilan dari *Power Meter* ppm 5500 yang menunjukkan nilai parameter Daya R, S, dan T seperti pada Tabel 4.5. Dari Gambar dijadikan acuan untuk nilai Data yang keluar pada aplikasi *App Inventor*, sehingga nilai yang keluar pada aplikasi *App Inventor* sudah merupakan nilai yang *valid* dan bisa dijadikan untuk sistem monitoring.



Power	
PWRA	44.9 W
PWRB	34.7 W
PWRC	33.1 W
PWRT	117.1 W

Gambar 4.14 Tampilan Parameter daya pada Aplikasi *App Inventor*

Dari gambar 4.14 dapat dilihat bahwa nilai daya yang tertampil pada monitor *Power Meter* ppm 5500 sudah sama dengan nilai Daya yang tertampil pada monitoring *Power Meter App Inventor* di layar android maka dapat diartikan bahwa pengamatan nilai Daya sudah berjalan dengan baik. *Converter RS485* telah mengirim nilai pada mikrokontroler esp 32 dengan baik.

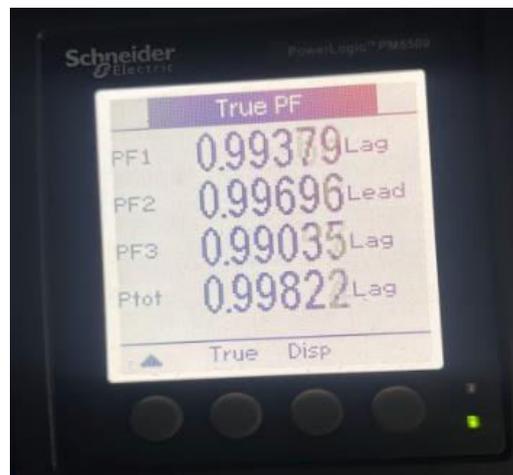
4.2.5 Pengujian Monitoring Parameter Power Faktor Pada *Power Meter* dan *App Inventor*

Dari pengambilan data maka dapat dilihat dari nilai register Power Faktor yang sudah dikirim ke *Power Meter* ppm 5500 berhasil dan mendapatkan hasil yang *realtime* sesuai dengan nilai yang tertampil pada layar monitor *Power Meter* ppm 5500. Pada Tabel 4.6 menunjukkan bahwa nilai *Register Power factor* R, S dan T sudah sesuai dengan yang dialamatkan.

Tabel 4.6 Nilai Register *power factor*

No	Parameter	No register
1	Power Faktor R	3077 – 3078
2	Power Faktor S	3079 – 3080
3	Power Faktor T	3081 - 3083

Dari pengambilan data yang di peroleh melalui pengukuran yang kemudian diolah dan dibaca oleh *Power Meter* ppm 5500 seperti yang disajikan pada Gambar 4.15 didapatkan hasil yang dapat ditampilkan secara *realtime* pada layar monitor *Power Meter* ppm 5500.



Gambar 4.15 Tampilan Power Faktor pada *Power Meter* ppm 5500

Pada Gambar 4.15 dapat dilihat tampilan dari *Power Meter* ppm 5500 yang menunjukkan nilai parameter *Power Faktor* R, S, dan T seperti pada Tabel 4.6. Dari Gambar 4.15 dijadikan acuan untuk nilai yang keluar pada aplikasi *App Inventor*, sehingga nilai yang keluar pada aplikasi *App Inventor* sudah merupakan nilai yang valid dan bisa dijadikan untuk sistem monitoring seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.16.

UNBALANCE		
VUnA	0.3	Volt
B		
VUnB	0.5	Volt
C		
VUnC	0.8	Volt
A		
Frequency	50.1	Hz
Power Factor	0.98	%

Gambar 4.16 Tampilan nilai Power factor pada aplikasi *App Inventor*

Nilai *Power Faktor* yang tertampil pada monitor *Power Meter* ppm 5500 sudah sama dengan nilai *Power faktor* yang tertampil pada monitoring *Power Meter App Inventor* di layar android maka dapat diartikan bahwa pengamatan nilai *Power Faktor* sudah berjalan dengan baik. *Converter RS485* telah mengirim nilai pada mikrokontroler esp 32 dengan baik.

4.2.6 Pengujian Monitoring Parameter Harmonik Tegangan dan *Harmonic Arus* Pada *Power Meter* dan *App Inventor*

Dari pengambilan data maka dapat dilihat dari nilai register harmonik yang sudah dikirim ke *Power Meter* ppm 5500 berhasil dan mendapatkan hasil yang *realtime* sesuai dengan nilai yang tertampil pada layar monitor *Power Meter* ppm 5500. Pada Tabel 4.7 menunjukkan bahwa nilai *register* Harmonik R, S dan T sudah sesuai dengan register yang dialamatkan.

Tabel 4.7 Nilai *Register* Harmonik

No	Parameter	No register
1	Harmonik R	3084 – 3085
2	Harmonik S	3086 – 3087
3	Harmonik T	3088 - 3089

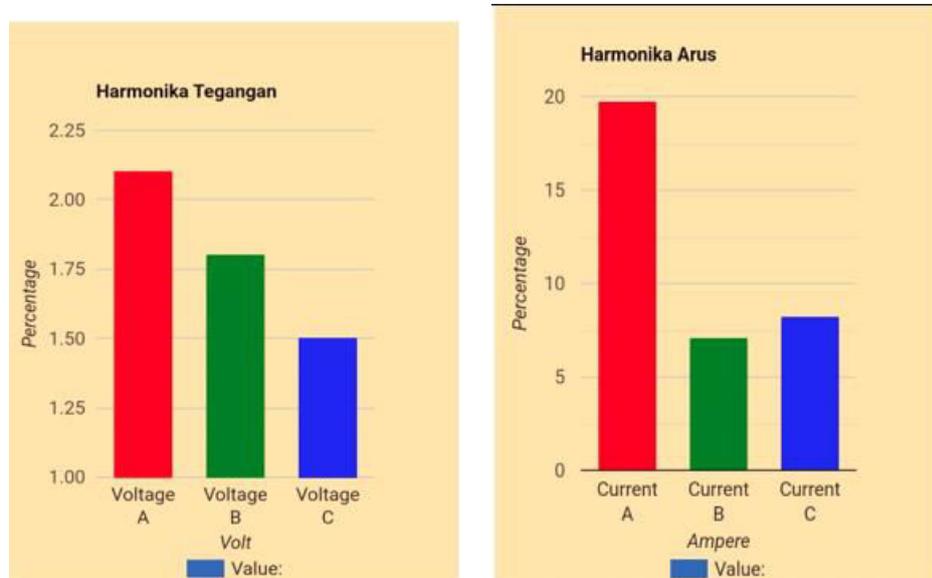
Dari pengambilan data yang di peroleh melalui pengukuran yang kemudian diolah dan dibaca oleh *Power Meter* ppm 5500 seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.17 didapatkan hasil yang dapat ditampilkan secara *realtime* pada layar monitor *Power Meter* ppm 5500.



Gambar 4.17 Tampilan Harmonik tegangan dan Harmonik Arus pada *Power Meter* ppm 5500

Pada Gambar 4.17 merupakan tampilan dari *Power Meter* ppm 5500 yang menunjukkan nilai parameter Harmonik tegangan dan Harmonik Arus R, S, dan T seperti pada Tabel 4.7 Dari Gambar 4.17 dijadikan acuan untuk nilai Harmonik tegangan dan Harmonik Arus yang keluar pada aplikasi *App Inventor* yang dapat dilihat pada gambar 4.18, sehingga nilai yang keluar pada aplikasi *App Inventor*

sudah merupakan nilai Harmonik tegangan dan Harmonik Arus yang valid dan bisa dijadikan untuk sistem monitoring.



