



PROPOSAL TUGAS AKHIR - IT184802

DESAIN PURWARUPA EFISIENSI *DATA TRANSFER* PADA *SMART STREET LIGHT* BERBASIS *LONG RANGE WIDE AREA NETWORK PROTOCOL*

MUHAMMAD HILMI RAMADHAN

NRP 05311940000044

Dosen Pembimbing I

Dr. Rizka Wakhidatus Sholikah, S. Kom

NIP 1993202012054

Dosen Pembimbing II

Ridho Rahman Hariadi, S.Kom, M.Sc

NIP 198702132014041001

DEPARTEMEN TEKNOLOGI INFORMASI

Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2022

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN PURWARUPA EFISIENSI DATA TRANSFER PADA *SMART STREET LIGHT* BERBASIS *LONG RANGE WIDE AREA NETWORK PROTOCOL*

PROPOSAL TUGAS AKHIR

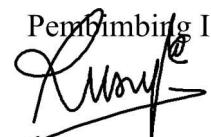
Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Komputer pada
Program Studi S-1 Teknologi Informasi
Departemen Teknologi Informasi
Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **MUHAMMAD HILMI RAMADHAN**

NRP. 05311940000044

Disetujui oleh Tim Pengaji Proposal Tugas Akhir:

1. Dr. Rizka Wakhidatus Sholikah, S. Kom

Pembimbing I


2. Ridho Rahman Hariadi, S.Kom, M.Sc

Pembimbing II


SURABAYA

September, 2022

APPROVAL SHEET

PROTOCOL DESIGN OF DATA TRANSFER EFFICIENCY ON SMART STREET LIGHT BASED ON LONG RANGE WIDE AREA NETWORK PROTOCOL

FINAL PROJECT PROPOSAL

Submitted to fulfill one of the requirements
for obtaining a degree Bachelor of Computer Science at
Undergraduate Study Program of Information Technology
Department of Information Technology
Faculty of Intelligent Electrical and Informatics Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By : **MUHAMMAD HILMI RAMADHAN**

NRP. 05311940000044

Approved by Final Project Proposal Examiner Team:

1. Dr. Rizka Wakhidatus Sholikah, S. Kom

Advisor


2. Ridho Rahman Hariadi, S.Kom, M.Sc

Co-Advisor


SURABAYA

September, 2022

**DESAIN PURWARUPA EFISIENSI DATA TRANSFER PADA SMART STREET
LIGHT BERBASIS LONG RANGE WIDE AREA NETWORK PROTOCOL**

Nama Mahasiswa / NRP : Muhammad Hilmi Ramadhan / 05311940000044
Departemen : Teknologi Informasi / FTEIC - ITS
Dosen Pembimbing I : Dr. Rizka Wakhidatus Sholikah, S. Kom
Dosen Pembimbing II : Ridho Rahman Hariadi, S.Kom, M.Sc

Abstrak

Internet of Things (IoT) telah merambah dalam segala aspek kehidupan kita. Bagi pemerintah kota, pemakaian energi untuk penerangan jalan raya tidaklah sedikit sehingga menyebabkan tagihan listrik yang membengkak. Untuk mengatasi hal tersebut terdapat pilihan untuk memantau dan mengontrol penerangan jalan raya, salah satunya adalah implementasi teknologi IoT. IoT yang banyak digunakan dalam implementasi penerangan jalan raya saat ini adalah IoT yang bekerja dengan protokol *HyperText Transfer Protocol* (HTTP), nantinya sistem ini akan mengirimkan pertukaran data antara sensor dengan aktuator yang diteruskan ke aplikasi website. Menurut studi literatur yang telah dilakukan, sistem ini memiliki kelemahan yaitu memiliki mekanisme protokol data yang membutuhkan lebih banyak konsumsi energi dan masa pakai dari alat akan berkurang. Disamping itu, *Long Range Wide Area Network Protocol* (LoRaWAN) menawarkan kemampuan untuk protokol yang rendah energi dalam transfer data, jangkauan wilayah yang luas, komunikasi dua arah, serta didukung oleh keamanan secara end-to-end. Hal ini memungkinkan kita untuk menerapkan LoRaWAN terhadap sistem IoT *Smart Street Light* yang mampu menghemat konsumsi energi. Salah satu teknologi sistem komunikasi nirkabel yang sering digunakan dalam LoRaWAN adalah Long Range (LoRa). Dalam tugas akhir ini penulis mengajukan sebuah desain purwarupa efisiensi data transfer yang menggunakan protokol LoRaWAN untuk melakukan fungsi pemantauan dan pengendalian jarak jauh dari *Smart Street Light*. Sistem akan memberikan hasil berupa *business intelligence* melalui grafik dari penggunaan energi yang ditampilkan melalui website, membandingkan konsumsi energi data transfer protokol LoRaWAN dengan HTTP, MQTT, dan CoAP menggunakan Cooja Simulator, dan mengkomunikasikan perangkat LoRa dengan protokol TCP/IP.

Kata kunci: *CoAP, HTTP, LoRa, LoRaWAN, MQTT, Smart Street Light.*

PROTOCOL DESIGN OF DATA TRANSFER EFFICIENCY ON SMART STREET LIGHT BASED ON LONG RANGE WIDE AREA NETWORK PROTOCOL

Student Name / NRP: Muhammad Hilmi Ramadhan / 05311940000044

Department : Teknologi Informasi / FTEIC - ITS

Advisor I : Dr. Rizka Wakhidatus Sholikah, S. Kom

Advisor II : Ridho Rahman Hariadi, S.Kom, M.Sc

Abstract

The Internet of Things (IoT) has penetrated all aspects of our lives. For the city government, the use of energy for street lighting is not small, causing electricity bills to swell, there are options to monitor and control this, one of which is the implementation of IoT technology. The IoT that is widely used in the implementation of road lighting today is IoT which works with the HyperText Transfer Protocol (HTTP) protocol, later this system will send data exchange between sensors and actuators which are forwarded to the website application. This system has the disadvantage that it has the same data protocol mechanism as TCP/IP, it requires more energy consumption and the service life of the device will be reduced. In addition, the Long Range Wide Area Network Protocol (LoRaWAN) offers the ability for a low-energy protocol for data transfer, wide area coverage, two-way communication, and end-to-end security. This allows us to apply LoRaWAN to the Smart Street Light IoT system to make the system able to save energy consumption. One of the wireless communication system technologies that are often used in LoRaWAN is Long Range (LoRa). In this final project, the author proposes a prototype design of data transfer efficiency that uses the LoRaWAN protocol to perform remote monitoring and control functions from Smart Street Light. The system will provide results in the form of business intelligence through graphs of energy use displayed on the website, comparing the energy consumption of data transfer of LoRaWAN protocol with HTTP, MQTT, and CoAP using Cooja Simulator and communicating LoRa devices with TCP/IP protocol.

