

**TUGAS AKHIR**

**SISTEM MONITORING DAN KONTROL OTOMATIS  
PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS KOMUNIKASI  
LORA**

***MONITORING SYSTEM AND OTOMATIC CONTROL OF  
PUBLIC STREET LIGHTING BASED ON LORA  
COMMUNICATION***



Disusun Oleh

**Betsi Indah Permata Pasambuna**

**NIM 18201007**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK TELEKOMUNIKASI  
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO  
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

**2021**

**SISTEM MONITORING DAN KONTROL OTOMATIS  
PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS KOMUNIKASI  
LORA**

***MONITORING SYSTEM AND OTOMATIC CONTROL OF  
PUBLIC STREET LIGHTING BASED ON LORA  
COMMUNICATION***

Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
Gelar Ahli Madya Teknik (A.Md.T)  
Di Institut Teknologi Telkom Purwokerto

Disusun oleh  
**Betsi Indah Permata Pasambuna**  
**NIM 18201007**

**DOSEN PEMBIMBING**  
**Danny Kurnianto, S.T., M.Eng.**  
**Muntaqo Alfin Amanaf, S.T., M.T.**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK TELEKOMUNIKASI  
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO  
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO  
2021**

## **PRAKATA**

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan kasih dan sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal Tugas Akhir yang berjudul **“SISTEM MONITORING DAN KONTROL OTOMATIS PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS KOMUNIKASI LORA”**.

Maksud dari penyusunan proposal Tugas Akhir ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat dalam menempuh ujian Ahli Madya Teknik Telekomunikasi pada Fakultas Teknil Telekomunikasi dan Elektro Institut Teknologi Telkom Purwokerto. Dalam penyusunan proposal Tugas Akhir ini, banyak pihak yang sangat membantu penulis dalam berbagai hal. Oleh karena itu, penulis sampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya yang telah memberikan kelancaran.
2. Kedua orang tua saya yang selalu memberikan do'a dan dukungan.
3. Bapak Danny Kurnianto, S.T., M.Eng. selaku pembimbing 1.
4. Bapak Muntaqo Alfin Amanaf, S.T., M.T. selaku pembimbing 2 dan Ketua Program Studi D3 Teknik Telekomunikasi.
5. Seluruh dosen, staf dan karyawan Program Studi D3 Teknik Telekomunikasi Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
6. Seluruh teman-teman khususnya Prodi D3 Teknik Telekomunikasi.
7. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa proposal Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu semua jenis saran, kritik dan masukkaa yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca khususnya bagi penulis sendiri.

Purwokerto, Januari 2021

Betsi Indah Permata Pasambuna

## ABSTRAK

Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan suatu sumber cahaya lampu yang dipasang pada samping jalan, yang dinyalakan menjelang malam dan dimatikan menjelang pagi. Kecelakaan lalu lintas dan pemborosan energi listrik pada PJU sering terjadi dikarenakan tidak efektifnya sistem monitoring dan kontrol Penerangan Jalan Umum. Maka dari itu diperlukan suatu sistem monitoring dan kontrol otomatis secara jarak jauh untuk memantau penggunaan energi listrik dan memantau kondisi lampu PJU menggunakan komunikasi LoRa dan sensor ACS712 5A untuk membaca nilai arus, power, dan energi listrik. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa akurasi sensor ACS712 5A sebesar 97,43%. Hasil pengujian QoS pada parameter *success rate* jarak 100 meter didapatkan sebesar 99,2%, jarak 200 meter sebesar 99,6%, dan jarak 300 meter sebesar 99%. Berdasarkan hasil data, nilai *throughput* dengan ukuran 40 Bytes sebesar 128 bps dan nilai *delay* dengan ukuran 40 Bytes sebesar 2500 ms. Semakin besar ukuran paket maka semakin tinggi nilai *throughput* dan *delay* yang dihasilkan. Hasil pengujian jarak maksimum pada komunikasi LoRa yaitu pada jarak 13,8 km.

Kata Kunci : Penerangan Jalan Umum, LoRa, Energi Listrik, Sensor ACS712 5A

## **ABSTRACT**

*Public Street Lighting (PSL) is a light source installed on the side of the road, which is lit at night and turned off by morning. Traffic accidents and waste of electrical energy in PSL often occur due to ineffective monitoring and control systems of Public Street Lighting. therefore it's important to monitoring dan control otomatic systems remotely to monitor the use of electric energy and monitor the condition of PSL lamps using lora communication and ACS712 5A sensors to read current, power and electical energy. Based on the test results showed that the accuracy of the sensor ACS712 5A obtained an average accuracy value of 97.43%. QoS test results on the success rate parameter distance of 100 meters obtained an average value of 99.2%, a distance of 200 meters by 99.6%, and a distance of 300 meters by 99%. Based on the data results, the throughpu value with a size of 40 Bytes is 128 bps and a delay value with a size of 40 Bytes is 2500 ms. The larger the package size, the higher the throughput and delay values generated. The maximum distance test result on LoRa communication is at a distance of 13.8 km.*

*Keywords : Public Street Lighting, LoRaWAN, Electrical Energy, Sensor ACS712 5A*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>PRAKATA</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	iv
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 LATAR BELAKANG .....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH.....	2
1.3 BATASAN MASALAH.....	3
1.4 TUJUAN .....	3
1.5 MANFAAT .....	3
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI</b> .....	5
2.1 KAJIAN PUSTAKA.....	5
2.2 PENERANGAN JALAN UMUM.....	6
2.3 <i>LONG RANGE WIDE AREA NETWORK (LoRaWAN)</i> .....	7
2.3.1 <i>LoRaWAN Device Classes</i> .....	7
2.3.2 Prinsip Kerja dan Arsitektur LoRaWAN .....	9
2.4 ARDUINO UNO .....	9
2.5 <i>LONG RANGE (LoRa)</i> .....	11
2.6 <i>LOW POWER WIDE AREA NETWORK (LPWAN)</i> .....	11
2.7 <i>QUALITY OF SERVICE (QoS)</i> .....	12
2.7.1 Model Monitoring QoS.....	12
2.7.2 Parameter-Parameter QoS .....	14

2.8 <i>INTERNET OF THINGS (IoT)</i> .....	15
2.9 <i>WIRELESS SENSOR NETWORK</i> .....	16
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	17
3.1 ALAT DAN BAHAN YANG DIGUNAKAN .....	17
3.1.1 ALAT .....	17
3.1.2 BAHAN .....	20
3.2 ALUR PENELITIAN .....	23
3.3 PERANCANGAN SISTEM .....	25
3.4 DESAIN PERANCANGAN <i>END DEVICE</i> .....	26
3.5 PERANCANGAN APLIKASI MENGGUNAKAN MIT APP <i>INVENTOR</i> .....	27
3.6 PENGUJIAN SISTEM .....	28
3.6.1 Pengujian Akurasi Sensor ACS712 5A .....	28
3.6.2 Pengujian Kualitas Layanan/ <i>Quality of Service (QoS)</i> .....	29
3.6.3 Pengujian Jarak Maksimum Pada Komunikasi LoRa .....	30
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	31
4.1 HASIL PERANCANGAN SISTEM .....	31
4.2 HASIL PENGUJIAN AKURASI SENSOR ACS712 5A .....	34
4.3 HASIL PENGUJIAN <i>QUALITY OF SERVICE</i> PADA KOMUNIKASI LORA .....	38
4.3.1 PENGUJIAN <i>THROUGHPUT</i> .....	38
4.3.2 PENGUJIAN <i>SUCCESS RATE</i> .....	39
4.3.3 PENGUJIAN <i>PACKET LOSS</i> .....	41
4.3.4 PENGUJIAN <i>DELAY</i> .....	43
4.4 HASIL PENGUJIAN JARAK MAKSIMUM .....	45
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	46
4.1 KESIMPULAN .....	46

4.1 SARAN .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>48</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1 Penerangan Penerangan Jalan Umum</b> .....	6
<b>Gambar 2.2 LoRaWAN <i>Device Classes</i></b> .....	7
<b>Gambar 2.3 <i>Device Class A</i></b> .....	8
<b>Gambar 2.4 <i>Device Class B</i></b> .....	8
<b>Gambar 2.5 <i>Device Class C</i></b> .....	8
<b>Gambar 2.6 Arsitektur LoRaWAN</b> .....	9
<b>Gambar 2.7 Klasifikasi LPWAN</b> .....	12
<b>Gambar 2.8 Model Monitoring QoS</b> .....	13
<b>Gambar 2.9 Konsep <i>Internet of Things</i></b> .....	15
<b>Gambar 3.1 Laptop Asus A407uF</b> .....	17
<b>Gambar 3.2 <i>Software</i> Arduino IDE</b> .....	18
<b>Gambar 3.3 <i>Platform</i> Antares</b> .....	18
<b>Gambar 3.4 <i>Gateway</i> Kerlink Wirnet iStation 923</b> .....	19
<b>Gambar 3.5 MIT App <i>Inventor</i></b> .....	20
<b>Gambar 3.6 Arduino Uno</b> .....	20
<b>Gambar 3.7 LoRa Dragino <i>Shield</i> 915 Mhz</b> .....	21
<b>Gambar 3.8 Sensor arus ACS712 5A</b> .....	21
<b>Gambar 3.9 Modul <i>Relay</i></b> .....	22
<b>Gambar 3.10 Modul RTC DS3231</b> .....	22
<b>Gambar 3.11 Lampu LED</b> .....	23
<b>Gambar 3.12 <i>Flowchart</i> Alur Penelitian</b> .....	24
<b>Gambar 3.13 Diagram Blok Perancangan Sistem</b> .....	25
<b>Gambar 3.14 Diagram <i>Wiring</i> Perancangan <i>End Device</i></b> .....	26
<b>Gambar 3.15 <i>Flowchart</i> Perancangan <i>End Device</i></b> .....	27
<b>Gambar 3.16 <i>Flowchart</i> Pengujian Sensor ACS712 5A</b> .....	29
<b>Gambar 3.17 Lokasi Pengujian QoS Pada Komunikasi LoRa</b> .....	30
<b>Gambar 4.1 Hasil Perancangan <i>End Device</i></b> .....	31
<b>Gambar 4.2 Tampilan Data Dari <i>Platform</i> Antares</b> .....	32
<b>Gambar 4.3 Tampilan Data Dari Aplikasi Android</b> .....	33
<b>Gambar 4.4 Pembacaana Arus <i>Clamp</i> Meter Pada Setrika 395 Watt</b> .....	35

<b>Gambar 4.5 Pembacaan Arus <i>Clamp</i> Meter Pada Kipas 37 Watt.....</b>	<b>37</b>
<b>Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian Akurasi Sensor ACS712 5A.....</b>	<b>37</b>
<b>Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengukuran <i>Throughput</i> .....</b>	<b>39</b>
<b>Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengujian <i>Success Rate</i>.....</b>	<b>40</b>
<b>Gambar 4.9 Grafik Hasil Rata-Rata Pengujian <i>Success Rate</i> .....</b>	<b>41</b>
<b>Gambar 4.10 Grafik Hasil Pengujian <i>Packet Loss</i> .....</b>	<b>42</b>
<b>Gambar 4.11 Grafik Hasil Rata-Rata Pengujian <i>Packet Loss</i> .....</b>	<b>43</b>
<b>Gambar 4.12 Grafik Hasil Pengujian <i>Delay</i> .....</b>	<b>44</b>
<b>Gambar 4.13 Hasil Pengukuran Jarak Maksimum .....</b>	<b>45</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1 Deskripsi Arduino Uno</b> .....	9
<b>Tabel 3.1 Pin Sensor Arus ACS712 5A</b> .....	21
<b>Tabel 3.2 Pin Modul <i>Relay</i></b> .....	22
<b>Tabel 3.3 Pin Modul RTC DS3231</b> .....	23
<b>Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor ACS712 5A Pada Setrika 395 Watt</b> .....	34
<b>Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor ACS712 5A Pada Kipas 37 Watt</b> .....	35
<b>Tabel 4.3 Hasil Pengujian <i>Throughput</i></b> .....	38
<b>Tabel 4.4 Hasil Pengujian <i>Delay</i></b> .....	44

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 LATAR BELAKANG**

Lampu saat ini menjadi kebutuhan primer dalam kehidupan sehari-sehari, hal ini tidak lagi dapat dipungkiri guna memfasilitasi kesejahteraan masyarakat. Tanpa adanya lampu manusia tidak akan dapat melihat secara terang, baik di pagi hari maupun di malam hari. Pada dasarnya lampu digunakan pada malam hari, namun pencahayaan pada pagi hari terkadang tertutupi oleh beberapa hal yang mungkin menghalang cahaya untuk masuk pada ruangan atau tempat tersebut. Salah satunya adalah Penerangan Jalan Umum (PJU) yang menjadi tempat terpenting dari suatu pencahayaan, khususnya pada malam hari. Jalan umum merupakan tempat akses lalu lintas bagi pengguna jalan, mulai dari sepeda motor, mobil, hingga pejalan kaki.

Pemantauan dan pengendalian penerangan jalan umum secara jarak jauh masih belum banyak dilakukan. Mulai dari pengendalian kapan lampu akan dihidupkan dan dimatikan serta pemantauan terhadap pemakaian arus listrik atau energi listrik pada saat lampu beroperasi. Hal tersebut sangat diperlukan guna mencegah penggunaan listrik yang berlebihan dan juga untuk mengetahui apakah lampu dalam kondisi mati (rusak) atau tidak, hal ini diindikasikan dengan ada tidaknya arus pada saat lampu beroperasi (menyala).

Maka dari itu pentingnya suatu sistem monitoring dan pengontrolan lampu penerangan jalan umum yang efektif, karena dengan tidak efektifnya proses monitoring dan pengontrolan lampu penerangan jalan umum maka akan mengakibatkan kerugian pada masyarakat, salah satunya meningkatkan angka kecelakaan lalu lintas yang diakibatkan oleh minimnya penerangan jalan. Seperti yang dikatakan bapak Edo Rusyanto selaku koordinator jarak aman melalui media kompas, ada 5 faktor yang menyebabkan kecelakaan lalu lintas, salah satunya adalah tidak adanya lampu penerangan jalan atau minimnya penerangan jalan. Aspek penerangan jalan umum ini berkontribusi sekitar 14,16 persen terhadap total kecelakaan di faktor jalan[1].

Sistem pemantauan dan pengendali Penerangan Jalan Umum (PJU) sekarang ini masih dilakukan secara manual yaitu dengan mendatangi secara langsung pada tempat atau lokasi dimana sistem tersebut dipasang dan diperiksa secara berkala satu persatu oleh petugas sehingga memerlukan waktu dan tenaga yang lebih banyak[2]. Untuk menanggulangi kekurangan pada pemantauan secara manual maka harus dibuat suatu sistem yang dapat memonitoring dan mengontrol lampu Penerangan Jalan Umum secara jarak jauh menggunakan jaringan internet. Sistem ini juga dapat dimanfaatkan untuk menjaga keamanan lingkungan atau sekedar memantau kondisi Penerangan Jalan Umum secara *real time*. Mengingat bahwa banyaknya lampu yang dipasang pada jalan umum, maka harus dibuat suatu sistem yang dapat menghemat biaya pengeluaran, yaitu dengan menggunakan komunikasi LoRa. Teknologi ini memungkinkan sejumlah besar perangkat untuk berkomunikasi secara nirkabel jarak jauh (dalam urutan 5-15 km, tergantung pada lingkungan propagasi) pada tingkat data yang rendah[3]. LoRa merupakan perangkat LPWA non seluler yang memiliki frekuensi pada rentan 920 MHz – 923 MHz sesuai dengan Peraturan Direktur Jendral Sumber Daya dan perangkat pos Indonesia No 3 Tahun 2019[4].

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis memilih penelitian tentang **“SISTEM MONITORING DAN KONTROL OTOMATIS PENERANGAN JALAN UMUM BERBASIS KOMUNIKASI LORA”** sebagai judul Tugas Akhir. Dengan harapan dapat menjadi solusi dari permasalahan yang telah terjadi dan dapat digunakan sebagai referensi pengembangan teknologi bagi para perancang elektronika di Indonesia.

## **1.2 RUMUSAN MASALAH**

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana performa (keakuratan) sensor ACS712 5A dalam membaca arus pada penerangan jalan umum ?
2. Bagaimana *Quality of Service* yang dihasilkan dari komunikasi LoRa pada sistem monitoring dan kontrol otomatis Penerangan Jalan Umum ?
3. Bagaimana analisa dari sistem monitoring dan kontrol otomatis Penerangan Jalan Umum yang telah dirancang?