Gambar 4.18 Tampilan Harmonik tegangan dan Harmonik Arus pada Aplikasi *App Inventor*

Dari Gambar 4.18 dapat dilihat nilai Harmonik tegangan dan Harmonik Arus yang tertampil pada monitor *Power Meter* ppm 5500 sudah sama dengan nilai Harmonik tegangan dan Harmonik Arus yang tertampil pada monitoring *Power Meter App Inventor* di layar android maka dapat diartikan bahwa pengamatan nilai Harmonik tegangan dan Harmonik Arus sudah berjalan dengan baik. *Converter* RS485 telah mengirim nilai pada mikrokontroler esp 32 dengan baik.

4.2.7 Pengujian Monitoring Parameter *Unbalance Voltage* dan *Unbalance Current* Pada *Power Meter* dan *App Inventor*

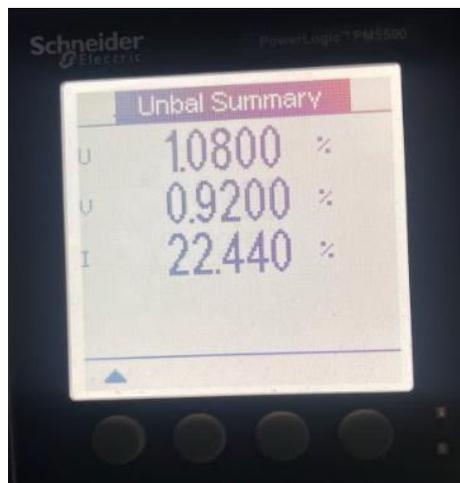
Dari pengambilan data maka dapat dilihat dari nilai register *Unbalance* yang sudah dikirim ke *Power Meter* ppm 5500 berhasil dan mendapatkan hasil yang *realtime* sesuai dengan nilai yang tertampil pada layar monitor *Power Meter*

ppm 5500. Pada tabel 4.8 menunjukkan bahwa nilai register *Unbalance* R, S dan T sudah sesuai dengan register yang dialamatkan.

Tabel 4.8 Nilai Register *Unbalance*

No	Parameter	Voltage <i>Unbalance</i> No register	Current <i>Unbalance</i> No register
1	<i>Unbalance</i> R	3090 – 3091	3096 – 3097
2	<i>Unbalance</i> S	3092 – 3093	3098 – 3099
3	<i>Unbalance</i> T	3094 - 3095	3100 - 3101

Dari pengambilan data yang di peroleh melalui pengukuran yang kemudian diolah dan dibaca oleh *Power Meter* ppm 5500 yang dapat dilihat pada Gambar 4.19 didapatkan hasil yang dapat ditampilkan secara realtime pada layar monitor *Power Meter* ppm 5500.



Gambar 4.19 Tampilan *Unbalance* dari *Power Meter* ppm 5500

Pada Gambar 4.18 merupakan tampilan dari *Power Meter* ppm 5500 yang menunjukkan nilai parameter *Unbalance* seperti pada Tabel 4.8 Dari Gambar dijadikan acuan untuk nilai *Unbalance* yang keluar pada aplikasi *App Inventor*, sehingga nilai yang keluar pada aplikasi *App Inventor* sudah merupakan nilai

Unbalance yang valid dan bisa dijadikan untuk sistem monitoring seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.20.

UNBALANCE		
VUnA B	0.3	Volt
VUnB C	0.5	Volt
VUnC A	0.8	Volt
Frequency	50.1	Hz
Power Factor	0.98	%

Gambar 4.20 Tampilan nilai *Unbalance* pada aplikasi *App Inventor*

Dari Gambar 4.20 dapat dilihat nilai *Unbalance* yang tertampil pada monitor *Power Meter* ppm 5500 sudah sama dengan nilai *Unbalance* yang tertampil pada monitoring *Power Meter App Inventor* di layar android maka dapat diartikan bahwa pengamatan nilai *Unbalance* sudah berjalan dengan baik. *Converter* RS485 telah mengirim nilai pada mikrokontroler esp 32 dengan baik.

4.3 Analisis Pengujian Error

Analisa error pada pengukuran yang dilaksanakan dengan cara membandingkan hasil pengukuran menggunakan *Power Meter* ppm 5500 dengan hasil pengukuran yang terdapat pada panel utama. Hasil lengkap perhitungan error yang telah dihitung dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Perhitungan *error* pada arus A yaitu :

Nilai arus pada panel	: 106 A
Nilai Arus Pada <i>Power Meter</i> :	106,1 A
Selisih	: 0,10 A
Error %	: (0,10 A / 106) X 100% = 0,09%

Dari hasil yang diperoleh ditemukan bahwa *factor error* dari *Power Meter* ppm 5500 dibawah nilai 3%. Hasil Analisa *error* ditunjukkan pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Nilai *error* hasil pengukuran panel dengan *Power Meter* ppm 5500

No	Nilai	Instrumen panel	Powermeter ppm 5500	Selisih	Error %
1	Arus A	106	106,1	-0,10	-0,09
2	Arus B	219	218,6	0,40	0,18
3	Arus C	169	170	-1,00	-0,59
4	Arus Rata-Rata	150	151,9	-1,90	-1,27
5	Tegangan A	410	410,4	-0,40	-0,10
6	Tegangan B	394	394,8	-0,80	-0,20
7	Tegangan C	403	403,1	-0,10	-0,02
8	Tegangan Rata-Rata	407	407,1	-0,10	-0,02
9	Daya A	58	58,1	-0,10	-0,17
10	Daya B	36,5	36,7	-0,20	-0,55
11	Daya C	39	39,3	-0,30	-0,77
12	Daya Total	168	168,5	-0,50	-0,30
13	Power faktor	0,99	0,99	0,00	0,00
14	Harmonik Arus A	18	18,1	-0,10	-0,56
15	Harmonik Arus B	6	6,1	-0,10	-1,67
16	Harmonik Arus C	9,5	9,6	-0,10	-1,05
17	Harmonik Tegangan A	1,75	1,8	-0,05	-2,86
18	Harmonik Tegangan B	1,48	1,5	-0,02	-1,35
19	Harmonik Tegangan C	1,88	1,9	-0,02	-1,06
20	frekuensi	50	50	0,00	0,00
21	unbalance voltage AB	0,49	0,5	-0,01	-2,04
22	unbalance voltage BC	0,29	0,3	-0,01	-3,45
23	unbalance voltage AC	0,98	1	-0,02	-2,04