Keywords: *CoAP, HTTP, LoRa, LoRaWAN, MQTT, Smart Street Light , TCP/IP.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAK.....	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Studi Sebelumnya	3
2.2 Dasar Teori	4
2.2.1 Internet Of Things (IoT)	4
2.2.2 Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP)	5
2.2.3 HyperText Transfer Protocl (HTTP)	5
2.2.4 Constrained Application Protocol (CoAP)	5
2.2.5 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)	5
2.2.6 Long Range (LoRa)	6
2.2.7 Long Range Wide Area Network Protocol (LoRaWAN).....	6
2.2.8 ESP32-WROOM-32	7
2.2.9 LoRa SX1276.....	7
2.2.10 PZEM-004T Senso.....	8
2.2.11 Relay 5V 220VAC	8
BAB III METODOLOGI.....	9
3.1 Tahapan Metodologi Penelitian.....	9
3.2 Deskripsi Metodologi Penelitian	9
3.2.1 Identifikasi Permasalahan	9
3.2.2 Studi Literatur	9
3.2.3 Pembuatan Schematic Diagram	10
3.2.4 Prototyping dan Konfigurasi Sistem Tertanam dengan LoRaWAN.....	10
3.2.5 Pengujian Data Transfer Energy Rate dan komunikasi LoRa dengan TCP/IP.....	10
3.2.6 Penyusunan Laporan Tugas Akhir.....	10
3.3 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir	10
DAFTAR PUSTAKA	11

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Studi Sebelumnya	3
Tabel 2.2 Profil Kelas komunikasi dalam LoRaWAN	8
Tabel 3.1 Metode Penelitian	13
Tabel 3.2 Rencana Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir	16

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Topologi Jaringan LoRaWAN.....	6
Gambar 2.2 Arsitektur Sistem ESP32 (Espressif, 2022).....	7
Gambar 2.3 Pemetaan Pin pada ESP32 (Espressif, 2022).....	7
Gambar 2.4 Modul LoRa SX1276 (SEMTECH, 2020)	8
Gambar 2.5 Sensor PZEM-004T (Anwar et al, 2019).....	8
Gambar 2.6 Relay 5V 220VAC 1 Channel (Components101, 2020)	8
Gambar 3.1 <i>Block System Diagram</i>	10

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi mengenai gambaran umum tugas akhir meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat tugas akhir, dan relevansi tugas akhir dengan Laboratorium Kota Cerdas dan Keamanan Siber.

1.1 Latar Belakang

Di zaman yang semakin maju teknologi komunikasi telah muncul secara eksponensial, mencakup *Internet of Things* (IoT) yang telah merambah dalam segala aspek kehidupan kita (Salam et al., 2019). Internet of Things (IoT) adalah seluruh objek saling berhubungan yang mampu merasakan, berkomunikasi, dan menggerakan antar perangkat untuk bertukar informasi dan menciptakan layanan dengan tanpa campur tangan manusia secara langsung (Schroder, 2018). Dikarenakan *Internet of Things* (IoT) melakukan pertukaran informasi secara intens dalam interval waktu tertentu maka energi yang digunakan tidak sedikit sehingga bergantung pada optimalisasi daya transmisi agar dapat meningkatkan masa pakainya (Asorey-Cacheda et al., 2013). Disamping itu perlu adanya upaya penjagaan komunikasi efektif untuk mengurangi konsumsi energi dan dapat menjangkau ke daerah yang lebih luas (Surligas et al., 2015). Oleh karena itu, dibutuhkan penerapan sistem protokol komunikasi *Internet of Things* (IoT) yang baik bagi sebuah sistem *Internet of Things* (IoT) agar penggunaan energi dapat diefisiensikan dan diefektifkan.

Menurut CISCO pemakaian energi untuk penerangan jalan raya sekitar 19% dari seluruh konsumsi energi dan *Clinton Climate Initiative* (CCI) menunjukkan bahwa penerangan jalan raya kota mencapai 5% hingga 60% dari tagihan listrik pemerintah kota (Lewis et al., 2017). Saat ini sistem lampu penerangan jalan beroperasi berdasarkan timer yang menyala pada malam hari dan mati di pagi hari yang kerap kali termasuk dalam pelanggaran konservasi energi apabila lampu jalan masih menyala di siang hari tanpa kebutuhan (Kodali & Yerroju, 2018). Penyelesaian permasalahan hal ini bukanlah hal baru dikarenakan sebelumnya telah di solusikan dengan sistem IoT yang hanya mengurangi konsumsi energi sekitar 32,22-45,48% (Yusoff et al., 2020). Hal ini dikarenakan sistem mengenakan protokol *HyperText Transfer Protocol* (HTTP) yang memungkinkan penggunaan energi paling tinggi dalam komunikasi protokolnya sehingga memperpendek usia masa pakai dari perangkat (Savolainen et al., 2014). Selain protokol *HyperText Transfer Protocol* (HTTP) membutuhkan energi yang tinggi, protokol ini juga membutuhkan perangkat yang kompleks secara spesifikasi dan tidak cocok dalam skala *Internet of Things* (IoT).