4. Berapa jarak maksimum pengiriman data menggunakan LoRa pada sistem monitoring Penerangan Jalan Umum ?

### **1.3 BATASAN MASALAH**

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Mikrokontroler yang digunakan yaitu Arduino Uno.
2. LoRa yang digunakan pada penelitian ini adalah LoRa *shield* dengan frekuensi 915 MHz dan antenna 3 dBi.
3. Monitoring menggunakan 3 lampu jenis LED.
4. Sensor ACS712 5A digunakan untuk membaca arus.
5. Pengendali lampu menggunakan Modul Relay dan RTC DS3231 dengan estimasi waktu.
6. Sistem monitoring menggunakan *platform* Antares dan aplikasi android.
7. Perancangan sistem hanya dibuat untuk monitoring nilai arus dan energi listrik.

### **1.4 TUJUAN**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah dapat menjadi solusi untuk pembangunan infrastruktur Penerangan Jalan Umum (PJU) dengan melakukan monitoring dan kontrol otomatis lampu secara jarak jauh berbasis *Internet of Things* menggunakan komunikasi LoRa, sehingga memudahkan petugas dalam melakukan pemantauan, Dan juga untuk mengetahui hasil *Quality of Service* dari komunikasi LoRa yang digunakan pada sistem monitoring dan kontrol otomatis Penerangan Jalan Umum. Serta dapat mengetahui penggunaan daya energi listrik yang digunakan pada saat lampu beroperasi/menyalanya.

### **1.5 MANFAAT**

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk pemerintah agar dapat menciptakan sistem monitoring dan kontrol otomatis Penerangan Jalan Umum yang efektif yang dapat dipantau melalui jarak jauh, dan untuk mengetahui ada tidaknya kerusakan yang terjadi pada lampu jalan atau matinya lampu tanpa harus dilakukan pengecekan secara manual dengan mendatangi tempat lokasi/daerah tersebut. Serta untuk mengetahui penggunaan daya energi listrik,

yang harapannya dapat mengurangi penggunaan daya energi listrik yang berlebihan.

## **1.6 SISTEMATIKA PENULISAN**

Sistematika penulisan penelitian ini terbagi menjadi beberapa bab berdasarkan pengelompokan pokok-pokok pikiran yang tercantum dalam bab-bab sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, Batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

### **BAB II DASAR TEORI**

Bab ini berisi tentang kajian pustaka yang dijadikan rujukan dalam tugas akhir ini dan berisi tentang landasan-landasan teori pendukung yang digunakan pada tugas akhir ini.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang metode penelitian yang menjelaskan bagaimana perancangan sistem, pengujian sistem, alat yang digunakan, dan alur penelitian.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi tentang pembahasan dan analisa berdasarkan hasil penelitian yang telah didapatkan melalui sistem yang telah dibuat.

### **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisi tentang kesimpulan berdasarkan analisis yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya dan saran yang ditujukan untuk penelitian selanjutnya.

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 KAJIAN PUSTAKA**

Pada penelitian tahun 2020 yang berjudul Rancang Bangun Sistem *Monitoring* dan *Controlling* Penerangan Jalan Umum berbasis IoT dan Android yang membahas tentang perancangan sistem dan penerapan IoT pada penerangan jalan umum berbasis android dengan menggunakan Wemos D1 sebagai mikrokontrolernya dan modul relay sebagai saklar. Sistem ini dibuat untuk melakukan 3 aksi, yaitu menyalakan, mematikan lampu secara manual dan otomatis serta dapat *me-monitoring* keadaan lampu. Penelitian ini juga menggunakan sensor LDR yang berfungsi untuk pengambilan intensitas cahaya, yang mana jika mendapatkan intensitas cahaya lebih dari 966(*lux*) maka akan mendeteksi bahwa lampu menyala, begitu juga sebaliknya jika sensor tersebut mendeteksi kurang dari 966(*lux*) maka lampu dinyatakan mati dan dapat dilihat pada fitur *monitoring* lampu di android[2].

Pada penelitian tahun 2019 membahas tentang Sistem *Monitoring* Lampu Penerangan Jalan Umum berbasis SMS. Tujuan dari sistem ini dibuat agar kerusakan pada Penerangan Jalan Umum (PJU) dapat di monitor melalui jarak jauh tanpa mengunjungi lokasi. Perancangan alat menggunakan Arduino Uno R3 yang berfungsi sebagai mikrokontroler, dengan sensor LDR dan modul GSM900 yang digunakan sebagai komunikasi data yang akan mengirimkan data ke *handphone* melalui SMS. Dari hasil alat yang telah dibuat, alat ini akan mengirim status kondisi pada lampu penerangan jalan umum dengan tingkat keberhasilan 100 persen dan alat ini secara otomatis akan mengirimkan keadaan pada lampu penerangan jalan umum apabila terjadi kerusakan pada saat kondisi jalan gelap atau malam hari[5].

Pada penelitian tahun 2019 meneliti tentang Sistem Pengendali Lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) melalui Jaringan Internet Berbasis Android. Alat ini dirancang untuk mematikan dan menyalakan lampu secara manual dan otomatis. Cara manual yang dilakukan dengan menggunakan saklar sedangkan cara otomatis dilakukan dengan menggunakan sensor LDR atau dengan *timer*.



Penggunaan Modul *Ethernet* digunakan sebagai sistem komunikasi data, dengan menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler dan *smartphone* android sebagai pemantau dan pengendali. Aplikasi android akan mengirimkan dan menerima sinyal informasi melalui jaringan internet menggunakan modem ke *website* sehingga data diterima modul *ethernet shield* yang kemudian diolah oleh Arduino untuk mengendalikan lampu penerangan jalan. Rerata akurasi komparasi pengukuran arus sebesar 100 persen sedangkan rerata akurasi komparasi pengukuran tegangan sebesar 95,23 persen[6].

Selanjutnya penelitian pada tahun 2019 yang meneliti tentang Rancang Bangun *Smart Lighting* dan *Monitoring* Kondisi Lampu Jalan Berbasis *Wireless Sensor Network* menggunakan LoRa. Sistem ini dibuat untuk memantau kondisi jalan umum secara realtime dan menggunakan pengaturan intensitas cahaya agar konsumsi daya lebih efisien. Cara kerja sistem ini diawali dengan sensor *Light Dependent Resistor* (LDR) untuk menandakan kapan lampu menyala atau tidak, dan sensor *microwave* digunakan untuk mendeteksi adanya pergerakan atau tidak pada objek. Pada penelitian ini mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino yang berfungsi untuk memproses data dan hasil datanya akan dikirimkan melalui LoRa. Data yang diterima berupa konsumsi energi listrik pada lampu yang akan di tampilkan pada *website*. Jika lampu tidak mengirimkan data, maka diasumsikan lampu tersebut dalam keadaan rusak, pada saat itu juga akan dikirimkan sebuah notifikasi melalui email untuk memudahkan proses *monitoring* lampu jalan yang rusak. Hasil penelitian ini penggunaan lampu jalan menjadi lebih efisien karena lampu menyala terang 48 persen dari 12 jam bekerja[7].

## 2.2 PENERANGAN JALAN UMUM



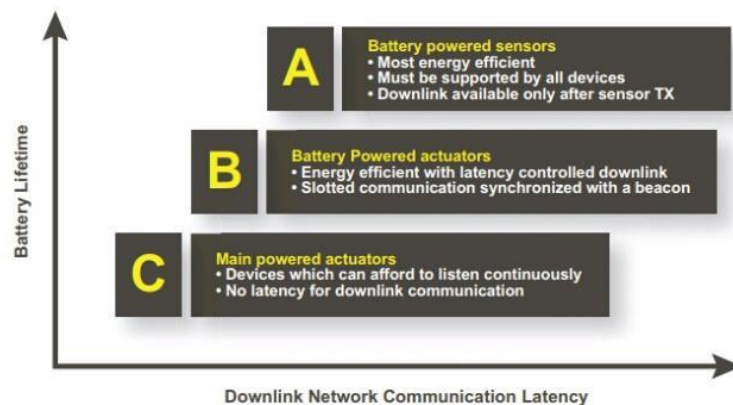
**Gambar 2.1 Penerapan Penerangan Jalan Umum [8]**

Penerangan Jalan Umum (PJU) merupakan salah satu sistem penerangan yang berada di luar Gedung. Sistem lampu jalan yang baik merupakan bagian dari tata pencahayaan yang berguna menunjang keselamatan bagi pengguna trotoar jalan maupun pengemudi kendaraan. Lampu jalan adalah lampu yang digunakan untuk penerangan jalan di malam hari sehingga mempermudah pejalan kaki, dan pengendara kendaraan dapat melihat dengan lebih jelas jalan yang akan dilalui pada malam hari, sehingga dapat meningkatkan keselamatan lalu lintas dan keamanan dari para pengguna jalan dari aksi kriminal[8].

### 2.3 LONG RANGE WIDE AREA NETWORK (LoRaWAN)

LoRaWAN atau *Long Range Wide Area Network* merupakan suatu jenis jaringan untuk area telekomunikasi nirkabel yang dirancang untuk memungkinkan komunikasi jarak jauh dengan *bit rate* rendah. LoRaWAN dapat digunakan pada jaringan komunikasi yang memiliki jangkauan luas menggunakan *end device*[9].

#### 2.3.1 LoRaWAN Device Classes



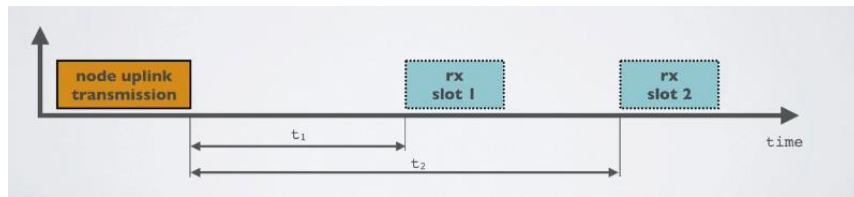
Gambar 2.2 LoRaWAN Device Classes[10]

LoRaWAN memiliki metode pengiriman paket yang terbagi menjadi 3 device classes, diantaranya ada *Class A*, *Class B*, dan *Class C*.

#### 1. Class A

Tipe *device* ini memungkinkan komunikasi dua arah dimana tiap *device* mengirimkan data (*Uplink message*) akan di ikuti dua *Downlink receive window* yang pendek. *Slot* transmisi dijadwalkan oleh *device* sendiri, bisa bersifat periodik atau *event*. *Device class A* memiliki

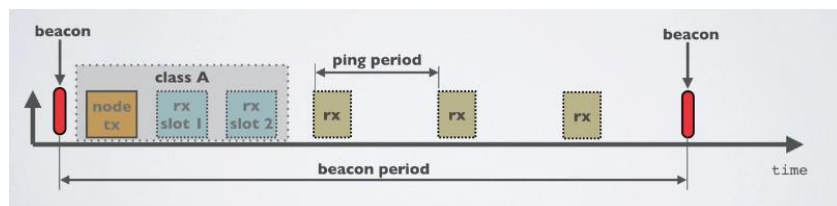
konsumsi daya paling rendah dan cocok untuk diterapkan pada *device* sensor dengan sumber daya baterai[10].



**Gambar 2.3 Device Class A[10]**

2. *Class B*

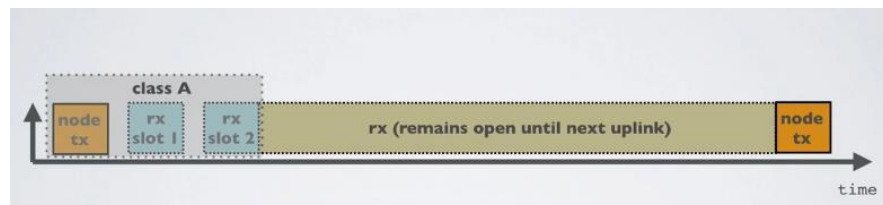
*Device* komunikasi dua arah dengan penjadwalan *receive slot*. *Class B* membuka lebih banyak *receive window* dibandingkan dengan *Class A*. hal ini mungkin *device* dapat melakukan *time-synchronization beacon* dari *gateway* dan juga membuat *server* tau kapan *device* dalam posisi listening. *Class B* masih tergolong *battery powered device* dengan kemampuan kontrol (akuator)[10].



**Gambar 2.4 Device Class B[10]**

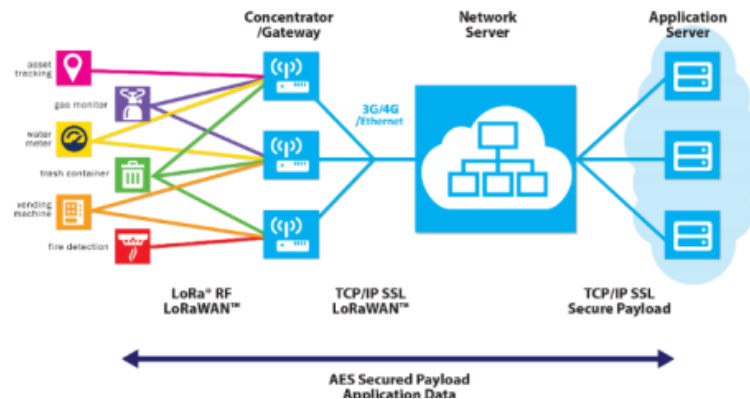
3. *Class C*

*Device class C* hampir memiliki *slot receive window* yang terbuka terus menerus dan hanya tertutup saat mengirimkan data. Sehingga *device* tipe ini memakan daya yang lebih besar dan memang di desain untuk *device* akuator tanpat latensi untuk komunikasi *downlink*-nya[11].



**Gambar2.5 Device Class C[10]**

### 2.3.2 Prinsip Kerja dan Arsitektur LoRaWAN



**Gambar 2.6 Arsitektur LoRaWAN[11]**

LoRaWAN menerapkan topologi *star on star* untuk menyampaikan pesan ke *server* pusat melalui *gateway*. Tujuan untuk menggunakan topologi *star* yaitu mempertahankan daya baterai sekaligus untuk meningkatkan jangkauan komunikasi. setiap *end node* mentransmisikan data ke *gateway*. *Gateway* yang akan meneruskan data ke *server* jaringan. Saat transmisi inilah dilakukan pendeteksian redundansi, keamanan, dan penjadwalan untuk pengiriman pesan[11].

### 2.4 ARDUINO UNO

Arduino Uno adalah *board* berbasis mikrokontroler pada ATmega328 . *Board* ini memiliki 14 digital *input / output* pin (dimana 6 pin dapat digunakan sebagai *output* PWM), 6 *input* analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack* listrik tombol *reset*. Pin-pin ini berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya[12].

**Tabel 2.1 Deskripsi Arduino Uno[12]**

Mikrokontroler	Atmega328
Operasi Voltage	5 V
Input Voltage	7-12 V (Rekomendasi)
Input Voltage	6-20 V (Limits)
I/O	14 pin (6 pin untuk PWM)
Arus	50 mA

<i>Flash Memory</i>	32KB
<i>Bootloader</i>	SRAM 2 KB

### 1. *Input dan Output*

Masing-masing dari 14 pin digital pada Uno dapat digunakan sebagai *input* atau *output*, menggunakan fungsi *pinMode*, *digitalWrite* dan *digitalRead*, Mereka beroperasi di 5 *volt*. Setiap pin dapat memberikan atau menerima maksimum 40 mA dan memiliki resistor *pull-up internal* dari 20-50 K $\Omega$  . Selain itu, beberapa pin memiliki fungsi khusus:

- a. Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan mengirimkan (TX) data TTL serial. Pin ini terhubung ke pin yang sesuai dari chip ATmega8U2 USB-to-Serial TTL.
- b. Eksternal Interupsi: 2 dan 3. Pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu interupsi pada nilai yang rendah, tepi naik atau jatuh, atau perubahan nilai. Lihat *attachInterrupt ()* fungsi untuk rincian.
- c. PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Menyediakan 8-bit *output* PWM dengan *analogWrite ()* fungsi.
- d. SPI: 10 (SS), 11 (mosi), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan perpustakaan SPI.
- e. LED: 13. Ada *built-in LED* terhubung ke pin digital 13. Ketika pin adalah nilai TINGGI, *LED* menyala, ketika pin adalah RENDAH, itu *off*[12].

Arduino Uno memiliki 6 *input* analog, diberi label A0 melalui A5, masing-masing menyediakan 10 bit resolusi yaitu 1024 nilai yang berbeda. Secara *default* sistem mengukur dari tanah sampai 5 *volt* : 1. TWI: A4 atau SDA pin dan A5 atau SCL pin. Mendukung komunikasi TWI 2. Aref. Referensi tegangan untuk *input* analog. Digunakan dengan *analogReference ()* dan *Reset*[12].