4.4 Analisis pengujian Nilai Delay

Analisis pengujian *delay* ditunjukkan pada Tabel 4.10 dan Gambar 4.21. Analisis *delay* yang dilakukan berupa pengukuran nilai *delay* antara mikrokontroller esp32 ke aplikasi *App Inventor*. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan *range* pengukuran diambil setiap terjadi nilai perubahan pada Serial Monitor. Dari Tabel 4.10 dapat dijelaskan bahwa dilakukan 10 (sepuluh) percobaan. Pada percobaan 1 memiliki nilai *delay* 1 dapat diartikan nilai ini sangat bagus karna memiliki *delay* 1 detik dari penerimaan data. Pada percobaan 2-3

delay menjadi 0 detik yang berarti sangat bagus karena tidak terdapat *delay* pada proses penerimaan dan stabil sampai percobaan ke 3. Pada percobaan 4 terjadi *delay* 3 detik dan merupakan *delay* yang laing tinggi dibandingkan dengan *delay* sebelumnya. Kendati demikian nilai 3 *delay* 3 detik masih di kategorikan baik. Pada percobaan 5-6 *delay* kembali menurun menjadi 1 detik dan berlaku stabil sampai percobaan 6. Pada percobaan 7 *delay* kembali menjadi 0 detik yang berarti sangat bagus karena tidak terjadi perbedaan waktu pada proses pengiriman data. Percobaan 8-9 kembali terjadi *delay* 1 detik pada proses pengiriman data dan masih baik. Pada percobaan 10 terjadi *delay* pada proses pengiriman menjadi 2 detik. Dari 10 (sepuluh) percobaan yang dilakukan terdapat nilai *delay* paling tinggi yaitu 3 detik pada proses pengiriman. Dapat disimpulkan bahwa proses pengiriman menggunakan jaringan *wifi* telkomsel terjadi ketidakstabilan karena terjadi *delay* dengan nilai maksimal 3 detik tetapi masih dianggap sangat baik karena terdapat *delay* sebesar 0 (nol) atau disebut juga tidak terdapat *delay*.

Tabel 4.10 pengujian nilai *Delay*

No	Powermeter ppm 5500		App Inventor		Selisih detik
	Waktu	Nilai Registerasi	Waktu	Nilai Registerasi	
1	14.02.42	3071	14.03.12	3071	1
2	14.10.07	3071	14.10.90	3071	0
3	14.15.10	3073	14.15.40	3073	0
4	14.20.22	3073	14.23.58	3073	3
5	14.30.10	3075	14.31.05	3075	1
6	14.35.29	3075	14.36.10	3075	1
7	14.40.18	3065	14.40.56	3065	0
8	14.45.33	3065	14.46.14	3065	1
9	14.50.48	3067	14.51.05	3067	1
10	14.55.22	3068	16.55.55	3068	2



Gambar 4.21 Grafik pengujian delay waktu pengiriman data

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang didapatkan dari penelitian ini disimpulkan bahwa Sistem monitoring Kualitas daya berbasis android telah dibangun dan diuji coba secara langsung di Politeknik Penerbangan Medan dan dapat bekerja dengan baik. Pada sistem monitoring ini menampilkan data Arus, Tegangan, ketidakseimbangan Arus, Ketidakseimbangan tegangan, Daya, Daya Total, Power Faktor, Frekuensi dan Harmonik. Dari pengukuran dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Dari hasil pengukuran yang dilakukan diperoleh nilai penggunaan energi listrik pada Politeknik Penerbangan Medan rata-rata 102.983 kwh/bulan.
- 2) Nilai parameter menunjukkan terjadi unbalance tegangan pada $V_{ab} = 0,3$ Volt, $V_{bc} = 0,5$ Volt, $V_{ca} = 0,8$ Volt. Untuk nilai Harmonik pada $V_a = 2,1\%$, $V_b = 1,8\%$ dan $V_c = 1,5\%$. Nilai Harmonik pada Arus $I_a = 20\%$, $I_b = 6\%$ dan $I_c = 7\%$. Untuk nilai frekuensi 49,9 Hz dan nilai power faktor 0,99.
- 3) Dari hasil pengukuran yang diperoleh dapat di rekomendasikan untuk memperbaiki kualitas daya seperti ketidakseimbangan tegangan, ketidakseimbangan arus dan harmonic dengan cara memperhatikan pembebanan tiap fase yang ada pada saat pemasangan beban listrik.

5.2 Saran

- 1) Penggunaan sistem *monitoring* kualitas daya berbasis android dapat digunakan di Politeknik Penerbangan Medan secara berkelanjutan.
- 2) Dari data yang dapat di lihat melalui sistem monitoring kualitas daya berbasis android diharapkan dapat menjadi acuan dalam melaksanakan instalasi beban

listrik dengan memperhatikan data ketidakseimbangan beban listrik dan data harmoni serta dapat melaksanakan audit penggunaan energi listrik yang bertujuan untuk melakukan penghematan energi.

- 3) Perancangan sistem ini masih jauh dari kata sempurna oleh sebab itu perlu dilaksanakan pengembangan menjadi lebih baik lagi

REFERENSI

- [1] M. A. Adi Sutopo, Mustamam, “Analisis Gangguan Kualitas Daya Sistem Tenaga Listrik Di Universitas Negeri Medan,” *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 20, no. 1, pp. 1–2, 2018.
- [2] S. B. Mulia, “Simulasi Gangguan Harmonisapada Sistem Kelistrikan Pabrik Peleburan Baja,” *Elektra*, vol. 2, no. 2, pp. 74–82, 2017.
- [3] L. M. Parera, M. A. F. Haurissa, M. Jamlay, and P. N. Ambon, “Power quality analysis at building of politeknik negeri ambon,” *MULTISCIENCE*, vol. 3, no. 01, pp. 99–108, 2022.
- [4] E. Syahputra, Z. Pelawi, and A. Hasibuan, “Analisis Stabilitas Sistem Tenaga Listrik Menggunakan Berbasis Matlab,” *Sisfo J. Ilm. Sist. Inf.*, vol. 2, no. 2, 2018, doi: 10.29103/sisfo.v2i2.1010.
- [5] S. Hardi, “Isu Kualitas Daya, Permasalahan, Pengaruh Pada Peralatan Listrik dan Solusi,” *Pidato Pengukuhan Guru Besar*, USU, Medan, pp. 1–24, 2023.
- [6] A. D. Soewono, W. Widharto, and M. Darmawan, “Audit Energi Sistem Tata Udara pada Gedung Perkantoran Wisma Slipi Jakarta,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 17, no. 1, p. 75, May 2022, doi: 10.32497/jrm.v17i1.3041.
- [7] K. Kusnadi and A. D. Aji, “KUALITAS DAYA PADA INSTALASI LISTRIK DENGAN BEBAN NON LINIER (studi kasus Di Gedung Bengkel Listrik Politeknik Negeri Jakarta),” *J. Poli-Teknologi*, vol. 15, no. 2, pp. 195–200, 2017, doi: 10.32722/pt.v15i2.850.
- [8] “Berita Negara PERATURAN MENTERI PERHUBUNGAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR PM 73 TAHUN 2020,” *Peratur. Menteri Kesehat. Republik Indones. Nomor 4 Tahun 2018*, vol. 151, no. 2, pp. 10–17, 2018.
- [9] B. Pusat and departemen pendidikan Nasional, *Kamus Besar Bahasa*

Indonesia. JAKARTA: Departemen Pendidikan Nasional, 2008.