Adapun *Long Range* (LoRa) merupakan teknologi *physical layer* yang memungkinkan komunikasi data *Internet of Things* (IoT) secara *wireless* berbasis modulasi persebaran spektrum radio, yang berkaitan dengan cara perangkat IoT mendapatkan data sensor dan aktuator dengan rendah energi dalam jangkauan yang luas (Chaudhari et al., 2020). Penerapan efisiensi energi daya dan tegangan pada penerangan jalan umum memainkan peran penting untuk ditunjang dengan *Long Range* (LoRa). Hal ini dikarenakan mengenakan protokol *Long Range Wide Area Network Protocol* (LoRaWAN) mengakibatkan konsumsi daya yang rendah dan memperpanjang masa pakai dari perangkat (Saari et al., 2018).

Oleh karena itu untuk dapat mengurangi konsumsi energi dalam protokol *HyperText Transfer Protocol* (HTTP) *Internet of Things* (IoT) maka pada proposal tugas akhir ini diusulkan penelitian membuat sistem otomasi untuk mengefisiensikan penggunaan energi penerangan jalan raya dengan cakupan jangkauan yang luas menggunakan sistem komunikasi *Long Range* (LoRa) digunakan untuk modulasi nirkabel komunikasi jarak jauh dan *Long Range Wide Area Network Protocol* (LoRaWAN) digunakan untuk layanan komunikasi dua arah

antara perangkat *Internet of Things* (IoT) dengan jaringan internet yang aman dikarenakan mengenakan enkripsi *Advanced Encryption Standard* (AES-128) (Zourmand et al., 2019).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan di atas, maka berikut ini merupakan rumusan masalah yang akan diselesaikan pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara mengimplementasikan sistem komunikasi *Long Range* (LoRa) untuk mengurangi penggunaan energi pada sistem *Internet of Things* (IoT) pada penerangan jalan raya?
2. Bagaimana cara mengimplementasikan protokol *Long Range Wide Area Network Protocol* (LoRaWAN) untuk mengkomunikasikan secara dua arah antar perangkat *Internet of Things* (IoT) dengan jaringan internet?
3. Bagaimana cara membuktikan keefektifan dan keefisienan dari *Long Range Wide Area Network Procotol* (LoRaWAN) dibandingkan dengan *Hyper Text Transfer Protocol* (HTTP), *Constrained Application Protocol* (CoAP), dan *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT)?

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan di atas, berikut ini adalah batasan masalah yang diterapkan dalam pengerjaan tugas akhir ini:

1. Purwarupa mencakup dalam komunikasi antara perangkat *Long Range* (LoRa) dengan protokol *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP).
2. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini terbatas pada sensor tegangan listrik, arus listrik, dan daya listrik.
3. Otomasi dilakukan pada penjadwalan dalam hidup dan mati dari penerangan jalan raya.
4. Proses pemrograman penelitian akan ditulis menggunakan Bahasa C dalam perangkat sistem tertanam, Bahasa Go dalam sistem aplikasi dan Cooja *Simulator*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari pengerjaan tugas akhir ini adalah membuat alat purwarupa dan melakukan otomasi dan efisiensi penerangan jalan raya untuk mengurangi konsumsi energi listrik.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

Manfaat yang diberikan dari dilaksanakannya penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengurangi penggunaan konsumsi energi penerangan jalan raya.
2. Mempermudah pengguna dalam memantau dan mengontrol kondisi lampu secara aktual dan langsung.
3. Meningkatkan sistem penerangan jalan raya pada skala yang lebih luas.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini membahas tinjauan pustaka yang digunakan sebagai landasan penelitian tugas akhir. Bab ini menjelaskan mengenai studi sebelumnya dan dasar teori yang terkait.

2.1 Studi Sebelumnya

Penelitian ini menggunakan beberapa penelitian terdahulu sebagai pedoman dan referensi dalam melaksanakan pengerojan tugas akhir, informasi dalam Tabel 2.1 berisi informasi penelitian sebelumnya, hasil penelitian dan hubungan terhadap tugas akhir.

Tabel 2.1 Studi Sebelumnya

No	Tahun, Penulis	Pembahasan
1	<i>IOT-based smart street lighting enhances energy conversation</i> (Yusoff et al., 2020)	Z.M. Yusoff, Zuraida Muhammad, Mohd Syafiq Izwan Mohd Razi, Noor Fadzilah Razali, Muhd Hussaini Che Hashim (2020) Jurnal ini membahas pembuatan sistem <i>Internet of Things</i> (IoT) <i>smart street lighting</i> yang mengurangi penggunaan energi dan melakukan monitor untuk keperluan pemeliharaan. Sistem ini dapat menyalakan dan mematikan lampu berdasarkan pergerakan pada jalan raya. Metode yang digunakan dalam penyesuaian sistem ialah dengan diletakkan pada pengatur waktu atau <i>timer</i> dan lampu jalan. Arsitektur <i>hardware</i> yang digunakan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560, sensor <i>infrared</i> , sensor B25, modul Wifi esp-01, dan <i>relay</i> . Batasan yang terdapat dalam sistem ini ialah hanya dibuat desain purwarupa dengan skala yang kecil dengan dua buah led dengan energi 1.8KW dan jarak sensor dengan lampu memiliki perbandingan dengan aslinya yaitu 3:5 antara satuan cm dan meter. Cara kerja sistem dimulai ketika sensor tegangan membaca nilai yang bersamaan dengan sensor <i>infrared</i> , jika terdapat pergerakan maka mikrokontroler akan memicu <i>relay</i> untuk menyalakan atau mematikan lampu jalan berdasarkan nilai yang dikirim oleh sensor. Selanjutnya data tegangan yang telah sampai pada mikrokontroler Arduino MEGA 2560 yang selanjutnya diklasifikasi dan diolah akan ditampilkan pada aplikasi <i>Blynk</i> . Diperoleh hasil, sistemvini telah menghemat konsumsi energi sebesar 45,48% pada hari kerja dan 32,22% pada akhir pekan. Hal ini dikarenakan mengenakan protokol HTTP dan perangkat lunak <i>Blynk</i> .
2	<i>Development of intelligent street lighting services model based on LoRa technology</i> (Muthanna et al., 2018)	Mohammed Saleh Ali Muthanna, Mohammed Manea Ahmed Muthanna, Abdukodir Khakimov, Ammar <i>Conference paper</i> ini membahas penggunaan LoRa dalam penerangan jalan yang bertujuan untuk menguji LoRa yang mensimulasikan <i>fragmen job</i> jaringan yang dirancang dengan protokol LoRaWAN. Protokol ini memiliki dua elemen LoRaWAN <i>base station</i> , elemen pertama adalah <i>router port</i> WAN untuk komunikasi dengan server <i>cloud</i> IoT dan elemen kedua adalah <i>port LAN</i> yang bertujuan dalam berkomunikasi dengan <i>interface module</i> . Router yang digunakan adalah Cisco IR829. Percobaan terdiri dari dua bagian, pertama pesan dengan ukuran berbeda ditransmisikan di linkungan perkotaan dengan