### 2. Komunikasi

Uno Arduino memiliki sejumlah fasilitas untuk berkomunikasi dengan komputer, Arduino lain, atau mikrokontroler lain. ATmega328 ini menyediakan UART TTL (5V) komunikasi serial, yang tersedia pada pin

digital 0 (RX) dan 1 (TX). RX dan TX LED di *board* akan berkedip ketika data sedang dikirim melalui chip USB-to-serial dan koneksi USB ke komputer. ATmega328 ini juga mendukung komunikasi I2C (TWI) dan SPI. Fungsi ini digunakan untuk melakukan komunikasi *interface* pada sistem[12]

## **2.5 LONG RANGE (LoRa)**

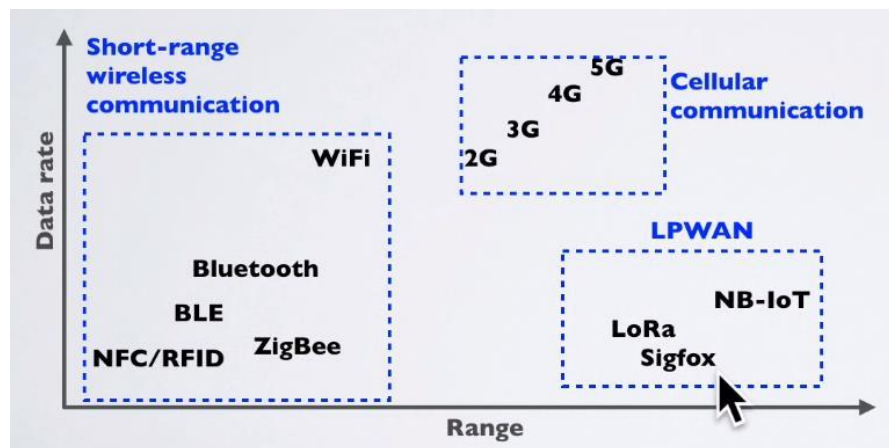
LoRa merupakan sebuah sistem komunikasi *Low Power Wide Area Network* (LPWAN) yang memiliki kemampuan transmisi jarak jauh, didukung pengembangannya oleh IBM, *Semtech*, *Actility*, dll yang bergabung dalam *LoRa Alliance*. *LoRa Alliance* telah mendesain sebuah protokol bawaan untuk sistem komunikasi LoRa, disebut diantaranya adalah jarak jauh, hemat biaya, rendah energi, skalabilitas tinggi, dan QoS (*Quality of Service*)[13].

LoRa (*Long Range*) merupakan Teknik modulasi spread spectrum yang berasal dari teknologi *Chip Spread Spectrum* (CSS). LoRa juga bisa disebut sebagai *Platform* nirkabel berdaya panjang jarak jauh yang telah menjadi teknologi untuk jaringan *Internet of Things* (IoT) di seluruh dunia. Pada bidang IoT LoRa digunakan untuk komunikasi M2M (*Machine to Machine*). Dengan adanya LoRa, sensor-sensor dapat berinteraksi langsung dengan manusia atau mesin dimana saja dan kapan saja. LoRa mempunyai fitur *Geolocation* yang berfungsi untuk mendeteksi keberadaan suatu benda tanpa biaya. Selain itu, LoRa mengkonsumsi daya yang rendah. Konsumsi daya yang dibutuhkan hanya berkisar 13Ma hingga 15Ma. Sehingga baterai dapat bertahan dari 10 hingga 20 tahun. Satu unit LoRa dapat memancarkan sinyal hingga 100 km. penggunaan LoRa terbilang aman karena sudah tertanam *end-to-end* Enkripsi AES128[7].

## **2.6 LOW POWER WIDE AREA NETWORK (LPWAN)**

LPWAN (*Low Power Wide Area Network*) merupakan teknologi *wireless wide area network* yang didesain agar memungkinkan terjadinya komunikasi jarak jauh dengan *bit rate* data yang kecil. Teknologi LPWAN sangat cocok diterapkan untuk menghubungkan perangkat yang perlu mengirimkan jumlah data yang kecil dalam jangkauan waktu yang panjang, dengan mempertimbangkan penggunaan daya yang kecil. Beberapa aplikasi dari

perangkat IoT hanya memerlukan transmit data yang kecil, seperti sistem monitoring yang hanya mengirimkan data sensor ke pengguna untuk ditindak lanjuti, sehingga teknologi LPWAN menjadi teknologi yang sangat populer dalam dunia IoT. Keunggulan dari teknologi LPWAN antara lain : *long range, low data rate, and low power consumption*. Jarak yang dapat dijangkau dengan menggunakan teknologi ini adalah mencapai 10 kilometer, memiliki data *rate* yang rendah, kurang dari 5 kbps dan dengan penggunaan daya yang rendah, jangka waktu baterai bisa bertahan antara lima sampai sepuluh tahun. Ada beberapa teknologi yang dikembangkan pada LPWAN, antara lain Sigfox, NB-IoT, LTE-M/Cat-M1, dan LoRa[14].



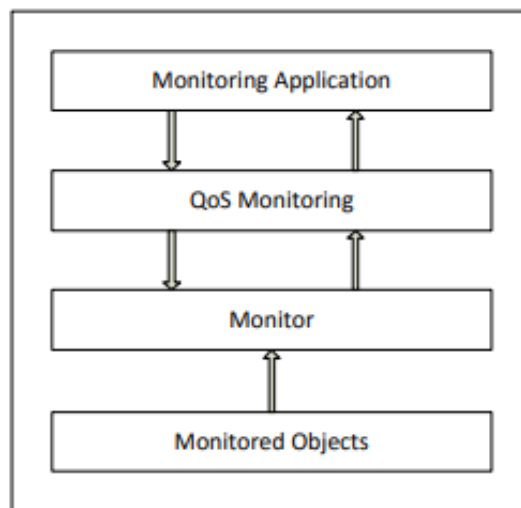
**Gambar 2.7** Klasifikasi LPWAN[10]

## 2.7 QUALITY OF SERVICE (QoS)

*Quality of Service (QoS)* merupakan metode pengukuran tentang seberapa baik jaringan dan merupakan suatu usaha untuk mendefinisikan karakteristik dan sifat dari satu servis. QoS digunakan untuk mengukur sekumpulan atribut kinerja yang telah dispesifikasikan dan diasosiasikan dengan suatu servis[15].

### 2.7.1 Model Monitoring QoS

Model Monitoring QoS terdiri dari komponen *monitoring application, QoS monitoring, monitor, dan monitored objects*.



**Gambar 2.8 Model Monitoring QoS[15]**

1. *Monitoring Application*

*Monitoring application* merupakan sebuah antarmuka bagi administrator jaringan. Komponen ini berfungsi mengambil informasi lalu lintas paket data dari monitor, menganalisisnya dan mengirimkan hasil analisis kepada pengguna. Berdasarkan hasil analisis tersebut, seorang administrator jaringan dapat melakukan operasi-operasi yang lain[15].

2. *QoS Monitoring*

*QoS monitoring* menyediakan mekanisme *monitoring* QoS dengan mengambil informasi nilai-nilai parameter QoS dari lalu lintas paket data[15].

3. *Monitor*

*Monitor* mengumpulkan dan merekam informasi lalu lintas paket data yang selanjutnya akan dikirimkan kepada *monitoring application*. Monitor melakukan pengukuran aliran paket data secara waktu nyata dan melaporkan hasilnya kepada *monitoring application*[15].

4. *Monitored Objects*

*Monitored objects* merupakan informasi seperti atribut dan aktifitas yang dimonitor di dalam jaringan. Di dalam konteks QoS monitoring, informasi-informasi tersebut merupakan aliran-aliran paket data yang dimonitor secara waktu nyata. Tipe aliran paket data tersebut dapat



diketahui dari alamat sumber (*source*) dan tujuan (*destination*) di *layer-layer* IP, *port* yang dipergunakan misalnya UDP atau TCP, dan parameter di dalam RTP[15].

### 2.7.2 Parameter-Parameter QoS

Adapun parameter-parameter *Quality of Service* yang dapat dijadikan acuan adalah sebagai berikut :

#### 1. *Throughput*

*Throughput* yaitu kecepatan (*rate*) transfer data efektif, yang diukur dalam bps (*bit per second*). *Throughput* adalah jumlah total kedatangan paket yang sukses yang diamati pada tujuan selama interval waktu tertentu dibagi oleh durasi interval waktu tersebut[15].

Untuk menghitung nilai *Throughput* digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Throughput} &= \frac{\text{Packet data diterima}}{\text{Lama pengamatan}} \\ &= \frac{\text{jumlah byte yang diterima}}{\text{between first and last packet}} \times 8 \\ &= \dots \text{bit per second (bps)} \end{aligned} \tag{2.1}$$

#### 2. *Packet Loss*

*Packet Loss* merupakan suatu parameter yang menggambarkan suatu kondisi yang menunjukkan jumlah total paket yang hilang, dapat terjadi karena *collision* atau tabrakan antar paket dan *congestion* atau penuhnya trafik data pada jaringan dan hal ini berpengaruh pada semua aplikasi karena retransmisi (pengiriman kembali) akan mengurangi efisiensi jaringan secara keseluruhan meskipun jumlah *bandwidth* cukup tersedia untuk aplikasi-aplikasi tersebut. Umumnya perangkat jaringan memiliki *buffer* untuk menampung data yang diterima. Jika terjadi kongesti yang cukup lama, buffer akan penuh, dan data baru tidak akan diterima[17].

Untuk menghitung nilai *Packet Loss* digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Packetloss}(\%) = \frac{\Sigma \text{ paket yang dikirim} - \Sigma \text{ paket yang diterima}}{\Sigma \text{ paket yang dikirim}} \times 100 \quad (2.2)$$

### 3. Delay (Latency)

*Delay (Latency)* merupakan waktu yang dibutuhkan data untuk menempuh jarak dari asal ke tujuan. *Delay* dapat mempengaruhi oleh jarak, media fisik, kongesti atau juga waktu proses yang lama[17].

Untuk menghitung nilai *Delay (Latency)* digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Delay} = \frac{\text{Total waktu pengiriman paket}}{\text{Total paket yang diterima}} \quad (2.3)$$

## 2.8 INTERNET OF THINGS (IoT)

*Internet of Things* atau dikenal juga dengan singkatan IoT, merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus yang memungkinkan kita untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri, sehingga memungkinkan mesin untuk berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara *independent*. *Internet of Things* adalah sebuah gagasan dimana semua benda di dunia nyata dapat berkomunikasi satu dengan yang lain sebagai bagian dari satu kesatuan sistem terpadu menggunakan jaringan internet sebagai penghubung. Pada dasarnya perangkat IoT terdiri dari sensor sebagai media komunikasi dan *server* sebagai pengumpul informasi yang diterima sensor dan untuk Analisa[16].



**Gambar 2.9 Konsep *Internet of Things*[16]**

## **2.9 WIRELESS SENSOR NETWORK**

*Wireless Sensor Network* adalah bagian dari aplikasi jaringan nirkabel yang fokus terhadap konektivitas tanpa kabel untuk terhubung ke sensor dan aktuator. *Wireless Sensor Network* ini di desain untuk mengumpulkan informasi dari sensor nirkabel dan mengirimkan perintah kontrol ke aktuator yang terhubung ke jaringan nirkabel. *Wireless Sensor Network* melakukan pemantauan dan pengendali lingkungan fisik pada suatu lokasi dengan akurasi yang lebih baik. *Wireless Sensor Network* memiliki aplikasi dalam berbagai bidang seperti pemantauan lingkungan, tujuan militer dan pengumpulan informasi penginderaan di lokasi sulit dijangkau. *Wireless Sensor Network* juga sudah digunakan dalam bidang industri dan penggunaan untuk kemudahan masyarakat sipil, melingkupi pengawasan dan pengontrolan dalam proses perindustrian, pemantau kondisi lingkungan, aplikasi untuk Kesehatan, pengaturan lalu lintas, dan sebagainya. *Wireless Sensor Network* umumnya digunakan untuk *monitoring, tracking* dan *controlling*[7].

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 ALAT DAN BAHAN YANG DIGUNAKAN**

Pada perancangan penelitian ini membutuhkan beberapa alat dan bahan untuk membuat sistem monitoring dan kontrol otomatis penerangan jalan umum. Maka akan dijelaskan beberapa cara kerja dari alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini.

##### **3.1.1 ALAT**

###### **3.1.1.1 Komputer / PC**

Komputer adalah peralatan elektronik yang menerima masukkan data, mengolah data dan memberikan hasil keluaran dalam bentuk informasi, baik itu berupa gambar, teks, suara ataupun video. Pada penelitian ini, komputer digunakan untuk melakukan penginputan program pada mikropengendali Arduino uno dan modul LoRa, serta untuk memantau hasil dari monitoring penerangan jalan umum melalui *website*. Komputer yang digunakan pada penelitian ini adalah Laptop Asus A407uF yang memiliki spesifikasi RAM 4GB dengan *processor Intel Core i3-7020U 3,4Ghz*.

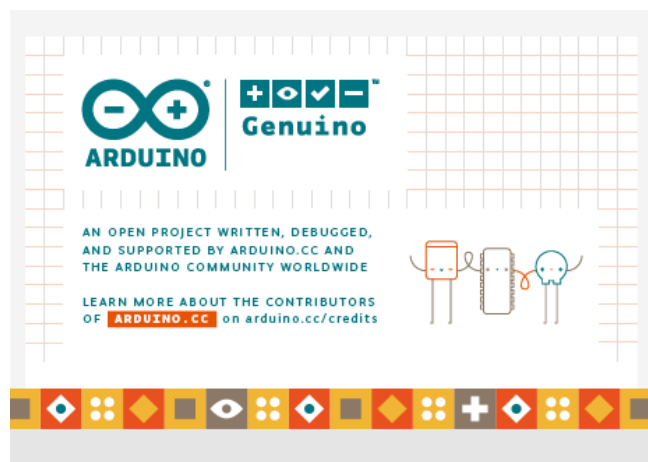


**Gambar 3.1 Laptop Asus A407uF**

###### **3.1.1.2 Software Arduino IDE**

*Software Arduino IDE (Integrated Development Environment)* merupakan sebuah perangkat lunak yang digunakan untuk memprogram di Arduino, dengan kata lain Arduino IDE sebagai media untuk memprogram *board* Arduino. Arduino IDE ini berguna sebagai teks editor untuk membuat, mengedit, dan juga memvalidasi

kode program. Arduino dapat dijalankan di komputer dengan berbagai macam *Platform* karena di dukung atau berbasis *java*.



**Gambar 3.2 Software Arduino IDE**

### 3.1.1.3 Platform Antares

Antares adalah *brand* yang diakuisisi oleh Telkom Indonesia yang spesifik bergerak di IoT *Platform*. Antares menawarkan segala kemudahan dalam mengembangkan aplikasi IoT. *Platform* ini mendukung komunikasi LoRaWAN untuk dilakukan monitoring secara *realtime*. Antares juga mendukung berbagai macam protokol, salah satunya protokol LoRaWAN (*Long Range Wide Area Network*).



**Gambar 3.3 Platform Antares**

### 3.1.1.4 Gateway Kerlink Wirnet iStation 923

*Gateway* adalah perangkat yang digunakan untuk membangun atau menghubungkan jaringan komputer satu dengan lainnya. Kerlink memiliki channel sebanyak 8 buah multi SF bekerja direntang frekuensi 923 MHz. dengan *fallback* 3G/2G dan *Ethernet* (RJ45)

untuk konektivitas *backhaul*. Tidak ada instalasi antenna eksternal yang diperlukan (antenna 3dBi dan 6dBi masih mungkin sebagai pilihan). Difasilitasi *backup battery* untuk menghindari *hard shutdown*. Jangkauan jarak yang bisa di *cover gateway* kerlink adalah >2km untuk urban area dan >15km untuk sub-urban area.



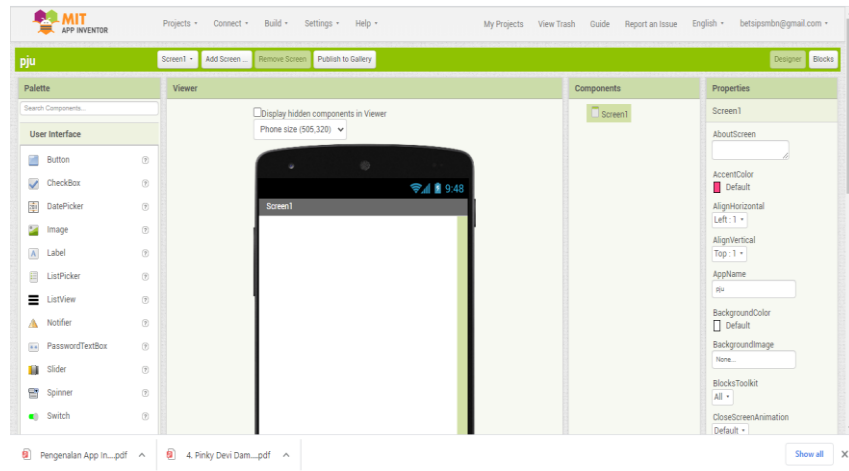
**Gambar 3.4 Gateway Kerlink Wirnet iStation 923**

### **3.1.1.5 MIT App Inventor**

MIT App Inventor merupakan *open-source web application* yang disediakan oleh Google, yang dimantain oleh *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). MIT adalah sebuah *tools* untuk membuat aplikasi android dalam bentuk pemrograman visual yang memungkinkan semua orang bahkan anak-anak untuk membangun aplikasi pada *smartphone*. App Inventor menggunakan *interface* secara grafis yang memungkinkan pengguna dapat *men-drag-and-drop* untuk mengubah logika dalam bentuk objek *visual* sehingga dapat dijalankan dalam perangkat *smartphone*.