- [10] M. F. Pratama, “Sistem Monitoring Dan Kontrol Daya Plts Menggunakan Iot Berbasis Fuzzy Logic,” Universitas Islam Sultan Agung, 2021. [Online]. Available: [http://repository.unissula.ac.id/22976/12/Magister Teknik Elektro_20601700007_fullpdf.pdf](http://repository.unissula.ac.id/22976/12/Magister_Teknik_Elektro_20601700007_fullpdf.pdf)
- [11] F. Satriawan, “Studi Kualitas Daya Listrik di Gedung Pasca Sarjana Universitas PGRI Semarang,” *J. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 2, pp. 25–31, 2022.
- [12] IEEE, “IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality,” *IEEE Std 1159-2009 (Revision of IEEE Std 1159-1995)*, no. 26 June. pp. 1–94, 2019.
- [13] Juan-José González de la Rosa and M. P. Donsión, *Analysis for Power Quality Monitoring*. Spain: MDPI, 2020. doi: 10.3390/books978-3-03928-111-4.
- [14] I. electrotechnical Commission, “IEC 61000-4-30.” IEC, p. 43, 2021.
- [15] IEEE Std 1159, *IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality*, vol. 1995, no. 26 June. New York, NY: ANSI, 2009.
- [16] L. Siahaan, “Studi Pengaruh Flicker Pada Industri (Lancar Siahaan),” *J. Teknol. Energi Uda*, vol. VIII, no. 21, pp. 40–54, 2019.
- [17] S. H. Laskar, *A REAL TIME POWER QUALITY MONITORING USING VIRTUAL INSTRUMENTATION*.
- [18] “PowerLogic PM5000 series Basic multi-function meters Technical datasheet.”
- [19] T. Ridwan and M. Fajar, “Rancang Bangun Otomasi Rumah Berbasis Arduino Uno dan Smartphone Android,” *J. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 2, pp. 1–5, 2020.
- [20] M. K. Ahmad Fakhruddin, M. Faishol Amrulloh, S.Kom, “PENERAPAN

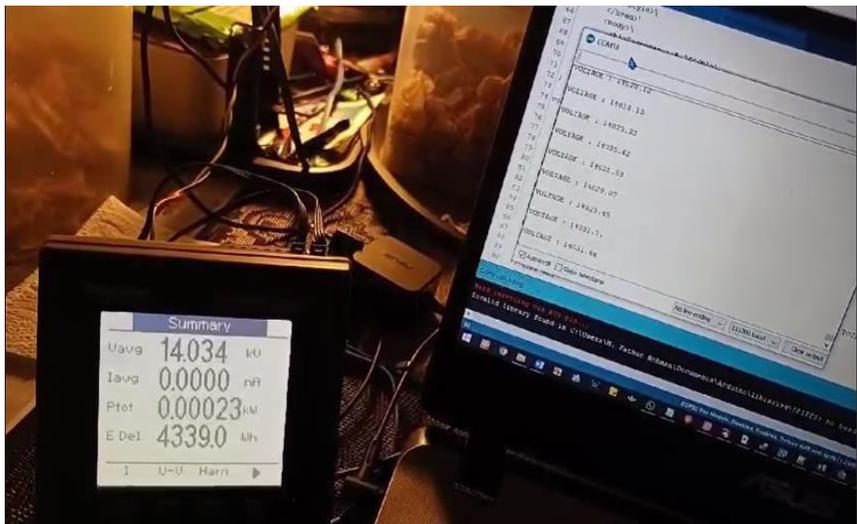
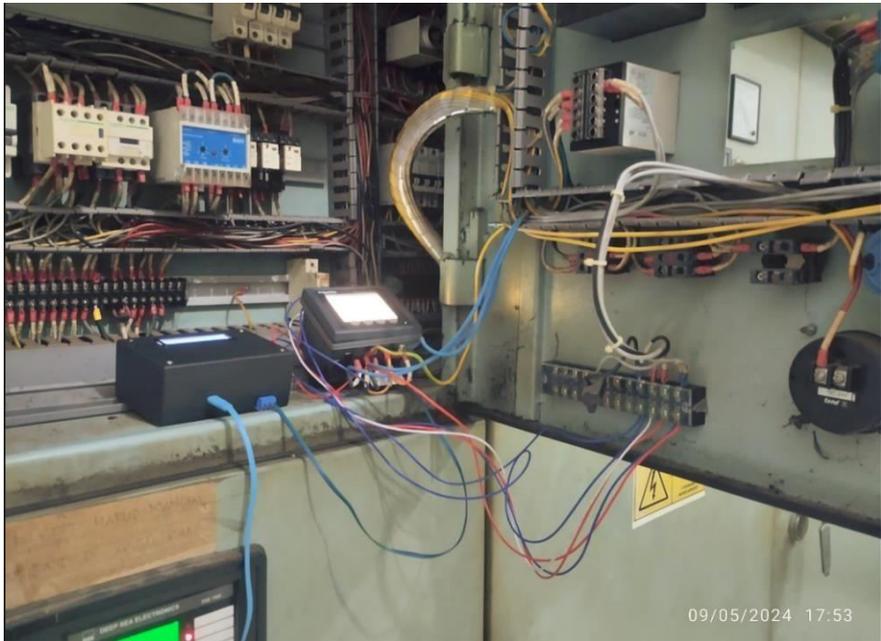
FIREBASE REALTIME DATABASE SEBAGAI MONITORING KEBOCORAN GAS LPG BERBASIS INTERNET OF THINGS,” no. 55, 2013.

- [21] I. D. Christanto, R. Diharja, M. Mardiono, P. D. Widayaka, and A. H. Yuwono, “Mirroring Display KWH Meter untuk Memantau Penggunaan Daya Listrik Menggunakan Mikrokontroler ESP32-CAM,” *J. Bumigora Inf. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 161–174, 2022, doi: 10.30812/bite.v3i2.1613.
- [22] Lanyong ZHANG a and Renbing ZHANG a, “Research and Application of Power Monitoring System Based on Internet of Things,” *Fuzzy Syst. Data Min. IX*, vol. 0, 2023, doi: 10.3233/FAIA231078.
- [23] J. F. and Y. Z. Zhenmin LIU*, Erzhaio MEI, “Design and Implementation of Single-phase Power Quality Monitor Based on IM1281B Design and Implementation of Single-phase Power Quality Monitor Based on IM1281B,” *J. Phys. Conf. Ser.*, pp. 1–6, 2022, doi: 10.1088/1742-6596/2290/1/012046.
- [24] X. Suling Xu1, “Design of Real-Time Power Quality Monitoring System for Active Distribution Network Based on Computer Monitoring Design of Real-Time Power Quality Monitoring System for Active Distribution Network Based on Computer Monitoring,” *J. Phys. Conf. Ser.*, pp. 1–5, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1992/3/032127.
- [25] A. Gupta and S. Chanana, “Power quality monitoring for a solar PV grid controlled system at non-linear induction drives load,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 1033, no. 1, p. 012040, Jan. 2021, doi: 10.1088/1757-899X/1033/1/012040.
- [26] I. W. Sukadana, D. Prayoga, and I. W. Suriana, “Sistem Monitoring dan Audit Energi Listrik Berbasis Internet Of Things (IOT),” *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 7, no. 2, p. 139, Aug. 2021, doi: 10.24036/jtev.v7i2.112081.