No	Tahun, Penulis	Pembahasan
	Muthanna (2018)	tingkat interferensi yang tinggi dan yang kedua menguji transfer data teknologi LoRa di area terbuka. Arsitektur terdiri dari Raspberry Pi, STM32L dan modul radio SX1276, sensor gerak, <i>photosensor</i> , dan unit transmisi data. Batasan dalam sistem ini adalah LoRa di uji pada area terbuka tanpa objek <i>transmitter</i> dan <i>receiver</i> , pengukuran pada pemisahan objek yang berbeda satu sama lain, kecepatan transfer data dalam semua kasus 11kbit/s, <i>rate message</i> dari perangkat tujuan adalah 1 pesan/detik, <i>Bandwidth</i> sebesar 250 kHz, ukuran semua pesan sebesar 58 byte, dan grafik dibuat <i>presentase</i> pesan dengan penundaan lebih dari 10 ms dari jarak transmisi. Cara kerja sistem diawali oleh <i>photosensor</i> mengirimkan data pada <i>base station</i> yang nantinya akan diteruskan ke platform pemantauan, selanjutnya mengirimkan perintah ke lampu jalanan yang diperlukan. Hal ini diimplementasikan pada topologi <i>classical star</i> yang bertujuan mengurangi daya listrik ketika tidak ada orang yang menggunakan jaringan sensor terdistribusi. Diperoleh hasil penerapan LoRa bisa lebih luas tidak terbatas hal ini saja.
3	<i>Measuring Energy Consumption for RESTful Interactions in 3GPP IoT Nodes</i> (Savolainen et al., 2014)	<i>Conference paper</i> ini membahas pengukuran konsumsi energi RESTful pada 3GPP IoT node. Pengukuran dengan akuisisi data ekstensif pada komsumsi daya komunikasi berbasis REST jaringan seluler justifikasi pengukuran IoT. Percobaan memiliki skenario prototipe <i>smartphone</i> yang terhubung ke jaringan secara berkala mengirimkan catatan sumber daya dengan data GPS menuju PC dengan protokol REST: HTTP dan CoAP. Perangkat <i>Data Acquisition</i> (DAQ) dihubungkan dengan <i>smartphone</i> untuk menyuplai baterai internal dan ammeter yang memantau dan mengirimkan total konsumsi daya <i>real-time</i> . PC dengan sistem operasi Ubuntu digunakan untuk berkomunikasi dengan aplikasi untuk protokol REST, Apache, dan implementasi kecil PHP sebagai server HTTP. Akan tetapi PC ini juga bertugas menginspeksi paket <i>on-the-wire</i> dengan alat penangkap paket. Metode yang digunakan dalam pengukuran dimulai dengan memperoleh <i>dataset</i> dan analisis biaya transaksi serta konsumsi energi. Diperoleh hasil CoAP berpotensi memungkinkan operasi RESTful dengan biaya energi yang lebih sedikit di seluler 3GPP jaringan jika dikomparasikan HTTP. Dalam kasus apa pun CoAP tidak mengkonsumsi lebih banyak energi daripada HTTP yang secara kinerja setara dengan HTTP.

2.2 Dasar Teori

Berikut ini merupakan dasar teori yang digunakan dalam penelitian tugas akhir.

2.2.1 Internet Of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah seluruh objek saling berhubungan yang mampu merasakan, berkomunikasi, dan menggerakkan antar perangkat untuk bertukar informasi dan menciptakan layanan tanpa campur tangan manusia secara langsung (Schroder, 2018). IoT melakukan pertukaran informasi secara intens dalam interval tertentu maka energi yang

digunakan tidak sedikit sehingga bergantung pada optimalisasi daya transmisi agar dapat meningkatkan masa pakainya (Asorey-Cacheda et al., 2013).

2.2.2 Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP)

Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) merupakan standar komunikasi data dalam proses pertukaran data antar komputer dalam jaringan internet. Cara kerja dari protokol dengan membagi *payload data* menjadi paket-paket data kecil, menambahkan beberapa informasi sehingga *receiver* memastikan paket yang diterima tidak terjadi kerusakan selama pengiriman, *router* biasa diletakkan pada titik persimpangan antar jaringan dan memutuskan jalur mana yang paling efisien untuk sebuah paket, ketika paket tiba ditujuan maka komputer akan melakukan pengecekan paket yang terjadi selama pengiriman, dan menyusun kembali paket-paket menjadi susunan data seperti aslinya (Goralski, 2017).

2.2.3 HyperText Transfer Protocol (HTTP)

HTTP adalah protokol komunikasi terbuka yang dapat dibaca oleh semua perangkat yang telah dikembangkan untuk protokol HTTP sebagai *browser* atau *smartphone* melalui aplikasi browser. Sebuah transaksi HTTP terdiri dari dua bagian: perintah permintaan (*request*) yang dikirim dari *client* ke *server*, dan perintah respon (*response*) yang dikirim dari *server* ke *client*. Proses respon dan permintaan disampaikan menggunakan blok data dengan format tertentu yang dikenal dengan HTTP Message. Pesan dikirim melalui HTTP yang bergerak dalam satu arah (Atmoko et al., 2017).