App Inventor merupakan aplikasi yang sangat sederhana sehingga memungkinkan pengguna baru dapat membuat serta memahami bagaimana cara membuat aplikasi android dalam waktu kurang dari 30 menit. Dengan App Inventor pengguna dapat membuat aplikasi mulai dari yang sederhana hingga aplikasi yang kompleks.

Pada penelitian ini, pembuatan aplikasi android berfungsi untuk memonitoring penerangan jalan umum agar lebih mudah dan efisien.



**Gambar 3.5 MIT App Inventor**

### 3.1.2 BAHAN

#### 3.1.2.1 Arduino Uno

Arduino Uno adalah *board* mikrokontroler berbasis ATmega328 yang memiliki 14 *pin input* dari *output* digital dimana 6 *pin input* tersebut dapat digunakan sebagai *output* PWM dan 6 *pin input* analog, 16 MHz asilator kristal, koneksi USB, *jack power*, ICSP *header*, dan tombol reset. Penggunaan Arduino pada penelitian ini berfungsi sebagai pengolah dan mengumpulkan data dari sensor yang digunakan, serta menjadi pengendali utama pada sistem yang akan dibuat.



**Gambar 3.6 Arduino Uno**

#### 3.1.2.2 LoRa Dragino Shield 915 MHz

LoRa *Dragino Shield* adalah salah satu perangkat LoRa yang diciptakan oleh *Dragino*. *Shield* ini merupakan *shield* yang digunakan

Arduino *board* dan menggunakan protokol SPI. Alat ini digunakan sebagai komunikasi data untuk mengirim dan menerima data dengan jarak yang jauh namun dengan data *rate* yang rendah. Selain itu, *shield Dragino* dilengkapi dengan teknologi *spread spectrum* dan kebal terhadap interferensi.



**Gambar 3.7 LoRa Dragino Shield 915 MHz**

### 3.1.2.3 Sensor arus ACS712 5A

Sensor arus ACS712 5A digunakan untuk membaca nilai arus yang mengalir pada lampu penerangan, sehingga apabila arus yang mengalir pada lampu terlalu besar atau terlalu kecil dari kondisi normal, maka sensor ini menganggap lampu penerangan sedang mengalami gangguan.



**Gambar 3.8 Sensor arus ACS712 5A**

**Tabel 3.1 Pin Sensor arus ACS712 5A**

Pin pada ACS712 5A	Pin pada Arduino Uno
OUT	A0
VCC	5V
GND	GND



### 3.1.2.4 Modul Relay

Modul *relay* adalah saklar yang dioperasikan secara elektronik. Pada penelitian ini, modul *relay* digunakan untuk menyalakan dan mematikan lampu sesuai dengan waktu yang sudah diprogram menggunakan modul RTC DS3231.



**Gambar 3.9 Modul Relay**

**Tabel 3.2 Pin Modul Relay**

Pin pada modul <i>relay</i>	Pin pada Arduino Uno
IN	8
VCC	5V
GND	GND

### 3.1.2.5 Modul RTC DS3231

RTC atau *Real Time Clock* merupakan sistem pengingat hari, waktu dan tanggal yang menggunakan baterai sebagai pemasok *power* agar modul ini tetap berjalan. Modul RTC DS3231 digunakan untuk mengatur kapan lampu akan mati dan kapan lampu akan menyala dengan menggunakan jam/waktu.



**Gambar 3.10 Modul RTC DS3231**

**Tabel 3.3 Pin Modul RTC DS3231**

<b>Pin pada modul RTC</b>	<b>Pin pada Arduino Uno</b>
<b>GND</b>	<b>GND</b>
<b>VCC</b>	<b>VCC</b>
<b>SDA</b>	<b>A4</b>
<b>SCL</b>	<b>A5</b>

### **3.1.2.6 Lampu LED**

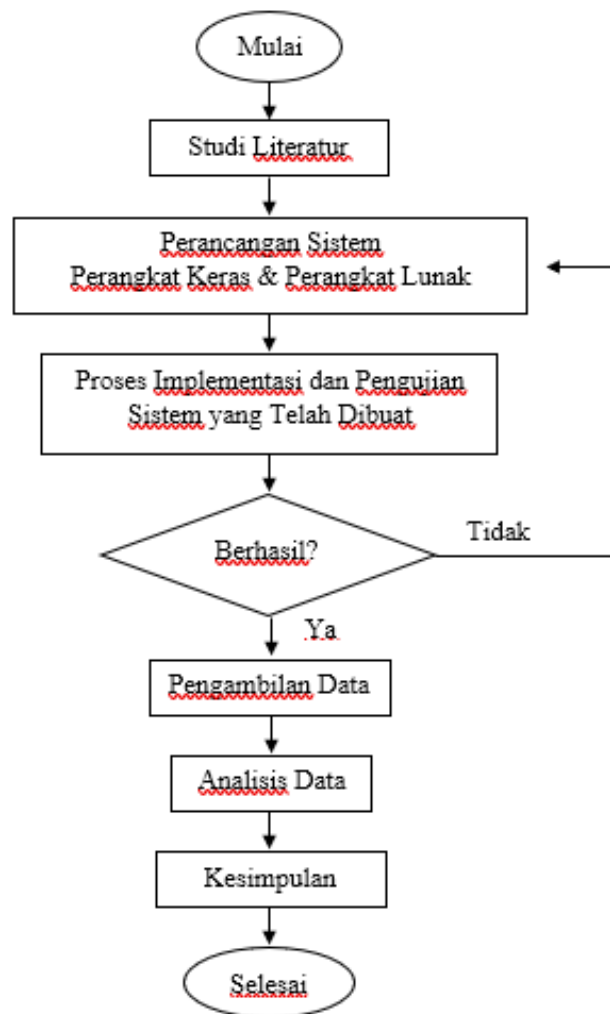
Lampu pada penelitian ini digunakan sebagai perumpamaan PJU untuk membaca arus dan energi listrik. Lampu yang digunakan adalah lampu LED, tujuannya agar energi yang dihasilkan lebih hemat dan tahan lama (awet). Lampu ini akan terhubung dengan tegangan PLN sebesar 220V. Daya lampu yang digunakan pada penelitian ini sebesar 9W dan 10W.



**Gambar 3.11 Lampu LED**

## **3.2 ALUR PENELITIAN**

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan dalam pembuatan sistem monitoring dan kontrol otomatis penerangan jalan umum berbasis komunikasi Lora. Proses tahapan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.9 yang merupakan *Flowchart* dari Alur Penelitian ini.



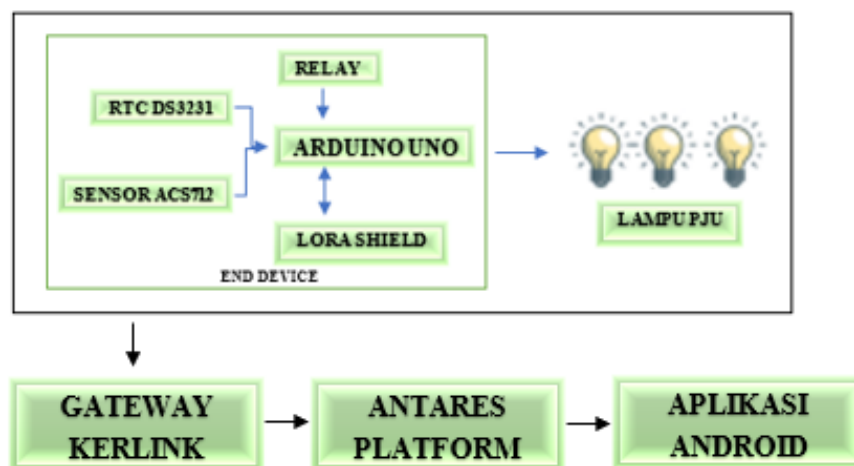
**Gambar 3.12 Flowchart Alur Penelitian**

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur, yang mana tahap ini merupakan tahap awal untuk mencari dan mempelajari berbagai informasi atau referensi yang digunakan sebagai landasan utama untuk membangun sistem ini. Kemudian dilanjutkan dengan perancangan sistem, mulai dari perancangan perangkat keras berupa alat dan juga perancangan perangkat lunak berupa aplikasi yang akan digunakan untuk memonitoring penerangan jalan umum. Pada tahap perancangan sistem terdapat proses penyusunan program yang mana program ini berfungsi untuk menjalankan perintah-perintah pada sistem monitoring dan kontrol otomatis penerangan jalan umum. Selanjutnya akan dilakukan dengan proses implementasi dan pengujian alat pada sistem monitoring dan kontrol otomatis penerangan jalan umum yang telah dibuat. Jika proses implementasi tidak berhasil, maka perancangan sistem harus dibuat

kembali hingga proses implementasi berhasil. Setelah proses implementasi berhasil, maka akan dilakukan pengambilan data yang diperlukan untuk dijadikan sebagai hasil data dari perancangan sistem yang sudah dibuat. Dan akan dilanjutkan dengan menganalisa, mulai dari pembuatan alat hingga hasil data yang didapat dari sistem monitoring dan kontrol otomatis penerangan jalan umum. Lalu dibuat suatu kesimpulan dari proses yang telah dilalui dan hasil akhir yang didapat pada proses penelitian tersebut.

### 3.3 PERANCANGAN SISTEM

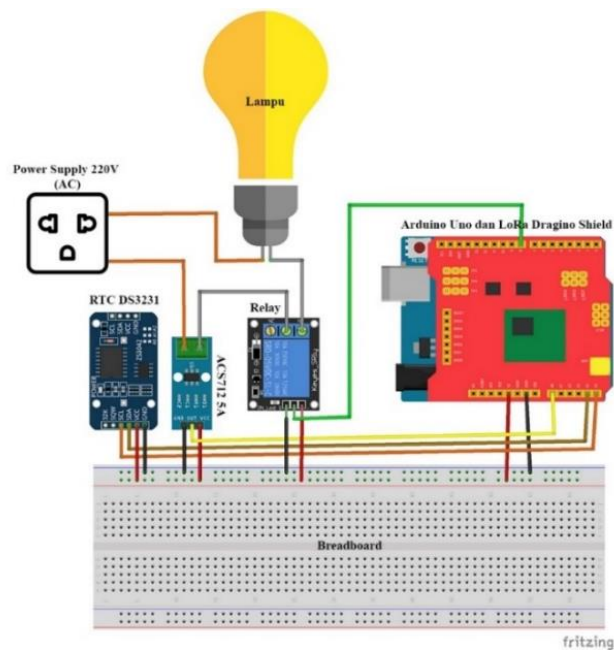
Dalam perancangan sistem monitoring dan kontrol otomatis penerangan jalan umum ini menggunakan komunikasi LoRa terdapat beberapa tahap yang harus dilakukan. Berikut merupakan blok diagram yang berfungsi sebagai gambaran dari alur dan memudahkan dalam perancangan sistem.



**Gambar 3.13 Diagram Blok Perancangan Sistem**

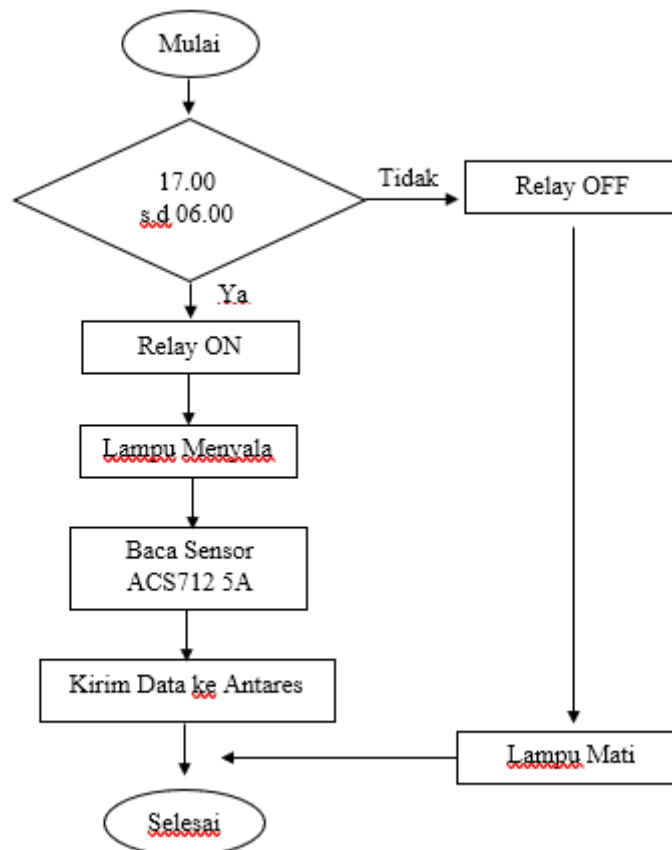
Berdasarkan gambar 3.1 terdapat beberapa tahap perancangan sistem yang terdiri dari *end device*, *gateway* kerlink, *platform* Antares, serta aplikasi android. *End device* akan terhubung dengan lampu PJU yang nantinya berfungsi untuk membaca, mengelola dan mengirimkan data berupa arus dan energi listrik menggunakan komunikasi LoRa melalui *gateway* LoRa kerlink, setelah data diterima oleh *gateway* kerlink, maka data arus dan energi listrik tersebut akan dikirimkan dan ditampilkan ke *platform* Antares menggunakan protokol LoRaWAN, kemudian data akan diunggah dan ditampilkan ke aplikasi android yang telah dibuat sebagai *interface* untuk menampilkan atau memanajemen data hasil monitoring Penerangan Jalan Umum.

### 3.4 DESAIN PERANCANGAN *END DEVICE*



**Gambar 3.14 Diagram Wiring Perancangan *End Device***

Desain perancangan *end device* akan dirancang berdasarkan gambar 3.13. Sensor ACS712 5A, modul RTC DS3231 dan modul *relay* akan terhubung ke mikrokontroler Arduino Uno dan terdapat lampu yang terhubung pada tegangan PLN, sensor relay, dan sensor arus ACS712 5A. Lalu ada modul *Lora Dragino Shield* yang terhubung pada Arduino uno yang digunakan sebagai komunikasi data menggunakan komunikasi LoRa. LoRa yang digunakan adalah LoRa dengan frekuensi 915 Mhz dengan *antenna* 3 dBi yang memiliki daya transmisi 20 dBm. Berdasarkan diagram wiring diatas, pin data sensor arus ACS712 5A akan dihubungkan ke *port* A0 pada Arduino Uno, *input* modul *relay* akan dihubungkan pada komunikasi serial *port* 8, dan pada modul RTC DS3231 pin SDA dan SCL dihubungkan ke *port* A4 dan A5 pada Arduino Uno. Sedangkan untuk pin ground dan vcc pada sensor ACS712 5A, modul *relay*, dan modul RTC DS3231 masing-masing akan dihubungkan pada *port* ground dan vcc (5V) pada Arduino Uno.



**Gambar 3.15 Flowchart Perancangan End Device**

Perancangan sistem *end device* memiliki *flowchart* atau alur seperti pada gambar 3.15. Perancangan ini akan dimulai dengan perintah waktu menggunakan modul RTC DS3231, yang mana RTC DS3231 akan mengatur pada pukul 17.00 lampu akan menyala hingga pukul 06.00, kemudian *relay ON* dan lampu menyala. Di atas pukul 06.00 RTC DS3231 akan di *setting* untuk mematikan lampu hingga pukul 16.59, maka *relay* akan OFF dan lampu mati. Jika *relay ON* dalam artian lampu menyala, maka sensor ACS712 5A akan membaca arus, *power*, dan energi listrik dan akan dikelola oleh Arduino Uno sebagai mikropengendali. Setelah mendapatkan data tersebut, maka data akan dikirimkan ke *platform* Antares oleh Lora Dragino *Shield* melalui *gateway* kerlink menggunakan protokol LoRaWAN. Data yang ditampilkan pada platform Antares berupa nilai arus dan energi listrik.

### **3.5 PERANCANGAN APLIKASI MENGGUNAKAN MIT APP INVENTOR**

Perancangan aplikasi dibuat menggunakan MIT App *Inventor* yang merupakan aplikasi berbasis android. Aplikasi ini akan digunakan sebagai

tempat monitoring yang nantinya akan menampilkan data berupa nilai arus dan energi listrik. Aplikasi ini akan memonitoring secara *real time*, sehingga pengguna hanya perlu memantau melalui *smartphone* yang berbasis android. Aplikasi android mendapatkan data dari *Platform Antares* yang kemudian akan dilakukan parsing data untuk mengambil nilai arus dan energi listrik, maka nilai arus dan energi listrik akan ditampilkan pada aplikasi android yang telah dirancang.