- [27] E. al. Noor Nateq Alfaisaly, “Study on Smart Designed Power Monitoring System Using IoT Devices,” *Int. J. Recent Innov. Trends Comput. Commun.*, vol. 11, no. 10, pp. 268–276, Nov. 2023, doi: 10.17762/ijritcc.v11i10.8489.
- [28] J. W. Jokanan, A. Widodo, N. Kholis, and L. Rakhmawati, “Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan Firebase dan Aplikasi,” *J. Tek. Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 47–55, 2022, doi: 10.26740/jte.v11n1.p47-55.
- [29] T. O. Mathew and O. P. Aiyelabowo, “Monitoring Electric Power Quality for Sustained Equipment Performance,” *FEPI-JOPAS 2020*, vol. 2, no. 2, pp. 57–66, 2020.
- [30] J. Priscila, M. Suzuki, M. O. De Campos, and A. De Oliveira, “Development of a power quality analyzer with a remote monitoring system Desenvolvimento de um analisador de qualidade de energia elétrica com sistema de monitoramento remoto Development of a power quality analyzer with remote monitoring system,” no. November, 2022.
- [31] E. W. Pratama and A. Kiswantono, “Electrical Analysis Using ESP-32 Module In Realtime,” *JEECS (Journal Electr. Eng. Comput. Sci.)*, vol. 7, no. 2, pp. 1273–1284, 2023, doi: 10.54732/jeeecs.v7i2.21.
- [32] Y. Rahmawati, I. U. V. Simanjuntak, and R. B. Simorangkir, “Rancang Bangun Purwarupa Sistem Peringatan Pengendara Pelanggar Zebra Cross Berbasis Mikrokontroler ESP-32 CAM,” *Jambura J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 189–195, 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i2.14499.
- [33] M. N. Nizam, Haris Yuana, and Zunita Wulansari, “Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 6, no. 2, pp. 767–772, 2022, doi: 10.36040/jati.v6i2.5713.

DOKUMENTASI PENELITIAN





BAHASA PEMROGRAMAN FIREBASS

```

initialize global THDCA to 0
initialize global THDCB to 0
initialize global THDCC to 0
initialize global THDVAB to 0
initialize global THDVBC to 0
initialize global THDVCA to 0
    
```

```

when FirebaseDB1 . GotValue
  tag value
do
  if get tag = "VAB"
  then set VAB . Text to get value
  else if get tag = "VBC"
  then set VBC . Text to get value
  else if get tag = "VCA"
  then set VCA . Text to get value
  else if get tag = "VAVG"
  then set VAVG . Text to get value
  else if get tag = "APHA"
  then set APHA . Text to get value
  else if get tag = "APHB"
  then set APHB . Text to get value
  else if get tag = "APHC"
  then set APHC . Text to get value
  else if get tag = "AAVG"
  then set AAVG . Text to get value
  else if get tag = "PWRA"
  then set PWRA . Text to get value
  else if get tag = "PWRB"
  then set PWRB . Text to get value
  else if get tag = "PWRC"
  then set PWRC . Text to get value
  else if get tag = "PWRT"
  then set PWRT . Text to get value
  else if get tag = "FREQ"
  then set FREQ . Text to get value
    
```

```
else if [get tag] = "ENERGY"
then set ENERGY . Text to [get value]
else if [get tag] = "POWERFACTOR"
then set POWER_FACTOR . Text to [get value]
else if [get tag] = "VUnAB"
then set VUnAB . Text to [get value]
else if [get tag] = "VUnBC"
then set VUnBC . Text to [get value]
else if [get tag] = "VUnCA"
then set VUnCA . Text to [get value]
else if [get tag] = "THDCA"
then set global THDCA to [get value]
else if [get tag] = "THDCB"
then set global THDCB to [get value]
else if [get tag] = "THDCC"
then set global THDCC to [get value]
else if [get tag] = "THDVAB"
then set global THDVAB to [get value]
else if [get tag] = "THDVBC"
then set global THDVBC to [get value]
else if [get tag] = "THDVCA"
then set global THDVCA to [get value]
```

```

call ChartMakerPlus1 . ColumnChart
webView WebView1
arrayTable
  make a list
    make a list
      Current
      Value
      make a dictionary key role value style
    make a list
      Current A
      get global THDCA
      red
    make a list
      Current B
      get global THDCB
      green
    make a list
      Current C
      get global THDCC
      blue
  title Harmonika Arus
  zoom false
  extraOptions
    join
      backgroundColor:moccasin
      vAxis: {title:'Percentage'}
      hAxis: {title:'Ampere'}
      animation: {duration:1000,startup:true}
  css

```

```

call ChartMakerPlus1 . ColumnChart
webView WebView2
arrayTable
  make a list
    make a list
      Voltage
      Value
      make a dictionary key role value style
    make a list
      Voltage A
      get global THDVAB
      red
    make a list
      Voltage B
      get global THDVBC
      green
    make a list
      Voltage C
      get global THDVCA
      blue
  title Harmonika Tegangan
  zoom false
  extraOptions
    join
      backgroundColor:moccasin
      vAxis: {title:'Percentage'}
      hAxis: {title:'Volt'}
      animation: {duration:1000,startup:true}
  css