2.2.4 Constrained Application Protocol (CoAP)

CoAP (*Constrained Application Protocol*) merupakan protokol yang ringan dengan mengandalkan sumber daya yang terbatas pada komunikasi jaringan IoT. Arsitektur protokol CoAP bergantung pada *Representational State Transfer* (REST) serta mendukung adanya multi-cast prinsip seperti prinsip dari Hypertext Transfer Protocol (HTTP) (Saputra et al., 2019). Protokol ini digunakan untuk penanganan masalah *resource-constrained* pada suatu peralatan. Berdasarkan pendapat diatas, dapat disimpulkan bahwa CoAP merupakan suatu komunikasi protocol yang dirancang untuk menggunakan sumber daya yang minim. Penggambaran struktur layer dari CoAP terdapat pada Gambar 1 (Fadilah et al., 2015).

CoAP menggunakan pertukaran pesan yang sederhana, yaitu dengan mengirim pesan melalui UDP dimana masing-masing pesan CoAP akan menempati bagian data dari satu diagram UDP. Format biner digunakan pada pengiriman pesan dari CoAP, di mana pesan = fixed-size 4 byte header ditambah *variable-length Token* ditambah *options* ditambah payload. Untuk format pesan dapat dilihat pada Gambar 2 (Wiryawan et al., 2017).

2.2.5 Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)

Protokol MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) adalah protokol yang dirancang khusus untuk komunikasi "mesin ke mesin". Protokol MQTT berjalan di atas TCP/IP dan memiliki ukuran paket data dengan overhead minimum yang rendah (>2 byte) sehingga konsumsi catu dayanya juga cukup kecil. Protokol ini merupakan protokol data-agnostik yang dapat mengirimkan data dalam berbagai bentuk seperti data biner, teks, XML, atau JSON dan protokol ini menggunakan model *publish/subscribe* daripada model *client-server*. Sistem umum MQTT membutuhkan dua komponen utama: MQTT *Client* harus diinstal pada perangkat. MQTT *Broker* berfungsi untuk menangani *publish* dan *subscribe* data. Keuntungan dari sistem *publishing/subscribe* adalah pengirim data (*publisher*) dan penerima data (*client*) tidak saling mengenal karena ada perantara antara keduanya. Selain itu terdapat *time decoupling* yang membuat *publisher* dan *client* tidak dapat terkoneksi secara bersamaan sehingga *client* akan tetap menerima data *delay* sebelumnya (Atmoko et al., 2017).

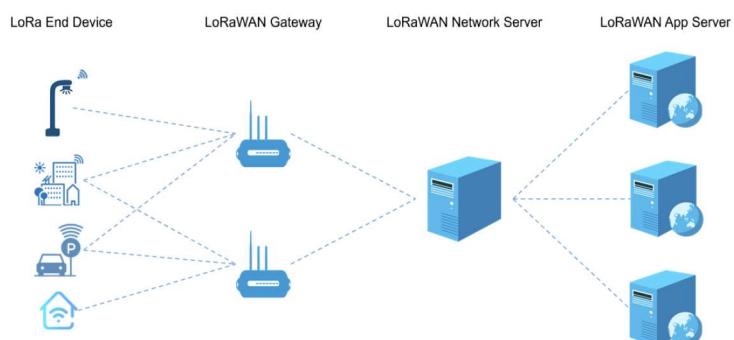
2.2.6 Long Range (LoRa)

Long Range (LoRa) merupakan teknologi *physical layer* yang memungkinkan komunikasi data *Internet of Things* (IoT) secara *wireless* berbasis modulasi persebaran spektrum radio, yang berkaitan dengan cara perangkat IoT mendapatkan data sensor dan aktuator dengan rendah energi dalam jangkauan yang luas (Chaudhari et al., 2020). Pada jaringan private, public, maupun hybrid, LoRa juga dapat digunakan. Mudah untuk melakukan kombinasi dengan baterai karena hanya membutuhkan konsumsi daya yang kecil merupakan

kelebihan dari LoRa. LoRa merupakan Teknologi yang penggunaannya membutuhkan frekuensi sebagai media pengiriman data. Penggunaan frekuensi LoRa pada setiap Negara berbeda-beda seperti wilayah Amerika Serikat, wilayah Eropa, dan wilayah Asia menggunakan frekuensi berturut-turut 915 MHz, 433/868 MHz, dan 433 MHz (Seneviratne, 2019).

2.2.7 Long Range Wide Area Network Protocol (LoRaWAN)

Protokol *Long Range Wide Area Network Protocol* (LoRaWAN) merupakan protokol yang bersifat *open-source* yang distandarisasi oleh LoRa Alliance (LoRa Alliance Technical Committee, 2017) yang berjalan diatas lapisan fisik LoRa (Seller, 2014). Lapisan *medium access control* (MAC) LoRaWAN menyediakan mekanisme yang memungkinkan komunikasi antara beberapa *end device* dan *gateway* jaringan. Arsitektur jaringan LoRaWAN memiliki topologi bintang, dimana *end device* hanya dapat berkomunikasi dengan *gateway* LoRaWAN dan tidak secara langsung satu sama lain. *Gateway* LoRaWAN bertanggung jawab untuk meneruskan paket data mentah dari node akhir ke server jaringan yang merangkumnya dalam paket UDP/IP. Server jaringan bertanggung jawab untuk mengirim paket *downlink* dan perintah MAC ke perangkat akhir jika diperlukan. Komunikasi berakhir di server aplikasi yang dimiliki oleh pihak ketiga. Beberapa lapisan aplikasi dapat dihubungkan ke satu server jaringan. Arsitektur jaringan LoRaWAN yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 3 (Haxhibeqiri et al., 2018).



Gambar 2.1 Topologi jaringan LoRaWAN

Secara umum LoRaWAN membagi menjadi tiga kelas untuk jaringan LoRa antar perangkat dan aplikasi yang setiap kelas memiliki tujuan dan persyaratan tertentu. Perbedaan antar kelas yang terdapat pada kelas A, B, dan C LoRaWAN adalah latensi dan konsumsi daya. Berikut tabel perbedaan antar kelas terhadap penggunaan yang ditujukannya (Orange, 2016).