### 3.6 PENGUJIAN SISTEM

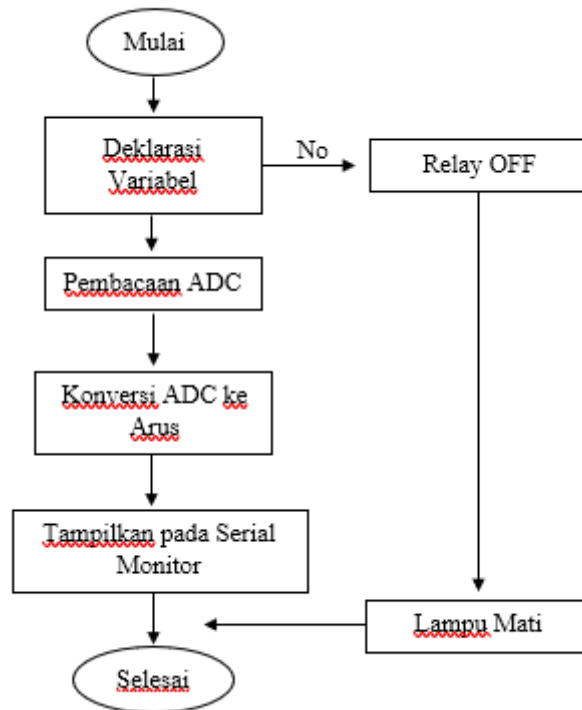
Pengujian sistem pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat dapat berfungsi dengan baik atau tidak sehingga dapat diimplementasikan. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur arus, power dan energi listrik pada alat yang sudah dibuat. Sistem dikatakan berhasil apabila sensor dapat membaca data dan mengirimkan data tersebut melalui modul *LoRa Shield* ke *LoRa gateway* dan kemudian data tersebut dikirim ke *platform Antares*. Setelah itu data akan ditampilkan melalui aplikasi yang dirancang khusus untuk monitoring penerangan jalan umum.

#### 3.6.1 Pengujian Akurasi Sensor ACS712 5A

Pengujian sensor ACS712 5A pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah sensor ACS712 5A dapat terbaca dengan baik atau tidak dan untuk mengetahui tingkat keakuratan sensor ACS712 5A pada saat membaca arus dengan cara membandingkan hasil nilai sensor dengan hasil nilai dari multimeter. Pengujian dilakukan dengan mengukur arus pada 5 alat dengan beban daya yang berbeda-beda pada sumber tegangan yang sama. Pengukuran sensor dilakukan sebanyak 30 kali kemudian dilakukan nilai rata-rata yang didapat pada setiap kondisi sensor. Setelah mendapatkan nilai rata-rata sensor maka selanjutnya membandingkan nilai rata-rata sensor dengan nilai pengukuran melalui *clamp* meter sehingga akan mendapatkan hasil persentase kesalahan pada pembacaan sensor. Adapun rumus dari persentase kesalahan seperti pada persamaan 1.

$$Error (\%) = \frac{|\text{nilai ukur} - \text{nilai standar}|}{\text{nilai standar}} \times 100 \quad (3.1)$$

Pada persamaan 1 terdapat nilai ukur dan juga nilai standar. Nilai ukur adalah nilai yang di dapat pada hasil pengukuran sensor ACS712 5A sedangkan nilai standar adalah nilai yang di dapat pada hasil pengukuran multimeter atau *clamp* meter. Nilai yang diambil adalah nilai absolut yang mana negatif menjadi positif. Berikut merupakan *flowchart* dari pengujian akurasi sensor ACS712 5A.



**Gambar 3.16 Flowchart Pengujian Sensor ACS712 5A**

### 3.6.2 Pengujian Kualitas Layanan/*Quality of Service* (QoS)

Pengujian kualitas layanan atau QoS pada komunikasi LoRa menggunakan empat parameter, yaitu *Success Rate*, *Throughput*, *Packet Loss*, dan *Delay (latency)*. Empat parameter ini akan menjadi tolak ukur untuk melihat hasil dari kualitas layanan atau QoS yang dihasilkan oleh komunikasi LoRa, Apakah data yang dikirimkan akan sampai ke penerima dengan baik atau tidak. Untuk mengetahui hal tersebut, penulis harus melakukan pengujian pengiriman paket menggunakan jarak yang berbeda-beda antara *end device* dengan *gateway*. Dalam pengujian ini peneliti menggunakan jarak 100 meter, 200 meter, dan 300 meter dengan kondisi *Line of Sight* atau tanpa penghalang.





**Gambar 3.17 Lokasi Pengujian QoS Pada Komunikasi LoRa**

### **3.6.3 Pengujian Jarak Maksimum Pada Komunikasi LoRa**

Pengujian pengukuran jarak maksimum pada komunikasi LoRa bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh LoRa dapat mengirimkan data secara optimal. Modul LoRa akan terus menerus mengirimkan data sampai data tersebut tidak lagi dapat diterima oleh server atau dikirimkan oleh modul LoRa. Maka jarak tersebut merupakan jarak maksimum yang dihasilkan dari pengujian jarak komunikasi LoRa.

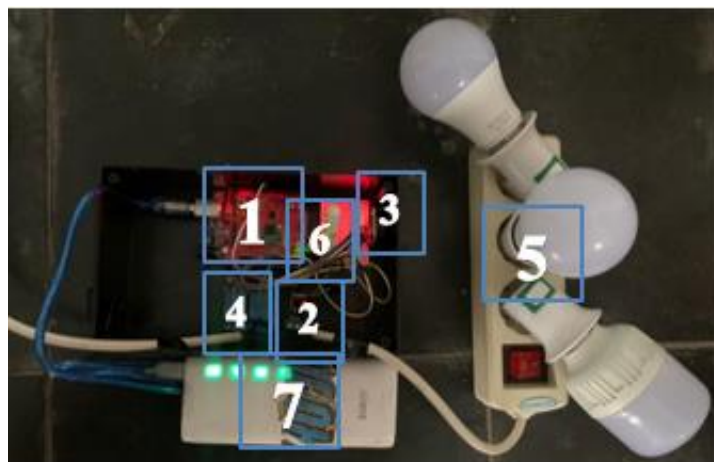
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dan pembahasan analisa pada bab ini merupakan tahap lanjutan dari proses perancangan dan pembuatan sistem monitoring dan kontrol otomatis penerangan jalan umum berbasis komunikasi LoRa. Pengujian ini dilakukan secara bertahap seperti alur yang sudah dijelaskan pada bab 3. Hasil dan pembahasan meliputi dari perangkat yang digunakan serta hasil pengujian sistem berupa pembacaan alat menggunakan sensor ACS712 5A, *Quality of Service* pada komunikasi LoRa, analisis sistem monitoring dan kontrol otomatis Penerangan Jalan Umum dan jarak maksimum pada komunikasi LoRa.

#### 4.1 HASIL PERANCANGAN SISTEM

Pada penelitian ini menghasilkan perancangan sistem mulai dari perancangan *end device*, pengiriman data pada *Platform* Antares dan tampilan data pada aplikasi android. Pada perancangan *end device* sistem kontrol dilakukan secara otomatis menggunakan RTC DS3231 dan akan menghasilkan nilai arus, *power*, dan energi listrik dari pembacaan sensor ACS712 5A yang kemudian data tersebut akan diolah oleh mikrokontroler Arduino uno. Data nilai yang telah didapat akan dikirimkan oleh LoRa Dragino *Shield* melalui *gateway* LoRa kerlink berupa nilai arus dan energi listrik dan dikirimkan pada *Platform* Antares, lalu akan diteruskan pada aplikasi android yang telah dirancang sebagai sistem monitoring. Berikut merupakan hasil perancangan dari *end device*.



**Gambar 4.1 Hasil Perancangan *End Device***

Pada gambar 4.1 merupakan hasil dari perancangan *end device*. Perangkat tersebut terdiri dari beberapa komponen, yaitu :

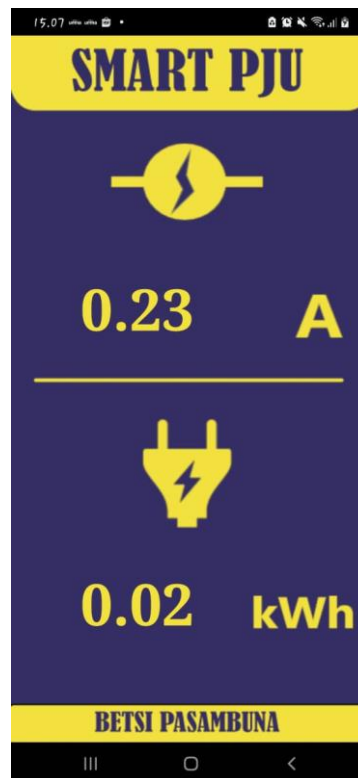
1. Arduino Uno dan LoRa Dragino *Shield* 915 Mhz : Berfungsi sebagai mikrokontroler untuk memproses data dan mengatur *input* dan *output* serta LoRa sebagai protokol komunikasi dari *end device* ke *gateway*.
2. Sensor ACS712 5A : berfungsi untuk membaca nilai arus pada lampu penerangan jalan umum.
3. Modul RTC DS3231 : berfungsi untuk memerintah lampu menyala pada pukul 17.00 hingga pukul 06.00.
4. Modul *Relay* : berfungsi sebagai saklar untuk menyalakan/mematikan lampu penerangan jalan umum.
5. Stop Kontak dan Lampu : perangkat yang akan dikendalikan nyala dan matinya lampu kemudian diambil data arus untuk diolah oleh mikrokontroler (perumpamaan PJU). Beban daya lampu yang digunakan adalah 9 Watt dan 10 Watt.
6. *Antenna* 3 dBi : digunakan untuk memperkuat sinyal dari LoRa Dragino *Shield*.
7. *Powerbank* 10000 mAh : berfungsi sebagai *power supply* untuk menjalankan sistem pada mikrokontroler.



**Gambar 4.2 Tampilan Data Dari Platform Antares**

Pada gambar 4.2 terdapat tampilan data dari *platform* Antares yang digunakan sebagai *application server* untuk menyimpan data yang dikirim melalui *gateway* LoRa menggunakan protokol LoRaWAN. *Platform* Antares

mendukung protokol LoRaWAN dan beberapa protokol lainnya. Format data yang digunakan oleh *Platform* Antares yaitu dalam bentuk JSON dan *Platform* Antares dilengkapi tanggal dan waktu ketika paket diterima, sehingga pengguna dapat lebih mudah mengetahui kapan data tersebut sampai atau terkirim ke *Platform* Antares. *Platform* Antares akan menerima data atau menampilkan data setiap 5 detiknya, sehingga pengguna dapat memonitoring secara *real-time*. Data yang ditampilkan pada *Platform* Antares berupa nilai arus dan energi yang didapatkan dari hasil pembacaan *end device* yang telah dirancang, dan beberapa data lain berupa *type*, *port*, dan *counter* yang merupakan data pabrik atau bawaan dari *platform* Antaresnya. Kemudian data dari *platform* Antares akan diteruskan ke aplikasi android.



**Gambar 4.3 Tampilan Data Dari Aplikasi Android**

Pada gambar 4.3 merupakan tampilan data pada aplikasi android yang telah dirancang melalui MIT App Inventor, yang mana data tersebut merupakan nilai arus dengan satuan A (*Ampere*) dan energi listrik dengan satuan kWh (*kiloWatt-hour*) yang digunakan sebagai parameter untuk dimonitoring. Fungsi parameter arus pada monitoring PJU ini adalah untuk mengetahui apakah lampu dalam keadaan mati atau menyala, Jika nilai arus

bernilai 0 maka lampu dalam keadaan mati namun jika arus tidak bernilai 0 maka lampu sedang menyala. Berdasarkan hasil pengujian perancangan sistem, dapat diketahui bahwa sistem yang dirancang telah berhasil.

#### 4.2 HASIL PENGUJIAN AKURASI SENSOR ACS712 5A

Pengujian akurasi sensor ACS712 5A yaitu dengan cara membandingkan hasil pembacaan nilai arus dari sensor ACS712 5A yang ditampilkan pada serial monitor dengan hasil pengukuran arus menggunakan *Clamp* Meter jenis Sanwa DCM4000AD. Pengujian akurasi sensor ACS712 5A menggunakan 5 alat listrik dengan beban daya yang berbeda-beda, diantaranya setrika, pemanas air, *rice cooker*, kipas, dan lampu. Pengukuran arus menggunakan *clamp* meter hanya menggunakan satu kabel, dengan cara menjepitkan tang *ampere* ke satu kabel konduktor yang dialiri arus (kabel listrik berada di tengah-tengah tang penjepit). Berikut merupakan hasil pengujian dari sensor ACS712 5A.

**Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor ACS712 5A pada Setrika 395 Watt**

No.	Beban Daya	Pembacaan Sensor Arus ACS712 5A		Pembacaan <i>Clamp</i> Meter (A)	Akurasi (%)
		Satuan (A)	Rata-Rata (A)		
1	Setrika 395 Watt	1,56608	1,583497	1,61	98,35
2		1,56608			
3		1,57541			
4		1,56608			
5		1,79001			
6		1,56608			
7		1,62206			
8		1,72470			
9		1,71537			
10		1,58474			
11		1,56608			
12		1,57541			
13		1,55675			
14		1,58474			
15		1,56608			
16		1,54742			
17		1,54742			
18		1,54742			
19		1,56608			

20	1,55675		
21	1,55675		
22	1,54742		
23	1,56608		
24	1,55675		
25	1,55675		
26	1,56608		
27	1,57541		
28	1,56608		
29	1,55675		
30	1,56608		



**Gambar 4.4 Pembacaan Arus Clamp Meter Pada Setrika 395 Watt**

Pada gambar 4.4 diketahui bahwa hasil pengukuran arus menggunakan *clamp* meter didapat sebesar 1,61 A dan pembacaan arus pada serial monitor menggunakan sensor ACS712 5A didapat rata-rata nilai 1,583497 A seperti pada tabel 4.1. Hal ini menunjukkan bahwa selisih hasil pengukuran antara sensor ACS712 5A dan clamp meter hanya 0,026503 yang mana *error*-nya hanya 1,65%.

**Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sensor ACS712 5A pada Kipas 37 Watt**

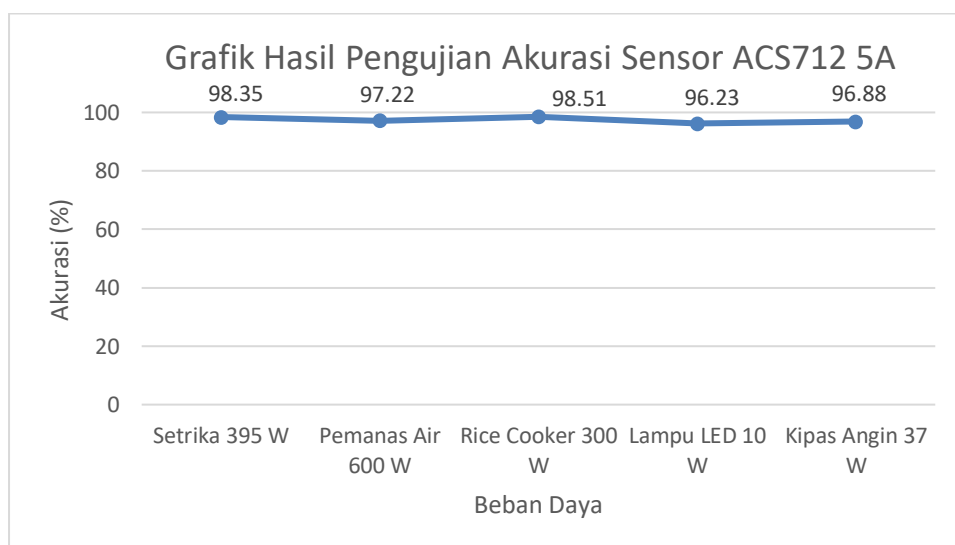
No.	Beban Daya	Pembacaan Sensor Arus ACS712 5A		Akurasi (%)

		<b>Satuan (A)</b>	<b>Rata-Rata (A)</b>	<b>Pembacaan Clamp Meter (A)</b>	
1	Kipas 37 Watt	0,08280	0,07750733	0,08	96,88
2		0,08280			
3		0,07346			
4		0,07346			
5		0,06412			
6		0,07346			
7		0,07346			
8		0,08280			
9		0,07346			
10		0,08280			
11		0,08280			
12		0,07346			
13		0,08280			
14		0,07346			
15		0,06412			
16		0,08280			
17		0,08280			
18		0,07346			
19		0,08280			
20		0,07346			
21		0,08280			
22		0,07346			
23		0,07346			
24		0,07346			
25		0,08280			
26		0,08280			
27		0,08280			
28		0,08280			
29		0,07346			
30		0,08280			



**Gambar 4.5 Pembacaan Arus *Clamp* Meter Pada Kipas 37 Watt**

Pada gambar 4.5 diketahui bahwa hasil pengukuran arus menggunakan *clamp* meter didapat sebesar 0,08 A dan pembacaan arus pada serial monitor menggunakan sensor ACS712 5A didapat rata-rata nilai 0,07750733 A seperti pada tabel 4.2. Hasil selisih pengukuran antara sensor ACS712 5A dan *clamp* meter hanya 0,00249267 yang mana *error*-nya hanya 3,12%. Berdasarkan hasil pengukuran diatas, dapat diketahui bahwa semakin besar beban daya yang diukur maka semakin besar juga arus listriknya dengan nilai tegangan yang sama pada setiap pengukuran.