```

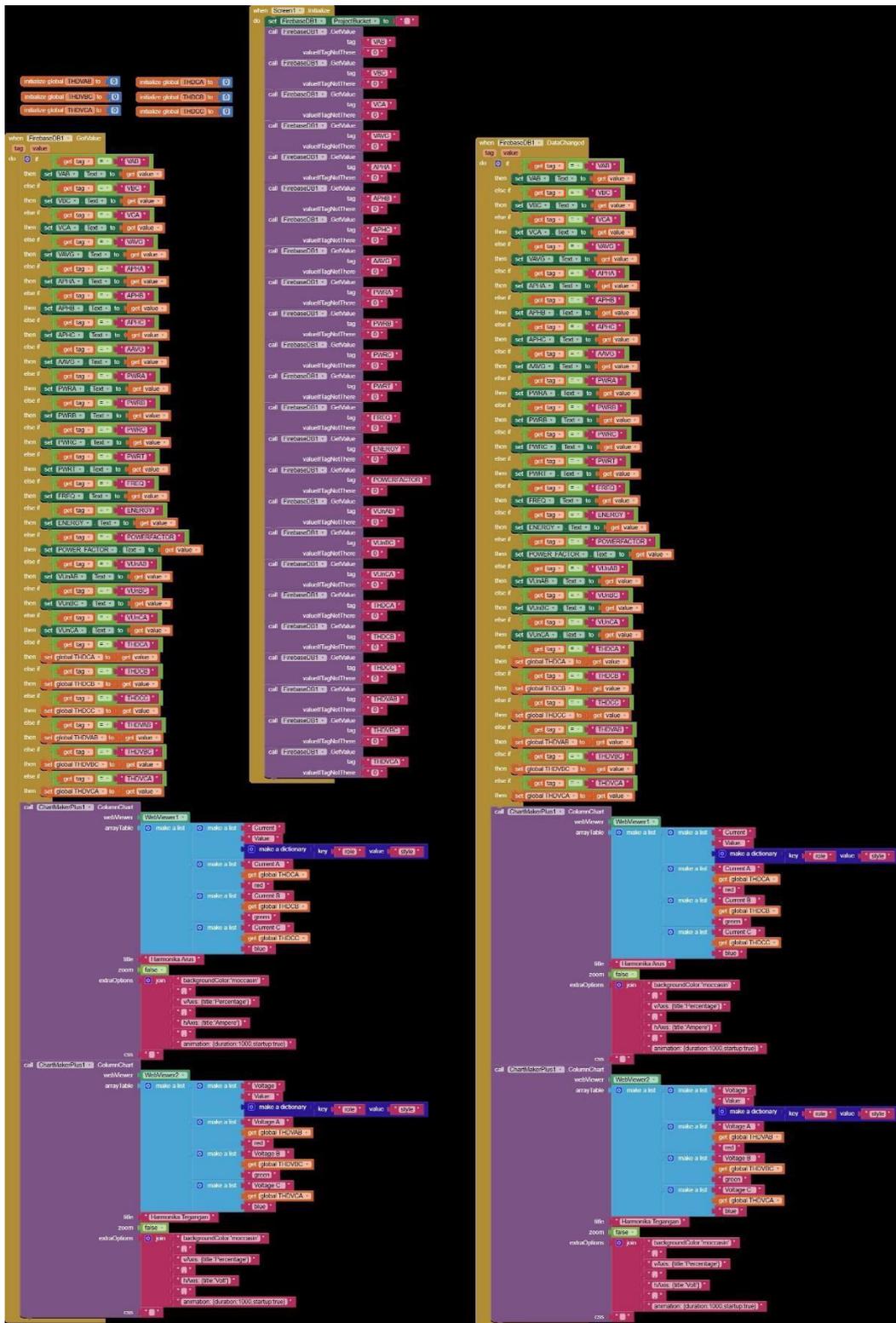
```
when Screen1.Initialize
do
  set FirebaseDB1.ProjectBucket to ""
  call FirebaseDB1.GetValue
    tag "VAB"
    valueIfTagNotThere "0"
  call FirebaseDB1.GetValue
    tag "VBC"
    valueIfTagNotThere "0"
  call FirebaseDB1.GetValue
    tag "VCA"
    valueIfTagNotThere "0"
  call FirebaseDB1.GetValue
    tag "VAVG"
    valueIfTagNotThere "0"
  call FirebaseDB1.GetValue
    tag "APHA"
    valueIfTagNotThere "0"
  call FirebaseDB1.GetValue
    tag "APHB"
    valueIfTagNotThere "0"
  call FirebaseDB1.GetValue
    tag "APHC"
    valueIfTagNotThere "0"
  call FirebaseDB1.GetValue
    tag "AAVG"
    valueIfTagNotThere "0"
  call FirebaseDB1.GetValue
    tag "PWRA"
    valueIfTagNotThere "0"
  call FirebaseDB1.GetValue
    tag "PWRB"
    valueIfTagNotThere "0"
  call FirebaseDB1.GetValue
    tag "PWRC"
    valueIfTagNotThere "0"
```

```
tag "PWRT"
valueIfTagNotThere "0"
call FirebaseDB1 .GetValue
tag "FREQ"
valueIfTagNotThere "0"
call FirebaseDB1 .GetValue
tag "ENERGY"
valueIfTagNotThere "0"
call FirebaseDB1 .GetValue
tag "POWERFACTOR"
valueIfTagNotThere "0"
call FirebaseDB1 .GetValue
tag "VUnAB"
valueIfTagNotThere "0"
call FirebaseDB1 .GetValue
tag "VUnBC"
valueIfTagNotThere "0"
call FirebaseDB1 .GetValue
tag "VUnCA"
valueIfTagNotThere "0"
call FirebaseDB1 .GetValue
tag "THDCA"
valueIfTagNotThere "0"
call FirebaseDB1 .GetValue
tag "THDCB"
valueIfTagNotThere "0"
call FirebaseDB1 .GetValue
tag "THDCC"
valueIfTagNotThere "0"
call FirebaseDB1 .GetValue
tag "THDVAB"
valueIfTagNotThere "0"
call FirebaseDB1 .GetValue
tag "THDVBC"
valueIfTagNotThere "0"
call FirebaseDB1 .GetValue
tag "THDVCA"
valueIfTagNotThere "0"
```

```
when FirebaseDB1 . DataChanged
  tag value
do
  if
    get tag = "VAB"
  then
    set VAB . Text to get value
  else if
    get tag = "VBC"
  then
    set VBC . Text to get value
  else if
    get tag = "VCA"
  then
    set VCA . Text to get value
  else if
    get tag = "VAVG"
  then
    set VAVG . Text to get value
  else if
    get tag = "APHA"
  then
    set APHA . Text to get value
  else if
    get tag = "APHB"
  then
    set APHB . Text to get value
  else if
    get tag = "APHC"
  then
    set APHC . Text to get value
  else if
    get tag = "AAVG"
  then
    set AAVG . Text to get value
  else if
    get tag = "PWRA"
  then
    set PWRA . Text to get value
  else if
    get tag = "PWRB"
  then
    set PWRB . Text to get value
  else if
    get tag = "PWRC"
  then
    set PWRC . Text to get value
  else if
    get tag = "PWRT"
  then
    set PWRT . Text to get value
  else if
    get tag = "FREQ"
  then
    set FREQ . Text to get value
```

```
else if [get tag] = [ENERGY]
then set ENERGY . Text to [get value]
else if [get tag] = [POWERFACTOR]
then set POWER_FACTOR . Text to [get value]
else if [get tag] = [VUnAB]
then set VUnAB . Text to [get value]
else if [get tag] = [VUnBC]
then set VUnBC . Text to [get value]
else if [get tag] = [VUnCA]
then set VUnCA . Text to [get value]
else if [get tag] = [THDCA]
then set global THDCA to [get value]
else if [get tag] = [THDCB]
then set global THDCB to [get value]
else if [get tag] = [THDCC]
then set global THDCC to [get value]
else if [get tag] = [THDVAB]
then set global THDVAB to [get value]
else if [get tag] = [THDVBC]
then set global THDVBC to [get value]
else if [get tag] = [THDVCA]
then set global THDVCA to [get value]
```