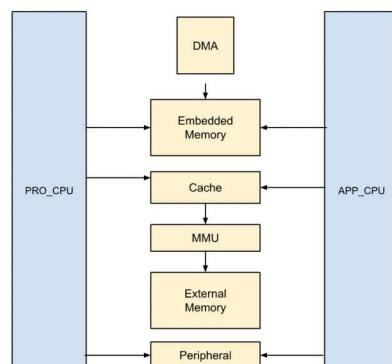
Tabel 2.2 Profil Kelas komunikasi dalam LoRaWAN

Nomor	Nama Kelas	Tujuan Penggunaan
1.	A (<< all >>)	1. Konsumsi daya paling rendah. 2. Didukung oleh semua piranti.

2.	B (<< beacon >>)	<ol style="list-style-type: none"> Kelas komunikasi yang hemat energi untuk <i>downlink</i> karena latensi dapat dikendalikan. Mengetahui <i>device LoRa</i> kapan dalam kondisi <i>listening</i>.
3.	C (<< continuous >>)	<ol style="list-style-type: none"> Tidak ada latensi dalam komunikasi <i>downlink</i>. <i>Device</i> dapat melakukan <i>listening</i> secara terus menerus.

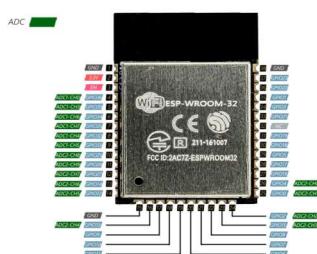
2.2.8 ESP32-WROOM-32

ESP32 adalah mikrokontroller sistem *dual-core* dengan dua *Central Processing Unit* (CPU) *Harvard Architecture* Xtensa LX6. Pada mikrokontroller ini terdapat dua jenis memori tertanam yaitu memori eksternal dan periferal yang terletak di bus data dan/atau bus instruksi dari CPU ini. Selain itu, memori yang disematkan adalah ROM 448KB, SRAM 520KB, dan dua memori RTC 8KB. Memori eksternal mendukung hingga empat kali 16MB Flash. Jenis ESP32 yang digunakan pada usulan proposal ini merupakan ESP-WROOM-32 yang memiliki ukuran yaitu 25.5 x 18.0 x 2.8mm yang mudah digunakan serta telah terintegrasi dengan komponen seperti antena, osilator, dan *flash*. Berikut arsitektur sistem dari ESP32.



Gambar 2.2 Arsitektur sistem ESP32 (Espressif, 2022)

Struktur ESP32 dirancang untuk beroperasi pada protokol seperti TCP/IP, MAC WLAN 802.11 b/g/n/e/i penuh, dan spesifikasi Wi-Fi *Direct*. ESP32 terdiri dari 38 pin yaitu 18 12-bit ADC pins, 2 8-bit DAC pins, 3 SPI interfaces, 2 I2C interfaces, 3 UART interfaces, 16 PWM channels, 2 I2S interfaces, dan 10 touch pins. Adapun pemetaan pin seperti gambar:

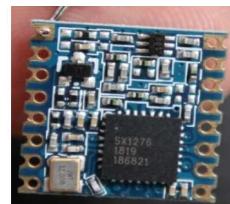


Gambar 2.3 Pemetaan pin pada ESP32 (Espressif, 2022).

2.2.9 LoRa SX1276

Merupakan modul *Long Range*(LoRa) yang dibuat oleh *semtech* dengan teknik modulasi yang dapat mencapai sensitivitas hingga -148dBm yang rendah energi. Modul ini dapat menjangkau jarak hingga 15 km dalam daerah perkotaan yang sangat optimal dalam

aplikasi *Smart Street Light* dikarenakan jangkauan yang luas, stabil, dan rendah penggunaan tegangan listrik. Perangkat ini memiliki 18 pin yang terdiri dari 6 pin *input* dan *output*, 4 pin SPI, 2 pin Rx dan Tx (SEMTECH, 2020).



Gambar 2.4 Modul LoRa SX1276 (SEMTECH, 2020)

2.2.10 PZEM-004T Senso

PZEM-004T adalah sensor yang mengukur tegangan AC, arus, daya aktif, frekuensi, faktor daya, dan energi aktif yang terhubung dengan ESP32. Sensor ini berdimensi 3,1 x 7,4 cm dan mampu untuk mengukur arus hingga 100A. PZEM-004T dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.5 Sensor PZEM-004T (Anwar et al., 2019)

Data sensor dibaca melalui *interface* TTL. Berikut detil dari sensor ini (Anwar et al., 2019):

1. Tegangan dengan rentang pengukuran 80~260V dan keakuratan 0.5%.
2. Arus dengan rentang pengukuran: 0~10A (PZEM-004T-10A) dan 0~100A (PZEM-004T-100A), resolusi: 0,001A, dan Keakuratan: 0.5%.
3. Daya dengan rentang pengukuran: 0~2.3kW (PZEM-004T-10A dan PZEM-004T-100A), mulai pengukuran daya: 0.4W, resolusi: 0.1W, dan keakuratan: 0.5%.
4. Faktor daya dengan rentang pengukuran: 0.00~1.00, resolusi: 0.01, keakuratan: 1%, resolusi: 0.1Hz, dan keakuratan: 0.5%.
5. Energi dengan rentang pengukuran: 0~9999.99kWh, resolusi: 1Wh, keakuratan: 0.5%, dan reset energi: harus menggunakan perangkat lunak untuk perubahan.

2.2.11 Relay 5V 220VAC

Relay merupakan *output* yang digunakan sebagai *switch* untuk perangkat lain. Relay dikontrol dengan tegangan dari pin ESP32 sehingga melakukan *switch* terhadap lampu. Pada relay terdapat tiga sambungan utama yaitu COM untuk *input* dari perangkat lain, NC (*Normally Close*), dan NO (*Normally Open*).



Gambar 2.6 Relay 5v 220VAC 1 Channel (Components101, 2020)

BAB III

METODOLOGI

Pada bab ini akan membahas metodologi atau tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penggerjaan tugas akhir, deskripsi dari setiap tahapan, dan jadwal penggerjaan tugas akhir ini.