**Gambar 4.6 Grafik Hasil Pengujian Akurasi Sensor ACS712 5A**



Berdasarkan gambar 4.6 dapat diketahui bahwa pengukuran arus menggunakan sensor ACS712 5A jika beban daya dengan ukuran besar hasilnya lebih akurat jika dibandingkan dengan beban daya yang berukuran kecil. Dari hasil pengukuran keseluruhan menggunakan sensor ACS712 5A didapatkan nilai rata-rata akurasi sebesar 97,43% dengan *error* maksimum sebesar 3,67% dan *error* minimum sebesar 1,49%. Maka sensor ACS712 5A dinyatakan akurat karena pembacaan *error* tidak melebihi 5% atau hasil akurasi diatas 95%, sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor ACS712 5A baik digunakan untuk sistem monitoring pada penelitian ini. Untuk tabel hasil pengukuran yang lebih lengkap dapat dilihat pada lembaran lampiran.

### 4.3 HASIL PENGUJIAN *QUALITY OF SERVICE* PADA KOMUNIKASI LORA

#### 4.3.1 PENGUJIAN *THROUGHPUT*

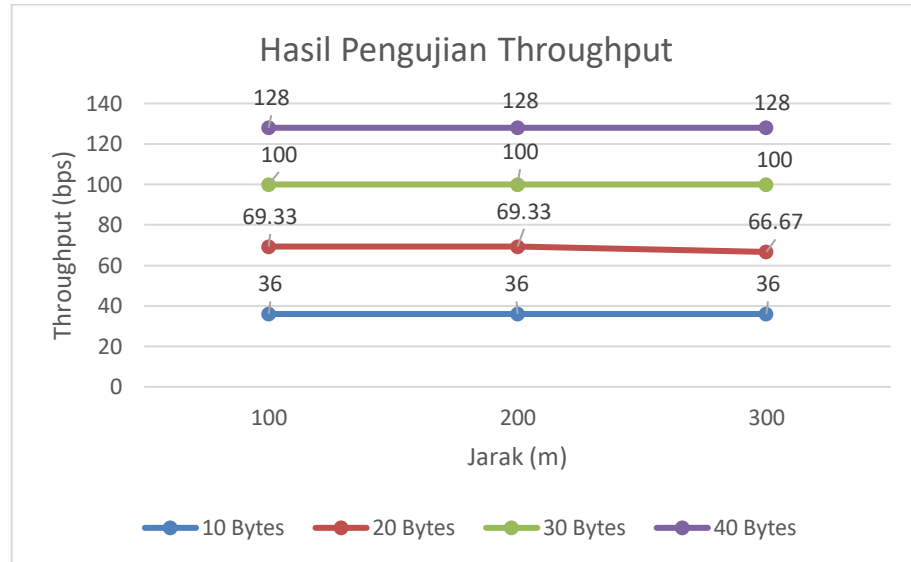
Pengujian *throughput* dilakukan dengan cara mengirimkan paket dari *end device* ke *Platform* Antares dengan ukuran paket 10 Bytes, 20 Bytes, 30 Bytes, dan 40 Bytes dalam waktu 1 menit. Pengujian *throughput* dilakukan pada jarak 100, 200, dan 300 meter dengan kondisi *Line of Sight* (LOS). Tujuan dari pengujian *throughput* untuk mengetahui seberapa banyak paket yang dapat dikirimkan oleh LoRa ke *Platform* Antares. Hasil pengukuran pada setiap jarak akan diubah ke dalam bentuk *bit* kemudian dibagi dengan jumlah waktu pengamatan dalam bentuk *second* sehingga akan menghasilkan *bit per second*. Berikut merupakan hasil pengujian *throughput* pada komunikasi LoRa.

**Tabel 4.3 Hasil Pengujian *Throughput***

Jarak (m)	Ukuran Paket (Bytes)			
	10	20	30	40
100	36 bps	69,33 bps	100 bps	128 bps
200	36 bps	69,33 bps	100 bps	128 bps
300	36 bps	66,67 bps	100 bps	128 bps

Berdasarkan tabel 4.1 diketahui bahwa hasil pengujian *throughput* sangat dipengaruhi oleh jumlah paket yang diterima dan juga waktu pengamatan yang digunakan. Hasil *throughput* pada jarak 100, 200, dan

300 meter memiliki nilai rata-rata *throughput* yang sama pada besar ukuran paket yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa jarak tidak terlalu berpengaruh pada hasil *throughput*.

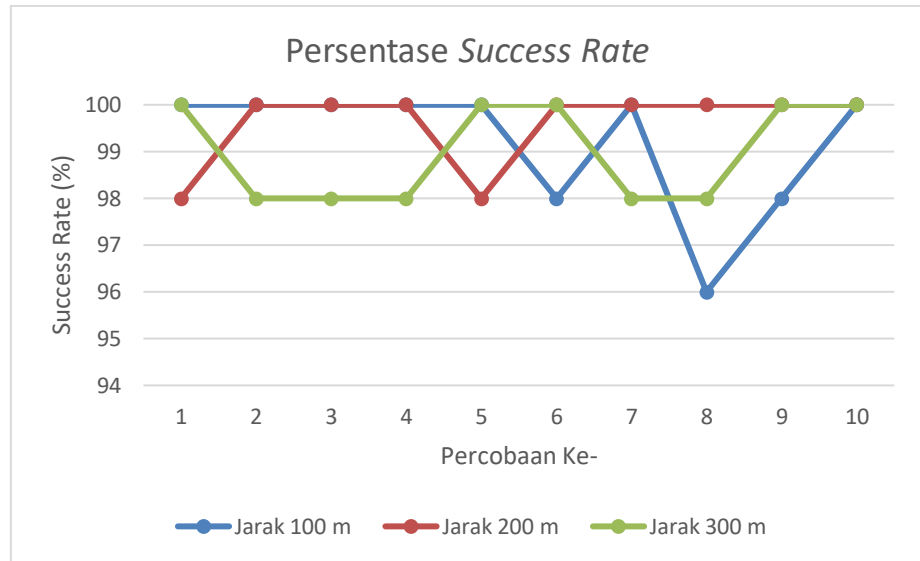


**Gambar 4.7 Grafik Hasil Pengukuran *Throughput***

Berdasarkan gambar 4.7 dapat diketahui bahwa *throughput* yang dihasilkan pada jarak 100 dan 200 meter tidak berbeda, sedangkan pada jarak 300 meter perbedaan hasil dengan jarak 100 dan 200 meter hanya pada ukuran paket 20 Bytes. Hal ini menjelaskan bahwa pengaruh besar kecilnya *throughput* bergantung pada ukuran paket yang digunakan, jika ukuran paket semakin besar maka *throughput* yang dihasilkan akan lebih besar dan paket yang diterima akan lebih sedikit, dan jika ukuran paket semakin kecil maka *throughput* yang dihasilkan akan lebih kecil dan paket yang diterima akan lebih banyak.

#### 4.3.2 PENGUJIAN *SUCCESS RATE*

Pengujian *success rate* dilakukan dengan cara mengirimkan 50 paket sebanyak 10 kali dari *end device* ke Platform Antares dengan ukuran paket sebesar 15 Bytes pada jarak 100, 200, dan 300 meter dengan kondisi *Line of Sight* (LOS). Tujuan dari pengujian *success rate* untuk mengetahui nilai persentase keberhasilan paket yang diterima dengan perbandingan paket yang dikirim. Berikut merupakan hasil pengujian *success rate* pada komunikasi LoRa.

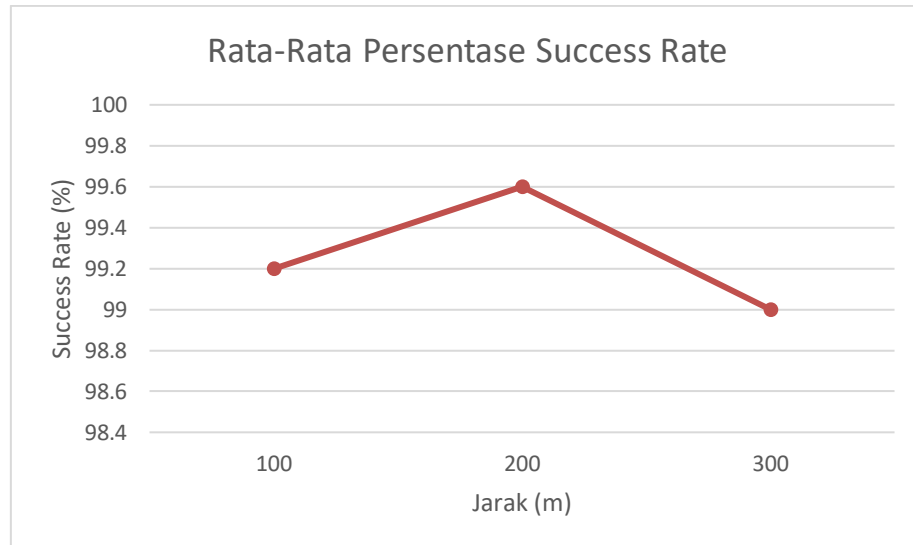


**Gambar 4.8 Grafik Hasil Pengujian *Success Rate***

Pada gambar 4.8 terdapat grafik hasil pengujian *success rate* pada jarak 100 meter, 200 meter, dan 300 meter. Pada jarak 100 meter dari 10 percobaan terdapat 3 percobaan yang mengalami penurunan persentase yaitu pada percobaan 6,8 dan 9 yang mengalami penurunan persentase 2% hingga 4%. Hasil rata-rata *success rate* pada jarak 100 meter diperoleh 99,2%.

Sedangkan hasil pengujian *success rate* pada jarak 200 meter mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan jarak sebelumnya. Dari 10 kali percobaan terdapat 2 kali percobaan yang mengalami penurunan persentase 2% yaitu dipercobaan 1 dan 5. Hasil rata-rata *success rate* pada jarak 200 meter sebesar 99,6% yang mana mengalami kenaikan 0,4% dari hasil rata-rata pada jarak sebelumnya.

Pada jarak 300 meter dari 10 percobaan terdapat 5 percobaan yang mengalami penurunan persentase, yang artinya paket yang diterima lebih sedikit jika dibandingkan dengan kedua jarak sebelumnya. Hasil rata-rata *success rate* yang diperoleh dari jarak 300 meter adalah 99% yang mana mengalami penurunan persentase sebanyak 0,2% hingga 0,6% dari hasil rata-rata persentase pada jarak 100 meter dan 200 meter.

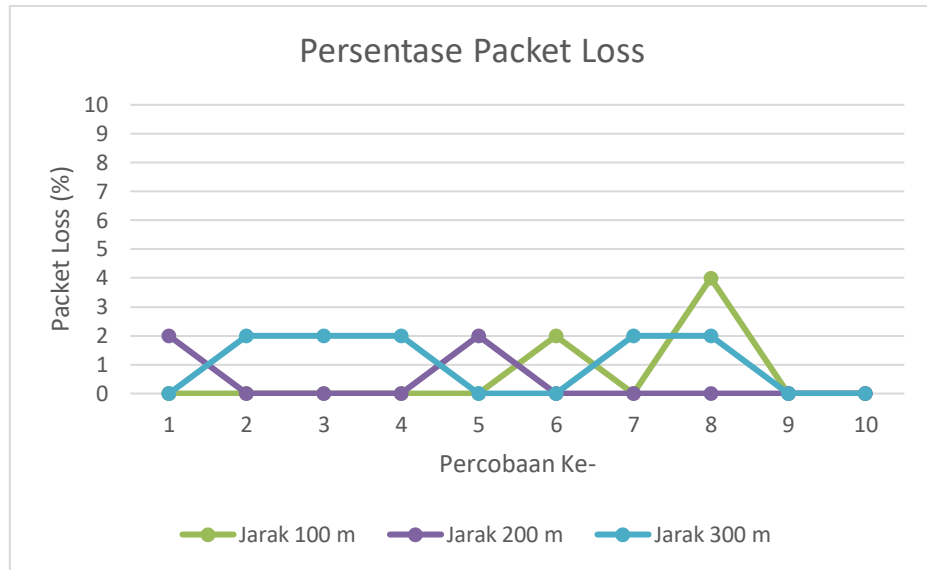


**Gambar 4.9 Grafik Hasil Rata-Rata Pengujian *Success Rate***

Berdasarkan gambar 4.9 dapat diketahui bahwa pada jarak 300 meter memiliki nilai *success rate* yang paling rendah dibandingkan jarak 100 dan 200 meter. Hal ini menjelaskan bahwa jarak juga dapat berpengaruh terhadap hasil *Quality of Service* dari suatu jaringan. Namun penyebab lainnya karena adanya atenuasi atau gangguan pada jalur transmisi yang digunakan pada saat pertukaran data. Hasil rata-rata *success rate* dari komunikasi LoRa tidak kurang dari 95%, sehingga penulis berasumsi bahwa kualitas yang dihasilkan pada komunikasi LoRa terbilang bagus untuk digunakan pada lingkungan luar (*outdoor*) dengan kondisi *Line of Sight*.

#### 4.3.3 PENGUJIAN *PACKET LOSS*

Pengujian *packet loss* dilakukan dengan cara mengirimkan 50 paket sebanyak 10 kali dari *end device* ke *platform* Antares dengan ukuran paket sebesar 15 *Bytes* pada jarak 100, 200, dan 300 meter dengan kondisi *Line of Sight* (LOS). Tujuan dari pengujian *packet loss* untuk mengetahui seberapa banyak paket yang hilang pada saat pengiriman paket. Hasil pengujian *packet loss* yang didapat kemudian dibandingkan dengan jumlah paket yang dikirim lalu diubah dalam bentuk persentase. Berikut merupakan hasil dari pengujian *packet loss* menggunakan komunikasi LoRa.



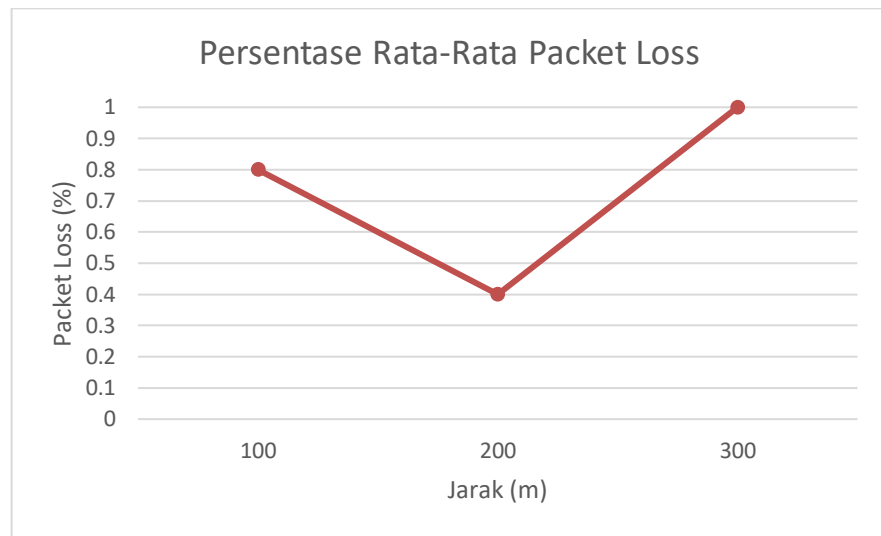
**Gambar 4.10 Grafik Hasil Pengujian *Packet Loss***

Pada gambar 4.10 merupakan hasil dari pengujian *packet loss* pada jarak 100, 200, dan 300 meter. Pada jarak 100 meter diketahui bahwa pada percobaan ke 6, 8, dan 9 terdapat beberapa paket yang hilang. Pada percobaan ke 8 paket yang hilang sebanyak 4% sedangkan pada percobaan 6 dan 9 hanya 2%. Maka rata-rata *packet loss* yang dihasilkan pada jarak 100 meter yaitu 0,8%.

Pada jarak 200 meter paket yang hilang lebih sedikit dibandingkan dengan hasil pengujian *packet loss* pada jarak 100 meter. Terdapat 2 percobaan dari 10 percobaan yang mengalami *packet loss* yaitu pada percobaan 1 dan 5 terdapat 2% paket yang hilang, sehingga hasil rata-rata *packet loss* pada jarak 200 meter adalah 0,4%. Artinya *packet loss* mengalami penurunan persentase sebanyak 0,4% dari hasil percobaan sebelumnya.