SAMPLE DATA PENGUKURAN

Tanggal	Waktu	VAB (Volt)	VBC (Volt)	VCA (Volt)	VAVG (Volt)	APHA (A)	APHB (A)	APHC (A)	AAVG (A)	VUnA B (%)	VUnB C (%)	VUnC A (%)	PWRa (Watt)	PWRB (Watt)	PWRC (Watt)	PWRT (Watt)	FREQ (Hz)	ENERGY (Kwh)	PF	THDC A (%)	THDC B (%)	THDC C (%)	THDV AB (%)	THDV BC (%)	THDV CA (%)
28/05/2024	11:53:35	398.0	398.8	392.4	396.4	244.7	181.0	250.8	226.1	0.4	0.6	1.0	55.5	41.7	57.1	153.9	50.1	47151.9	0.99	5.8	6.0	7.6	1.6	1.6	1.6
28/05/2024	11:53:45	398.0	398.8	392.4	396.4	244.7	181.0	250.8	226.1	0.4	0.6	1.0	55.5	41.7	57.1	153.9	50.1	47151.9	0.99	5.8	6.0	7.6	1.6	1.6	1.6
28/05/2024	11:53:48	398.0	398.8	392.4	396.4	244.7	181.0	250.8	226.1	0.4	0.6	1.0	55.5	41.7	57.1	153.9	50.1	47151.9	0.99	5.8	6.0	7.6	1.6	1.6	1.6
28/05/2024	11:54:02	398.0	398.8	392.4	396.4	244.7	181.0	250.8	226.1	0.4	0.6	1.0	55.5	41.7	57.1	153.9	50.1	47151.9	0.99	5.8	6.0	7.6	1.6	1.6	1.6
28/05/2024	11:57:04	398.0	399.1	392.4	396.4	244.7	181.0	250.8	226.1	0.4	0.6	1.0	55.5	41.7	57.1	153.9	50.1	47151.9	0.99	5.8	6.0	7.6	1.6	1.6	1.6
28/05/2024	11:57:12	398.0	399.1	392.4	396.4	244.7	181.0	250.8	226.1	0.4	0.6	1.0	55.5	41.7	57.1	153.9	50.1	47151.9	0.99	5.8	6.0	7.6	1.6	1.6	1.6
28/05/2024	15:29:32	394.0	394.8	388.8	392.3	222.3	218.6	237.2	222.2	0.5	0.7	1.0	58.1	41.0	50.9	168.5	50.0	47485.5	0.99	5.3	6.1	7.5	1.5	1.5	1.5
28/05/2024	15:29:46	394.0	394.8	388.8	392.3	222.3	218.6	237.2	222.2	0.5	0.7	1.0	58.1	41.0	50.9	168.5	50.0	47485.5	0.99	5.3	6.1	7.5	1.5	1.5	1.5
28/05/2024	15:30:01	394.0	394.8	388.8	392.3	222.3	218.6	237.2	222.2	0.5	0.7	1.0	58.1	41.0	50.9	168.5	50.0	47485.5	0.99	5.3	6.1	7.5	1.5	1.5	1.5
29/05/2024	23:11:13	405.0	394.8	397.5	401.1	138.6	218.6	185.2	174.9	0.5	0.4	1.1	58.1	39.9	49.2	168.5	50.1	47485.5	0.99	19.8	6.1	8.9	2.1	1.5	2.1
29/05/2024	23:11:29	405.0	394.8	397.5	401.1	138.6	218.6	185.2	174.9	0.5	0.4	1.1	58.1	39.9	49.2	168.5	50.1	47485.5	0.99	19.8	6.1	8.9	2.1	1.5	2.1
29/05/2024	23:11:53	405.0	394.8	397.5	401.1	138.6	218.6	185.2	174.9	0.5	0.4	1.1	58.1	39.9	49.2	168.5	50.1	47485.5	0.99	19.8	6.1	8.9	2.1	1.5	2.1
29/05/2024	23:12:06	405.0	394.8	397.5	401.1	138.6	218.6	185.2	174.9	0.5	0.4	1.1	58.1	39.9	49.2	168.5	50.1	47485.5	0.99	19.8	6.1	8.9	2.1	1.5	2.1
30/05/2024	00:03:16	407.2	394.8	401.8	405.9	123.4	218.6	179.0	152.9	0.5	0.4	1.0	58.1	34.3	42.7	168.5	50.2	47485.5	1.00	18.5	6.1	9.4	2.1	1.5	2.1
30/05/2024	00:03:29	407.2	394.8	401.8	405.9	123.4	218.6	179.0	152.9	0.5	0.4	1.0	58.1	34.3	42.7	168.5	50.2	47485.5	1.00	18.5	6.1	9.4	2.1	1.5	2.1
30/05/2024	00:03:42	407.2	394.8	401.8	405.9	123.4	218.6	179.0	152.9	0.5	0.4	1.0	58.1	34.3	42.7	168.5	50.2	47485.5	1.00	18.5	6.1	9.4	2.1	1.5	2.1
30/05/2024	00:03:55	407.2	394.8	401.8	405.9	123.4	218.6	179.0	152.9	0.5	0.4	1.0	58.1	34.3	42.7	168.5	50.2	47485.5	1.00	18.5	6.1	9.4	2.1	1.5	2.1
30/05/2024	09:00:09	401.4	394.8	398.1	398.3	175.5	218.6	189.1	154.3	0.5	0.6	0.9	58.1	29.1	40.3	168.5	50.1	47485.5	0.99	9.3	6.1	8.6	2.1	1.5	2.1
30/05/2024	09:00:23	401.4	394.8	398.1	398.3	175.5	218.6	189.1	154.3	0.5	0.6	0.9	58.1	29.1	40.3	168.5	50.1	47485.5	0.99	9.3	6.1	8.6	2.1	1.5	2.1
30/05/2024	09:00:53	401.4	394.8	398.1	398.3	175.5	218.6	189.1	154.3	0.5	0.6	0.9	58.1	29.1	40.3	168.5	50.1	47485.5	0.99	9.3	6.1	8.6	2.1	1.5	2.1
30/05/2024	09:01:06	401.4	394.8	398.1	398.3	175.5	218.6	189.1	154.3	0.5	0.6	0.9	58.1	29.1	40.3	168.5	50.1	47485.5	0.99	9.3	6.1	8.6	2.1	1.5	2.1
31/05/2024	01:45:08	410.4	394.8	403.1	407.1	106.1	218.6	170.0	151.9	0.5	0.3	1.0	58.1	36.7	39.3	168.5	50.0	47485.5	0.99	18.1	6.1	9.6	1.8	1.5	1.9
31/05/2024	01:45:27	410.4	394.8	403.1	407.1	106.1	218.6	170.0	151.9	0.5	0.3	1.0	58.1	36.7	39.3	168.5	50.0	47485.5	0.99	18.1	6.1	9.6	1.8	1.5	1.9
31/05/2024	01:45:48	410.4	394.8	403.1	407.1	106.1	218.6	170.0	151.9	0.5	0.3	1.0	58.1	36.7	39.3	168.5	50.0	47485.5	0.99	18.1	6.1	9.6	1.8	1.5	1.9
31/05/2024	01:46:16	410.4	394.8	403.1	407.1	106.1	218.6	170.0	151.9	0.5	0.3	1.0	58.1	36.7	39.3	168.5	50.0	47485.5	0.99	18.1	6.1	9.6	1.8	1.5	1.9
03/06/2024	13:24:59	395.3	395.6	391.0	394.1	198.2	133.7	186.0	172.7	0.3	0.4	0.8	44.9	30.6	41.9	117.3	50.0	62606.2	1.00	6.6	7.1	7.7	1.6	1.8	1.7
03/06/2024	13:25:12	395.3	395.6	391.0	394.1	198.2	133.7	186.0	172.7	0.3	0.4	0.8	44.9	30.6	41.9	117.3	50.0	62606.2	1.00	6.6	7.1	7.7	1.6	1.8	1.7