3.1 Tahapan Metodologi Penelitian

Pada sub bab ini membahas mengenai metodologi yang digunakan dalam penggerjaan tugas akhir. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Metode Penelitian

<i>Design Thinking Methodology</i>	Alur Tahapan Penelitian yang Dipakai
Fase 1: Empathise Fase pengidentifikasi masalah.	<pre> graph TD A[Mulai] --> B[Identifikasi Permasalahan] </pre>
Fase 2: Define Fase penentuan masalah inti.	<pre> graph TD A[Studi Literatur Eksplorasi, Channel LoRa, LoRaWAN, dan Smart Street Light] --> B{Channel LoRa didukung Antares?} B --> C[Penyesuaian konfigurasi Channel LoRa] C --> D[Pembuatan schematic diagram] </pre>
Fase 3: Ideate Fase penetapan ide yang diusulkan.	<pre> graph TD A[Pembuatan schematic diagram] </pre>
Fase 4: Prototype Fase visualisasi ide usulan atau sample dari purwarupa sistem tertanam dan IoT yang telah dibuat.	<pre> graph TD A[Prototyping dan Konfigurasi Antares LoRaWAN pada sistem tertanam dengan LoRaWAN] --> B{Sistem tertanam dapat melakukan uplink dan downlink} B --> C[Penyesuaian end-nodes key perangkat LoRa] C --> D[Selesai] </pre>
Fase 5: Test Fase pengujian purwarupa berupa pengukuran energi <i>data transfer</i> dan komunikasi LoRa dengan TCP/IP.	<pre> graph TD A[Melakukan perbandingan energi data transfer antar protokol] B[Mengkomunikasikan LoRa device dengan protokol TCP/IP] A --> C[Menyusun laporan tugas akhir] B --> C C --> D[Selesai] </pre>

3.2 Deskripsi Metodologi Penelitian

Pada bagian ini akan dijelaskan secara lebih rinci mengenai tahapan pada metode yang akan digunakan dalam pelaksanaan tugas akhir:

3.2.1 Identifikasi Permasalahan

Tahap mencari permasalahan yang ada. Selanjutnya mencari solusi atas permasalahan. Hasil dari tahap ini merupakan permasalahan dan usulan solusi yang menjadi topik tugas akhir.

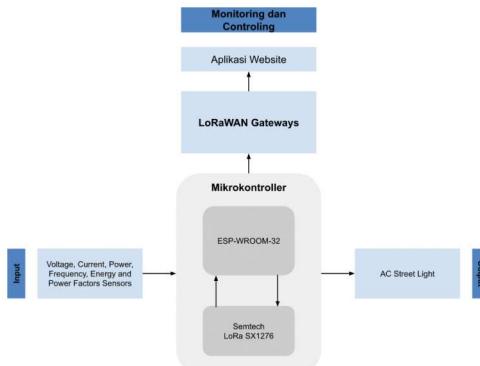
3.2.2 Studi Literatur

Tahap pencarian referensi teori yang relevan untuk menunjang penggerjaan tugas akhir. Pencarian data dan informasi dari buku, jurnal, maupun laporan penelitian yang sebelumnya

dan berkaitan mengenai LoRa, LoRaWAN, *Smart Street Light*, perbandingan pemakaian energi pertukaran data protokol, dan komunikasi LoRa dengan protokol TCP/IP.

3.2.3 Pembuatan Schematic Diagram

Pada tahap ini membuat *schematic diagram* yang mengacu pada *block diagram*. Hal ini berguna untuk perangkaian sistem tertanam yang terdiri atas mikrokontroller ESP32, modul LoRa, sensor energi, dan actuator *relay*. Berikut merupakan *block diagram* usulan.



Gambar 3.1 *Block System Diagram*

3.2.4 Prototyping dan Konfigurasi Sistem Tertanam dengan LoRaWAN

Prototyping hardware terhadap perangkaian alat dan pengembangan dalam sisi integrasi dengan platform Antares dalam penggunaan protokol LoRaWAN. Hal ini bertujuan untuk *end-nodes device* LoRa dan Aplikasi Website dengan fungsi pemantauan dan pengendalian jarak jauh atas sistem.

3.2.5 Pengujian Data Transfer Energy Rate dan komunikasi LoRa dengan TCP/IP

Dalam melakukan pengujian maka akan dilakukan hal-hal diantaranya menguji konsumsi energi *data transfer* protokol dengan aplikasi berbasis bahasa pemrograman C yaitu *Contiki*, *simulator Cooja* dengan membandingkan energi pengiriman suatu pesan dalam interval suatu waktu (Martí et al., 2019) dan mengkomunikasikan data LoRa dengan protokol TCP/IP menggunakan pendekatan *Tunnel Network Interface* (TUN) akan mentrigger kernel dengan protokol *stack* agar paket dapat menuju ke program *user level* (Wang & Chang, 2019)..

3.2.6 Penyusunan Laporan Tugas Akhir

Pada tahap ini, seluruh hasil penelitian didokumentasikan dalam bentuk laporan tugas akhir. Selain itu, berisi tentang hasil dari penelitian dan saran untuk penelitian selanjutnya.

3.3 Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir

Sub bab ini perencanaan jadwal pengerjaan tugas akhir digambarkan pada tabel 3.2.

Tabel 3.2 Rencana Jadwal Pengerjaan Tugas Akhir

No	Kegiatan	Agustus				September				Oktober				November				Desember			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Identifikasi permasalahan																				
2	Studi literatur																				
3	Pembuatan <i>Schematic Diagram</i>																				
4	Konfigurasi LoRaWAN																				
5	Pengujian Sistem																				
6	Penyusunan laporan tugas akhir																				