Sedangkan pada jarak 300 meter yang diketahui bahwa lebih banyak paket yang hilang jika dibandingkan dengan hasil pengujian *packet loss* pada jarak 100 meter dan 200 meter. Dari 10 kali percobaan terdapat 5 kali percobaan yang mengalami *packet loss*. Pada 5 percobaan tersebut rata-rata paket yang hilang sebanyak 2% dan hasil rata-rata keseluruhan *packet loss* pada jarak 300 meter yaitu 1% . Hal ini menjelaskan bahwa pengujian *packet loss* pada jarak 300 meter mengalami kenaikan

sebanyak 0,6% jika dibandingkan dengan percobaan pada jarak 200 meter.



**Gambar 4.11 Grafik Hasil Rata-Rata Pengujian *Packet Loss***

Berdasarkan gambar 4.15 dapat diketahui bahwa hasil rata-rata *packet loss* pada setiap jarak tidak lebih dari 3% dengan nilai minimum rata-rata *packet loss* 0,4% dan nilai maximum 1% . Hal ini menunjukkan bahwa *packet loss* yang dihasilkan oleh komunikasi LoRa dikatakan sangat bagus karena tidak lebih dari 5%. Pada hasil pengujian ini, jarak juga dapat menjadi penyebab terjadinya *packet loss*, semakin jauh jarak yang ditempuh maka semakin berpengaruh pula kualitas *packet loss* yang dihasilkan. Namun penyebab utama *packet loss* terjadi dikarenakan adanya tabrakan atau *collision* dan tumpukkan data yang dipengaruhi oleh sinyal akibat *noise* yang berlebihan sehingga dapat menurunkan performa jaringan.

#### **4.3.4 PENGUJIAN *DELAY***

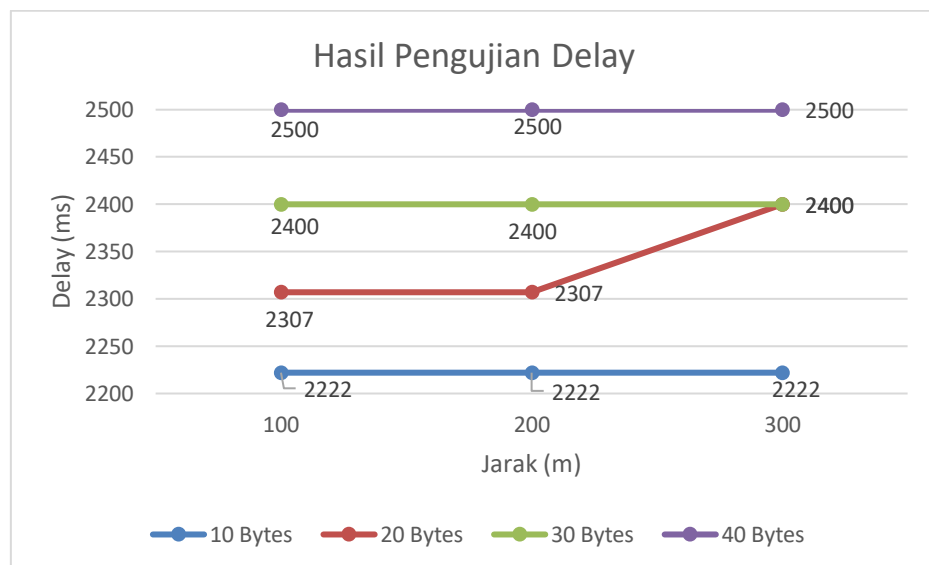
Pengujian *delay* dilakukan dengan cara mengirimkan paket dari *end device* ke *Platform Antares* dengan kapasitas 20 Bytes, 30 Bytes, 40 Bytes dan 50 Bytes selama 1 menit pada jarak 100, 200, dan 300 meter dengan kondisi *Line of Sight (LOS)*. Kemudian menghitung berapa lama *delay* pada setiap paket yang dikirim lalu diambil nilai rata-rata *delay* dengan kapasitas data yang berbeda-beda. Pengujian *delay* bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan oleh data untuk sampai

ketempat tujuan. Berikut merupakan hasil pengujian *delay* pada komunikasi LoRa.

**Tabel 4.4 Hasil Pengujian *Delay***

Kapasitas Paket	<i>Delay</i> pada Jarak (m)		
	100	200	300
10 Bytes	2222 ms	2222 ms	2222 ms
20 Bytes	2307 ms	2307 ms	2400 ms
30 Bytes	2400 ms	2400 ms	2400 ms
40 Bytes	2500 ms	2500 ms	2500 ms

Berdasarkan tabel 4.2 dapat diketahui bahwa *delay* maksimum yang dihasilkan pada komunikasi LoRa adalah 2500 ms sedangkan *delay* minimum dengan nilai 2222 ms. Nilai rata-rata *delay* terkecil pada ukuran paket 10 Bytes diperoleh nilai 2222 ms, sedangkan nilai rata-rata terbesar pada ukuran 40 Bytes diperoleh nilai 2500 ms. Hal ini menjelaskan bahwa hasil pengujian *delay* tidak terlalu berpengaruh pada jarak, namun ukuran paket yang mempengaruhi hasil pengujian *delay*.



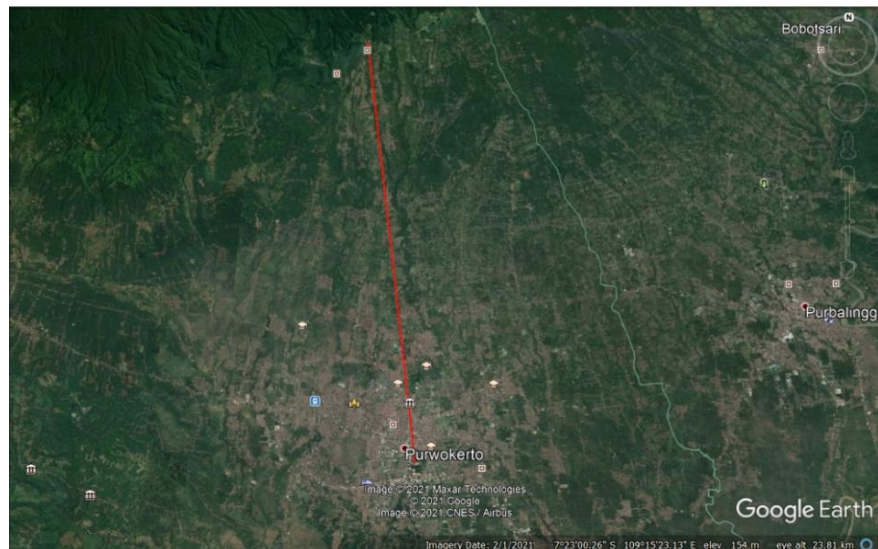
**Gambar 4.12 Grafik Hasil Pengujian *Delay***

Berdasarkan gambar 4.16 dapat diketahui bahwa terjadi peningkatan *delay* pada jarak 300 meter dengan ukuran paket 20 Bytes, sedangkan pada ukuran paket lainnya tidak terdapat perubahan (hasilnya sama pada setiap jaraknya), hal ini disebabkan oleh kondisi jarak pengujian yang selisihnya tidak terlalu jauh. Penyebab utama *delay* pada penelitian ini

disebabkan oleh besar kecilnya ukuran paket, semakin besar ukuran paket maka *delay* yang dihasilkan juga akan semakin besar atau meningkat.

#### 4.4 HASIL PENGUJIAN JARAK MAKSIMUM

Pengujian jarak maksimum dilakukan mulai dari IT Telkom Purwokerto dimana *Gateway* LoRa kerlink berada, kemudian *End Device* akan bergerak menjauhi *gateway* sampai dengan paket tidak dapat diterima oleh *platform* Antares. Pada hasil pengujian ini, LoRa Dragino *Shield* masih dapat mengirimkan paket hingga 13,8 km yang berlokasi di Lokawisata Baturaden. Jarak maksimum bergantung pada *obstacle* yang berada pada kota tersebut dan *gateway* yang digunakan. Karena Baturaden merupakan dataran tinggi dan tidak terlalu banyak *obstacle* maka modul LoRa masih dapat mengirimkan paket dan masih dapat menerima sinyal dari *gateway* yang berlokasi di IT Telkom Purwokerto hingga Baturaden. Gambar 4.23 merupakan jalur transmisi pengukuran jarak maksimum.



**Gambar 4.13 Hasil Pengukuran Jarak Maksimum**



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 KESIMPULAN**

Berdasarkan pembahasan mengenai Sistem Monitoring dan Kontrol Otomatis Penerangan Jalan Umum Berbasis Komunikasi LoRa, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Perancangan sistem dikatakan berhasil karena *End Device* dapat mengirimkan nilai arus (A) dan energi listrik (kWh) ke *platform* Antares dan data tersebut dapat ditampilkan pada aplikasi android yang telah dirancang.
2. Hasil pengujian keakuratan sensor arus ACS712 5A dinyatakan baik dan akurat karena didapatkan nilai rata-rata akurasi pada sensor arus sebesar 97,43%.
3. Hasil pengujian QoS yang didapatkan dari parameter *success rate* memiliki rata-rata sebesar 99,2% untuk jarak 100 meter, 99,6% untuk jarak 200 meter, dan 99% untuk jarak 300 meter. Sedangkan untuk parameter *packet loss* memiliki rata-rata sebesar 0,8% untuk jarak 100 meter, 0,4 untuk jarak 200 meter, dan 1% untuk jarak 300 meter.
4. Hasil pengujian jarak maksimum pada komunikasi LoRa mencapai 13,8 km, semakin jauh jarak data yang dikirim maka akan mempengaruhi pada nilai QoS LoRa.
5. Hasil pengujian QoS pada parameter *throughput* dan *delay* sangat berpengaruh pada ukuran data yang digunakan. Semakin besar ukuran paket yang digunakan maka semakin tinggi nilai *throughput* dan *delay* yang dihasilkan. Sedangkan pada parameter *success rate* dan *packet loss* sangat berpengaruh pada kondisi *traffic* pada saat transmisi data. Semakin tinggi nilai *success rate* maka transmisi semakin baik, namun semakin tinggi *packet loss* maka transmisi semakin buruk.

#### **5.2 SARAN**

Dalam upaya memperbaiki kekurangan dan keterbatasan pada sistem ini, maka pada penelitian selanjutnya penulis menyarankan sebagai berikut :

1. Pada penelitian selanjutnya diharapkan sensor arus dipasang pada masing-masing lampu agar lebih mudah mengetahui kondisi pada masing-masing lampu.
2. Pada penelitian selanjutnya diharapkan menambah komponen sensor tegangan untuk membaca tegangan PLN agar mendapatkan hasil yang lebih akurat.
3. Pada penelitian selanjutnya sebaiknya mengganti sistem monitoring menggunakan *website* dan menambahkan parameter estimasi biaya pada pemakaian Penerangan Jalan Umum serta menampilkan tanggal dan kondisi lampu pada setiap jam.
4. Pada pengukuran QoS sebaiknya menggunakan selisih jarak yang jauh antara jarak satu dan jarak lainnya agar mendapatkan hasil yang lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Polres Demak, "Kecelakaan Lalu Lintas," Giat Polsek, Kamtibnas, 10 April 2019. [Online]. Available: <http://tribrataneews.demak.jateng.polri.go.id/keadaan-gelap-minim-lampu-penerangan-penyebab-terjadinya-kecelakaan-lalu-lintas/>. [Accessed 20 Desember 2020].
- [2] R. Imam, I. G. Putu, and F. Bimantoro, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Controlling Penerangan Jalan Umum Berbasis IoT dan Android," *JTIKA*, vol. 2, no. 1, pp. 101-112, 2020.
- [3] M. Fathan, A. Bhawiyuga, and Dany Primanita, "Analisis Kinerja Protokol LoRaWAN untuk Transmisi Data pada Skenario Urban Area," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 9, pp. 9054-9060, 2019.
- [4] [Online]. Available: PERDIRJEN SDPPI NO 2 TAHUN 2019 WLAN.pdf.
- [5] Norazizi and Adam, "Sistem Monitoring Lampu Penerangan Jalan Umum Berbasis SMS," *Jurnal Ilmiah Flash*, vol. 5, no. 1, pp. 23-28, 2019.
- [6] D. Pradipta Buwana, S. Setiawidayat, and Mukshin, "Sistem Pengendalian Lampu Penerangan Jalan Umum (PJU) Melalui Jaringan Internet Berbasis Android," *Journal of information Technology and Computer Science*, vol. 3, no. 3, pp. 149-154, 2018.
- [7] Dimas Surya Putra, N. Bogi, and Ratna Mayasari, "Rancang Bangun Smart Lighting dan Monitoring Kondisi Lampu Jalan Berbasis Wireless Sensor Network Menggunakan LoRa," *e-Proceeding of Engineering*, vol. 6, no. 2, pp. 4748-4755, 2019.
- [8] P. Angelo Kurnia, H. Tumaliang, and Lily Setyowati, "Sistem Pemantau dan Pengendali Penerangan Jalan Umum Kota Manado secara Terpusat Menggunakan Mikrokontroler," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 8, no. 2, pp. 75-82, 2019.

- [9] E. D. Widiyanto, A. A. Faizal, d. Eridani, R. D. Olympus, and M. S. Pakpahan, "Protokol Komunikasi LoRa Untuk Sistem Pemantauan Multisensor," *TELKA*, vol. 5, no. 2, pp. 83-92, 2019.
- [10] [Online]. Available: <https://www.loraalliance.org/portals/0/documents/whitepapers/LoRaWAN101.pdf>.
- [11] D.Vinka Sandi and M. Arrofiq, "Implementasi Analisis NIDS Berbasis Snort dengan Metode Fuzy untuk Mengatasi Serangan LoRaWAN," *Jurnal Resti*, vol. 2, no. 3, pp. 685-696, 2018.
- [12] Anip Febtriko, "Sistem Kontrol Peternakan Ikan dengan Menggunakan mikrokontroller berbasis android," *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab*, vol. 2, no. 1, pp. 21-31, 2017.
- [13] Tri Istiana, R. Y. Mardiyansyah, and G.S. Budhi Dharmawan, "Kajian Pemanfaatan IoT Berbasis LPWAN Untuk Jaringan Akuisisi Data ARG," *Jurnal Ilmiah*, vol. 12, no. 1, pp. 1-6, 2020.
- [14] A. W. Fadhilah, "RancangBangun Smart Lighting Sebagai Sistem Kontrol dan Monitoring Penerangan Jalan Umum Berbasis Internet of Things Menggunakan Protokol LoRa," Unpad, 1 Oktober 2020. [Online]. Available: <https://repository.unpad.ac.id/frontdoor/index/index/year/2020/docId/11056>. [Accessed 21 Desember 2020].
- [15] R. Wulandari, "Analisis QoS pada Jaringan Internet," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 2, no. 2, pp. 162-172, 2016.
- [16] Said Attamimi, A. D. Oftari, dan Setiyo Budiyanto, "Analisis QoS (Quality of Service) Pada Implementasi Layanan Broadband IPTV (Internet Protocol Television) di Jaringan Akses PT. Telkom," *Jurnal Teknologi Elektro Universitas Mercu Buana*, vol. 10, no. 2, pp. 76-88, 2019.
- [17] Y. Efendi, "Internet of Things Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Rasberry Pi Berbasis Mobile," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 1, pp. 19-26, 2018.