03/06/2024	13:25:46	395.3	395.6	391.0	394.1	198.2	133.7	188.0	172.7	0.3	0.4	0.8	44.9	30.6	41.9	117.3	50.0	62606.2	1.00	6.6	7.1	7.7	1.6	1.8	1.7
03/06/2024	13:26:00	395.3	395.6	391.0	394.1	198.2	133.7	188.0	172.7	0.3	0.4	0.8	44.9	30.6	41.9	117.3	50.0	62606.2	1.00	6.6	7.1	7.7	1.6	1.8	1.7
04/06/2024	15:31:27	404.9	395.6	393.3	403.1	205.4	133.7	234.3	189.2	0.3	0.5	0.8	44.9	34.7	52.2	117.3	50.1	62606.2	0.99	6.4	7.1	8.2	1.7	1.8	1.5
04/06/2024	15:31:39	404.9	395.6	393.3	403.1	205.4	133.7	234.3	189.2	0.3	0.5	0.8	44.9	34.7	52.2	117.3	50.1	62606.2	0.99	6.4	7.1	8.2	1.7	1.8	1.5
04/06/2024	15:31:54	404.9	395.6	393.3	403.1	205.4	133.7	234.3	189.2	0.3	0.5	0.8	44.9	34.7	52.2	117.3	50.1	62606.2	0.99	6.4	7.1	8.2	1.7	1.8	1.5
04/06/2024	15:32:08	404.9	395.6	393.3	403.1	205.4	133.7	234.3	189.2	0.3	0.5	0.8	44.9	34.7	52.2	117.3	50.1	62606.2	0.99	6.6	7.1	8.2	1.7	1.8	1.5
04/06/2024	15:32:21	404.9	395.6	393.3	403.1	205.4	133.7	234.3	189.2	0.3	0.5	0.8	44.9	34.7	52.2	117.3	50.1	62606.2	0.99	6.6	7.1	8.2	1.7	1.8	1.5
05/06/2024	07:36:07	404.0	404.6	402.0	401.4	120.7	126.8	172.7	172.9	0.6	0.2	0.8	40.7	30.8	41.1	92.3	50.0	66289.7	0.99	17.8	9.8	9.2	1.8	1.9	1.8
05/06/2024	07:36:19	404.0	404.6	402.0	401.4	120.7	126.8	172.7	172.9	0.6	0.2	0.8	40.7	30.8	41.1	92.3	50.0	66289.7	0.99	17.8	9.8	9.2	1.8	1.9	1.8
05/06/2024	07:36:36	404.0	404.6	402.0	401.4	120.7	126.8	172.7	172.9	0.6	0.2	0.8	40.7	36.1	41.1	92.3	50.0	66289.7	0.99	17.8	9.8	9.2	1.8	1.9	1.8
05/06/2024	07:36:49	404.0	404.6	402.0	401.4	120.7	126.8	172.7	172.9	0.6	0.2	0.8	40.7	36.1	41.1	92.3	50.0	66289.7	0.99	17.8	9.8	9.2	1.8	1.9	1.8
06/06/2024	14:36:44	404.0	404.6	393.8	401.4	120.7	126.8	255.3	212.2	0.6	0.4	0.8	45.1	45.9	41.1	92.3	50.1	66289.7	0.99	17.8	5.5	7.0	1.8	1.9	1.4
06/06/2024	14:37:00	404.0	404.6	393.8	401.4	120.7	126.8	255.3	212.2	0.6	0.4	0.8	45.1	45.9	41.1	92.3	50.1	66289.7	0.99	17.8	5.5	7.0	1.8	1.9	1.4
06/06/2024	14:37:14	404.0	404.6	393.8	401.4	120.7	126.8	255.3	212.2	0.6	0.4	0.8	45.1	45.9	41.1	92.3	50.1	66289.7	0.99	17.8	5.5	7.0	1.8	1.9	1.4
06/06/2024	14:37:38	404.0	404.6	393.8	401.4	120.7	126.8	255.3	212.2	0.6	0.4	0.8	45.1	45.9	41.1	92.3	50.1	66289.7	0.99	17.8	5.5	7.0	1.8	1.9	1.4
07/06/2024	10:48:02	404.0	404.6	399.3	401.4	120.7	126.8	257.8	224.2	0.6	0.5	0.8	62.4	43.4	41.1	92.3	49.9	66289.7	0.99	17.8	6.8	7.3	1.8	1.9	1.6
07/06/2024	10:48:46	404.0	404.6	399.3	401.4	120.7	126.8	257.8	233.3	0.6	0.5	0.8	62.4	43.4	41.1	92.3	49.9	66289.7	0.99	17.8	6.8	7.3	1.8	1.9	1.6
07/06/2024	10:49:22	404.0	404.6	399.3	401.4	120.7	126.8	257.8	233.3	0.6	0.5	0.8	62.4	43.4	41.1	92.3	49.9	66289.7	0.99	17.8	6.8	7.3	1.8	1.9	1.6
07/06/2024	10:49:50	404.0	404.6	399.3	401.4	120.7	126.8	257.8	233.3	0.6	0.5	0.8	62.4	43.4	41.1	92.3	49.9	66289.7	0.99	17.8	6.8	7.3	1.8	1.9	1.6
08/06/2024	10:17:21	404.0	404.6	401.1	401.4	120.7	126.8	139.1	131.4	0.6	0.4	0.8	31.1	26.7	41.1	92.3	50.1	66289.7	0.99	17.8	6.3	7.8	1.8	1.9	1.8
08/06/2024	10:17:45	404.0	404.6	401.1	401.4	120.7	126.8	139.1	131.4	0.6	0.4	0.8	31.1	26.7	41.1	92.3	50.1	66289.7	0.99	17.8	6.3	7.8	1.8	1.9	1.8
08/06/2024	10:17:58	404.0	404.6	401.1	401.4	120.7	126.8	139.1	131.4	0.6	0.4	0.8	32.9	26.7	41.1	92.3	50.1	66289.7	0.99	17.8	6.3	7.8	1.8	1.9	1.8
08/06/2024	10:18:11	404.0	404.6	401.1	401.4	120.7	126.8	139.1	131.4	0.6	0.4	0.8	32.9	26.7	41.1	92.3	50.1	66289.7	0.99	17.8	6.3	7.8	1.8	1.9	1.8
09/06/2024	20:00:19	404.0	404.6	401.2	401.4	120.7	126.8	146.3	130.2	0.6	0.3	0.8	21.1	34.8	41.1	92.3	50.2	66289.7	0.99	17.8	13.4	11.9	1.8	1.9	2.8
09/06/2024	20:00:32	404.0	404.6	401.2	401.4	120.7	126.8	146.3	130.2	0.6	0.3	0.8	21.1	34.8	41.1	92.3	50.2	66289.7	0.99	17.8	13.4	11.9	1.8	1.9	2.8
09/06/2024	20:00:46	404.0	404.6	401.2	401.4	120.7	126.8	146.3	130.2	0.6	0.3	0.8	21.1	34.8	41.1	92.3	50.2	66289.7	0.99	17.8	13.4	11.9	1.8	1.9	2.8
09/06/2024	20:01:10	404.0	404.6	401.2	401.4	120.7	126.8	146.3	130.2	0.6	0.3	0.8	21.2	34.8	41.1	92.3	50.2	66289.7	0.99	17.8	13.4	11.9	1.8	1.9	2.8
10/06/2024	15:28:29	404.0	404.6	395.6	401.4	120.7	126.8	227.7	207.7	0.6	0.6	0.8	47.0	37.1	41.1	92.3	50.1	66289.7	0.99	17.8	8.8	6.9	1.8	1.9	1.7
10/06/2024	15:28:42	404.0	404.6	395.6	401.4	120.7	126.8	227.7	207.7	0.6	0.6	0.8	47.0	37.1	41.1	92.3	50.1	66289.7	0.99	17.8	8.8	6.9	1.8	1.9	1.7

LAMPIRAN STANDAR IEEE

(IEEE 519-2022, pg.17) voltage distortion limits

Bus voltage V at PCC	Individual harmonic (%)	Total harmonic distortion THD (%)
$V \leq 1.0 \text{ kV}$	5.0	8.0
$1 \text{ kV} < V \leq 69 \text{ kV}$	3.0	5.0
$69 \text{ kV} < V \leq 161 \text{ kV}$	1.5	2.5
$161 \text{ kV} < V$	1.0	1.5*

(IEEE 519-2022, pg.19) current distortion limits for systems rated 120 V through 69 kV

ISC/IL	Harmonic limits a,b $2 \leq h < 11$	Harmonic limits a,b $11 \leq h < 17$	Harmonic limits a,b $17 \leq h < 23$	Harmonic limits a,b $23 \leq h < 35$	Harmonic limits a,b $35 \leq h \leq 50$	TDD Required
<20c	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
20<50	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
50<100	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
100<1000	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
>1000	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0