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, S., Artono, T., Nasrul, N., Dasrul, D., & Fadli, A. (2019). Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T. *Prosiding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 3(1), 272–276. <http://e-jurnal.pnl.ac.id/index.php/semnaspnl/article/view/1694>
- Asorey-Cacheda, R., Garc A-Sánchez, A. J., García-Sánchez, F., García-Haro, J., & González-Castaño, F. J. (2013). On maximizing the lifetime of wireless sensor networks by optimally assigning energy supplies. *Sensors (Switzerland)*, 13(8), 10219–10244. <https://doi.org/10.3390/s130810219>
- Atmoko, R. A., Riantini, R., & Hasin, M. K. (2017). IoT real time data acquisition using MQTT protocol. *Journal of Physics: Conference Series*, 853(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/853/1/012003>
- Chaudhari, B. S., Zennaro, M., & Borkar, S. (2020). LPWAN technologies: Emerging application characteristics, requirements, and design considerations. *Future Internet*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/fi12030046>
- Components101. (2020). *5V Single-Channel Relay Module*. <https://components101.com/switches/5v-single-channel-relay-module-pinout-features-applications-working-datasheet>
- Espressif. (2022). ESP32 Technical Reference Manual. In *US Army Corps of Engineers* (Issue March). https://espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_technical_reference_manual_en.pdf
- Fadilah, H. R., Abdurohman, M., & Herutomo, A. (2015). Implementasi Protokol CoAP Pada Smart Building Berbasis OpenMTC. *E-Proceeding of Engineering*, 2(3), 6530–6537.
- Goralski, W. (2017). The Illustrated Network. In W. Goralski (Ed.), *The Illustrated Network* (Second Edi, pp. 47–69). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811027-0.00002-3>
- Haxhibeqiri, J., De Poorter, E., Moerman, I., & Hoebeke, J. (2018). A survey of LoRaWAN for IoT: From technology to application. *Sensors (Switzerland)*, 18(11). <https://doi.org/10.3390/s18113995>
- Kodali, R., & Yerroju, S. (2018). Energy efficient smart street light. *Proceedings of the 2017 3rd International Conference on Applied and Theoretical Computing and Communication Technology, ICATcCT 2017*, 190–193. <https://doi.org/10.1109/ICATCCT.2017.8389131>
- Lewis, B., Smith, I., Fowler, M., & Licato, J. (2017). AURORA: an Energy Efficient Public Lighting IoT System for Smart Cities. *28th Modern Artificial Intelligence and Cognitive Science Conference, MAICS 2017, September*, 189–190. <https://doi.org/10.1145/1235>
- LoRa Alliance Technical Committee. (2017). LoRaWAN 1.1 Specification. *Technical Document*, 1–101. https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/lorawantm_specification_-v1.1.pdf
- Martí, M., Garcia-Rubio, C., & Campo, C. (2019). *Performance Evaluation of CoAP and MQTT_SN in an IoT Environment*. 49. <https://doi.org/10.3390/proceedings2019031049>
- Muthanna, M. S. A., Muthanna, M. M. A., Khakimov, A., & Muthanna, A. (2018). Development of intelligent street lighting services model based on LoRa technology. *Proceedings of the 2018 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus 2018, 2018-Janua*, 90–93. <https://doi.org/10.1109/EIConRus.2018.8317037>
- Orange. (2016). *LoRa Device Developer Guide*. <https://partner.orange.com/wp-content/uploads/2016/04/LoRa-Device-Developer-Guide-Orange.pdf>

- Saari, M., Muzaffar Bin Baharudin, A., Sillberg, P., Hyrynsalmi, S., & Yan, W. (2018). LoRa - A survey of recent research trends. *2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2018 - Proceedings*, 872–877. <https://doi.org/10.23919/MIPRO.2018.8400161>
- Salam, A., Hoang, A. D., Meghna, A., Martin, D. R., Guzman, G. A., Yoon, Y. H., Carlson, J. B., Kramer, J. L., Yansi, K., Kelly, M. G., Skvarek, M. J., Stankovic, M., Dang, N., Le, K., & Wierzbicki, T. A. (2019). *The Future of Emerging IoT Paradigms : Architectures and Technologies. December*. <https://doi.org/10.20944/preprints201912.0276.v1>
- Saputra, D. I., Fajrin, I. M., & Zainal, Y. B. (2019). Perancangan Sistem Pemantau dan Pengendali Alat Rumah Tangga Berbasis NodeMCU. *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, 4(1), 9. <https://doi.org/10.31544/jtera.v4.i1.2019.9-16>
- Savolainen, T., Javed, N., & Silverajan, B. (2014). Measuring energy consumption for RESTful interactions in 3GPP IoT nodes. *2014 7th IFIP Wireless and Mobile Networking Conference, WMNC 2014*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/WMNC.2014.6878863>
- Schroder. (2018). Internet of Things A to Z: Technologies and Applications. *Internet of Things A to Z: Technologies and Applications*.
- Seller. (2014). Low Power Long Range Transmitter. In *Patent*. <https://patents.google.com/patent/US20140219329A1/en#patentCitations>
- SEMTECH. (2020). Semtech SX1276. In *Semtech* (Issue May). <https://www.semtech.com/products/wireless-rf/lora-core/sx1276>
- Seneviratne, P. (2019). Beginning LoRa Radio Networks with Arduino. In *Beginning LoRa Radio Networks with Arduino*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4357-2>
- Surligas, M., Makrogiannakis, A., & Papadakis, S. (2015). Empowering the IoT heterogeneous wireless networking with software defined radio. *IEEE Vehicular Technology Conference, 2015*, 2–6. <https://doi.org/10.1109/VTCSpring.2015.7145802>
- Wang, S. Y., & Chang, C. H. (2019). Supporting TCP-Based Remote Managements of LoRa/LoRaWAN Devices. *IEEE Vehicular Technology Conference, 2019-Septe*. <https://doi.org/10.1109/VTCFall.2019.8891387>
- Wiryawan, Y. F., Kartikasari, D. P., & Data, M. (2017). Implementasi Constrained Application Protocol (CoAP) pada Sistem Pengamatan Kelembaban Tanah. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer (J-PTIK) Universitas Brawijaya*, 2(8), 2480–2487.
- Yusoff, Z. M., Muhammad, Z., Razi, M. S. I. M., Razali, N. F., & Hashim, M. H. C. (2020). IOT-Based smart street lighting enhances energy conservation. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 20(1), 528–536. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v20.i1.pp528-536>
- Zourmand, A., Kun Hing, A. L., Wai Hung, C., & Abdulrehman, M. (2019). Internet of Things (IoT) using LoRa technology. *2019 IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems, I2CACIS 2019 - Proceedings, June*, 324–330. <https://doi.org/10.1109/I2CACIS.2019.8825008>