**LAMPIRAN**

**Tabel 5.1 Hasil Pengujian Akurasi Sensor ACS712 5A**

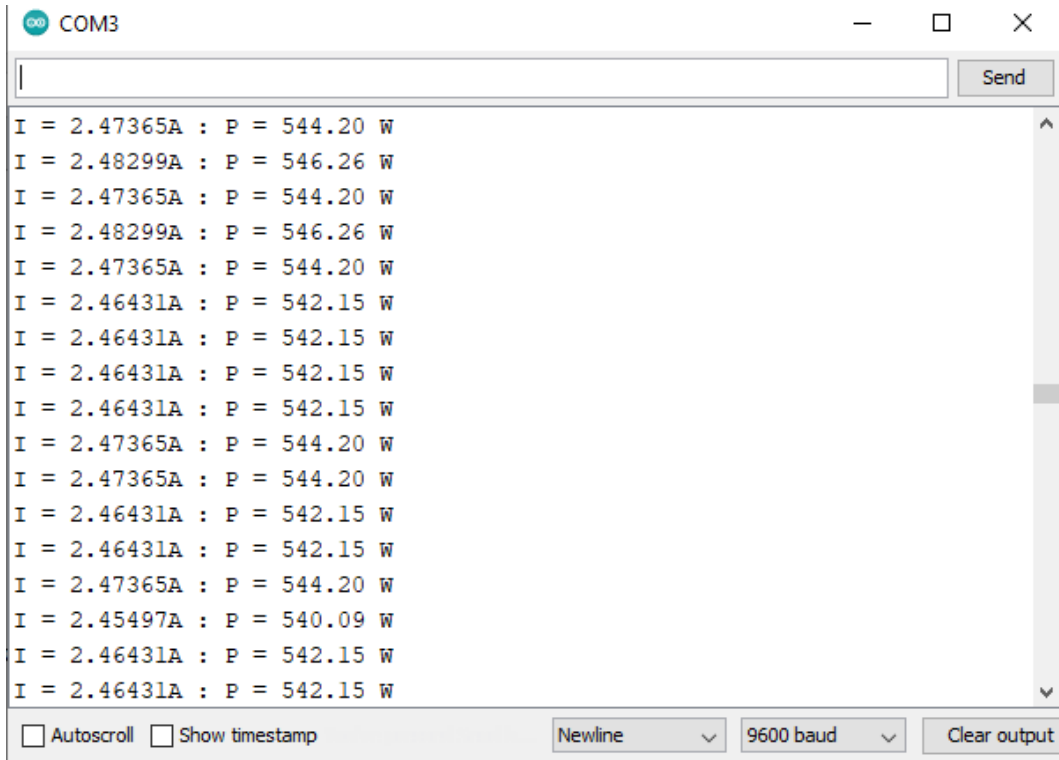
No,	Beban Daya	Pembacaan Sensor arus ACS712 5A		Pembacaan Clamp Meter (A)	akurasi (%)
		Satuan (A)	Rata-Rata (A)		
1	Setrika 395 W	1,56608	1,583497	1,61	98,35
2		1,56608			
3		1,57541			
4		1,56608			
5		1,79001			
6		1,56608			
7		1,62206			
8		1,7247			
9		1,71537			
10		1,58474			
11		1,56608			
12		1,57541			
13		1,55675			
14		1,58474			
15		1,56608			
16		1,54742			
17		1,54742			
18		1,54742			
19		1,56608			
20		1,55675			
21		1,55675			
22		1,54742			
23		1,56608			
24		1,55675			
25		1,55675			
26		1,56608			
27		1,57541			
28		1,56608			
29		1,55675			
30		1,56608			
31	Pemanas Air 600 W	2,41762	2,469603	2,54	97,22
32		2,49233			
33		2,48299			
34		2,48299			

35		2,47365			
36		2,48299			
37		2,47365			
38		2,48299			
39		2,47365			
40		2,46431			
41		2,46431			
42		2,46431			
43		2,46431			
44		2,47365			
45		2,47365			
46		2,46431			
47		2,46431			
48		2,47365			
49		2,45497			
50		2,46431			
51		2,46431			
52		2,46431			
53		2,46431			
54		2,48299			
55		2,47365			
56		2,48299			
57		2,47365			
58		2,46431			
59		2,46431			
60		2,46431			
61	Rice Cooker 300 W	1,1755	1,162424	1,18	98,51 dengan nilai error 1,49
62		1,15682			
63		1,1755			
64		1,15682			
65		1,15682			
66		1,16616			
67		1,16616			
68		1,15682			
69		1,16616			
70		1,16616			
71		1,16616			
72		1,15682			
73		1,15682			
74		1,15682			
75		1,15682			

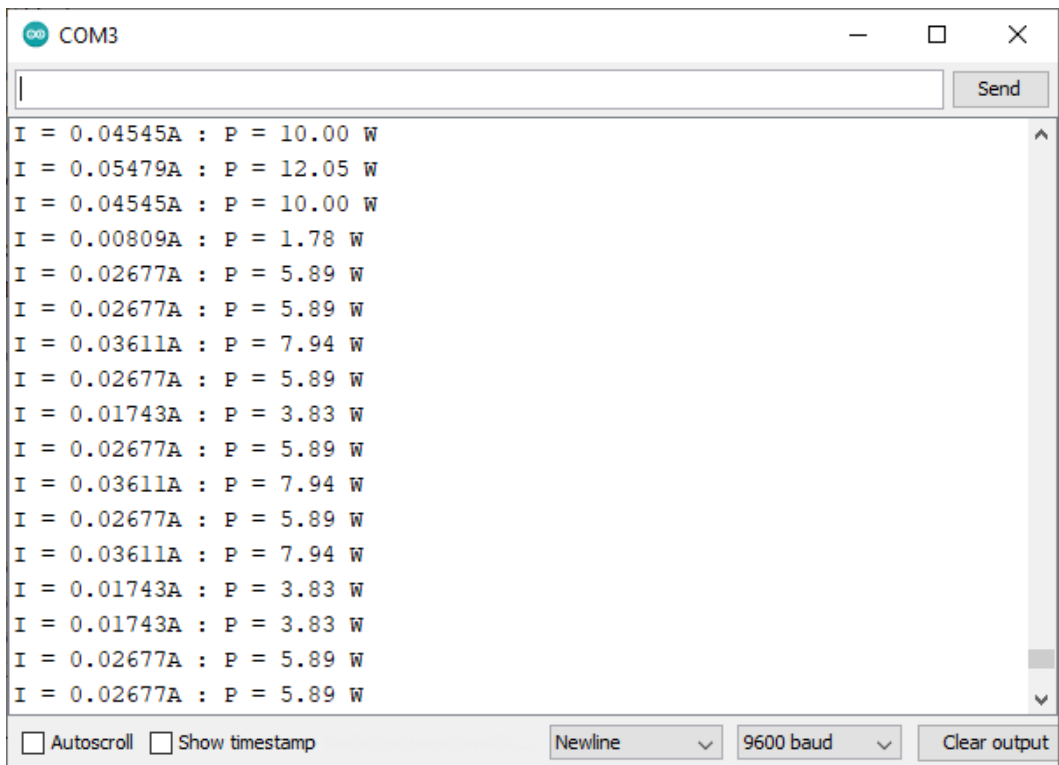
76		1,15682			
77		1,15682			
78		1,16616			
79		1,15682			
80		1,15682			
81		1,1755			
82		1,15682			
83		1,16616			
84		1,16616			
85		1,16616			
86		1,16616			
87		1,16616			
88		1,15682			
89		1,16616			
90		1,15682			
91	Lampu 10 W	0,02677	0,03112833	0,03	96,23 dengan niali error 3,77
92		0,02677			
93		0,01743			
94		0,02677			
95		0,02677			
96		0,02677			
97		0,02677			
98		0,02677			
99		0,02677			
100		0,01743			
101		0,03611			
102		0,16686			
103		0,02677			
104		0,01743			
105		0,02677			
106		0,03611			
107		0,04545			
108		0,01743			
109		0,02677			
110		0,02677			
111	0,01743				
112	0,02677				
113	0,03611				
114	0,05479				
115	0,01743				
116	0,01743				

117		0,02677			
118		0,01743			
119		0,01743			
120		0,02677			
121	Kipas Angin 37 W	0,0828	0,07750733	0,08	96,88
122		0,0828			
123		0,07346			
124		0,07346			
125		0,06412			
126		0,07346			
127		0,07346			
128		0,0828			
129		0,07346			
130		0,0828			
131		0,0828			
132		0,07346			
133		0,0828			
134		0,07346			
135		0,06412			
136		0,0828			
137		0,0828			
138		0,07346			
139		0,0828			
140		0,07346			
141		0,0828			
142		0,07346			
143		0,07346			
144		0,07346			
145		0,0828			
146		0,0828			
147		0,0828			
148		0,0828			
149		0,07346			
150		0,0828			

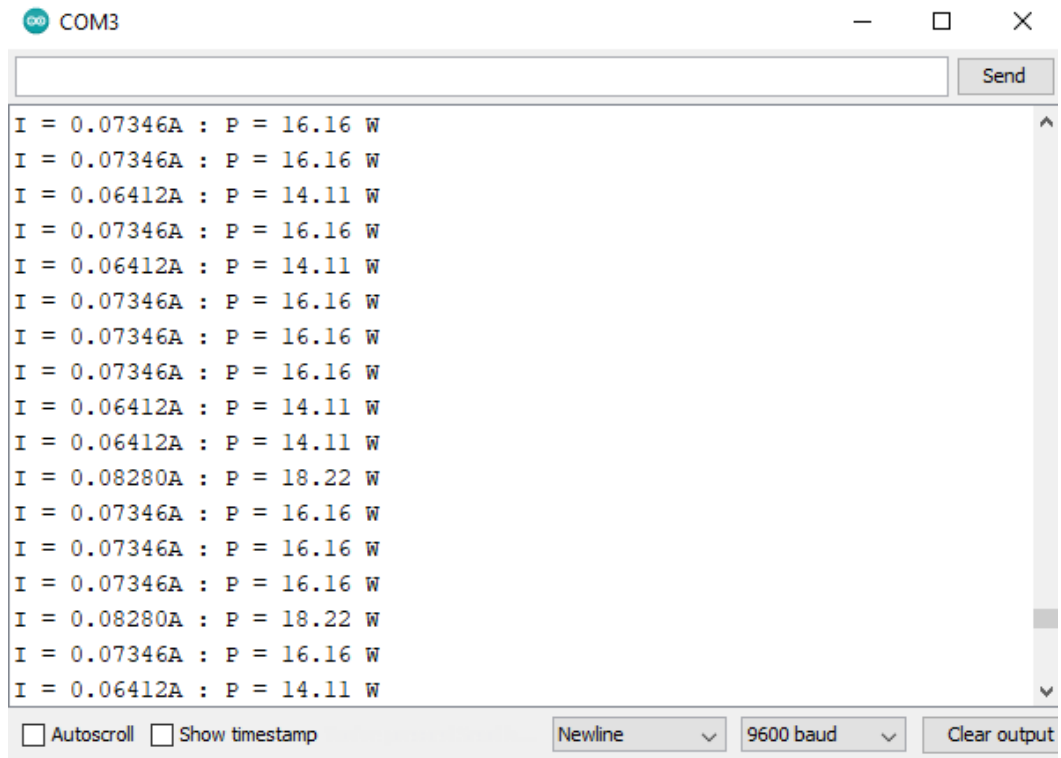




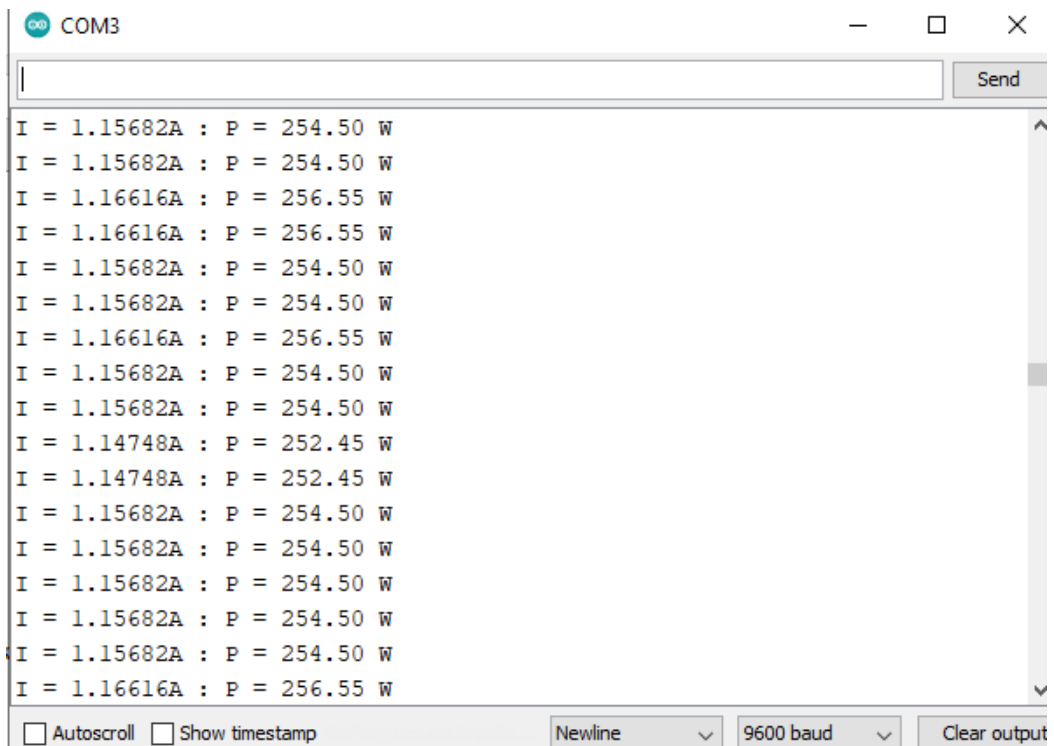
**Gambar 5.1 Serial Monitor Pemanas Air 600 Watt**



**Gambar 5.2 Serial Monitor Lampu 10 Watt**



**Gambar 5.3 Serial Monitor Kipas Angin 37 Watt**



**Gambar 5.4 Serial Monitor Rice Cooker 300 Watt**



**Gambar 5.5 Clamp Meter Kipas 37 Watt**



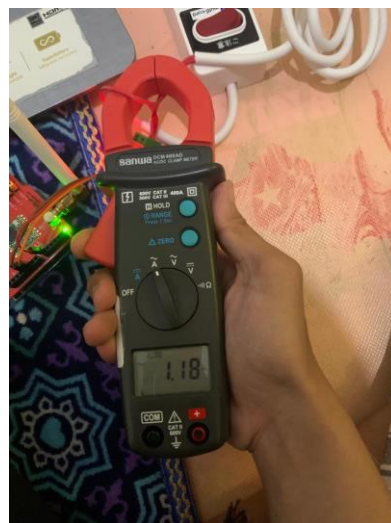
**Gambar 5.6 Clamp Meter Setrika 395 Watt**



**Gambar 5.7 Clamp Meter Pemanas Air 600 Watt**



**Gambar 5.8 Clamp Meter Lampu 10 Watt**



**Gambar 5.9 Clamp Meter Rice Cooker 300 Watt**

### **Kode Program Sistem Keseluruhan :**

```
#include <loraid.h> //library LoRa
#include <DS3231.h>

DS3231 rtc(SDA,SCL);
long interval = 5000; // 5s interval to send message
long previousMillis = 0; // will store last time message sent
char format[150] = "{\"Arus\": \"%s\", \"Energi\": \"%s\"}"; // liat format sprintf
char myStr[50];

const int relay=8;
bool on=LOW;
bool off=HIGH;
String hari;
const String waktu;
String tanggal;
const int sensorIn = A0;
int mVperAmp = 185;
float offset=0.132; //0.147
double Voltage = 0;
double VRMS = 0;
double AmpsRMS = 0;
double Power = 0;
double Energi;
double total_daya=0;

void setup() {
  rtc.begin();
  Serial.begin(9600);
  pinMode(relay,OUTPUT);
  digitalWrite(relay,HIGH);
  lora.init();
```

```

lora.setDeviceClass(CLASS_A);
lora.setDataRate(2);
lora.setAccessKey("7dbb26feed95db7d:473b9fe82c2f0ef7");
lora.setDeviceId("f4abd854");
}
void loop() {
    hari=rtc.getDOWStr();
    waktu=rtc.getTimeStr();
    tanggal=rtc.getDateStr();
    Serial.print (hari);
    Serial.print (" ");
    Serial.print (waktu);
    Serial.print (" ");
    Serial.println (tanggal);

    if (waktu >= "17:00:00" && waktu <= "23:59:59"){
        digitalWrite(relay,LOW);
    } else if (waktu >= "00:00:00" && waktu <= "06:00:00"){
        digitalWrite(relay,LOW);
    }else{
        digitalWrite(relay,HIGH);
    }
    Voltage = getVPP();
    VRMS = (Voltage / 2.0) * 0.707; //root 2 is 0.707
    AmpsRMS = ((VRMS * 1000) / mVperAmp)- offset;
    if (AmpsRMS < 0) AmpsRMS =0;
    Power= AmpsRMS * 220;
    total_daya = total_daya + Power;
    Energi = total_daya/3600000;
    String Amps = "";
    Amps = AmpsRMS;
    String Enr = "";

```

```

Enr = Energi;
Serial.print("Nilai Arus = ");
Serial.print(AmpsRMS, 5);
Serial.print(" A : P = ");
Serial.print(Power);
Serial.print(" W");
Serial.print(" Energi = ");
Serial.print(Energi);
Serial.println(" kWh");
delay (1000);

unsigned long currentMillis = millis();
if (currentMillis - previousMillis > interval)
{
    sprintf(myStr, format, Amps.c_str(),Enr.c_str());
    lora.sendToAntares((unsigned char *)myStr, strlen(myStr), 0);
}
lora.update();
}

float getVPP() //program pembacaan ADC sensor arus
{
    float result;
    int readValue; //Value read from the sensor
    int maxValue = 0; //store max value here
    int minValue= 1023; //store min value here

    for (int i = 0; i < 1000; i++)
    {
        readValue = analogRead (sensorIn);
        //see if you have a new maxValue
        if (readValue > maxValue)
        {

```

```
    maxValue=readValue;
}
if (readValue< minValue)
{
    minValue = readValue;
}
}
result = ((maxValue - minValue) * 5.0) / 1024.0;
return result;
}
```