

**SISTEM PENDETEKSI POLUSI UDARA
DI KOTA BANDAR LAMPUNG
BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)**

Skripsi

Oleh

**MUHAMMAD RIDHO
NPM 1517051220**



**ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2022**

**SISTEM PENDETEKSI POLUSI UDARA
DI KOTA BANDAR LAMPUNG
BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)**

Oleh

MUHAMMAD RIDHO

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
SARJANA KOMPUTER**

Pada

**Jurusan Ilmu Komputer
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung**



**ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

SISTEM PENDETEKSI POLUSI UDARA DI KOTA BANDAR LAMPUNG BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT)

Oleh

MUHAMMAD RIDHO

Kota Bandar Lampung merupakan salah satu kota yang berada di Provinsi Lampung dan merupakan salah satu kota yang dijadikan sebagai jalur transportasi darat bagi kendaraan yang masuk ke Pulau Sumatera melalui Pelabuhan Bakauheni maupun Pelabuhan Petikemas maupun sebaliknya. Banyaknya kendaraan yang melintas serta pabrik-pabrik yang berdiri di Kota Bandar Lampung menjadi dua faktor yang dapat merusak kualitas udara di Kota Bandar Lampung dengan polutan yang dihasilkan dari pabrik serta gas emisi dari kendaraan bermotor yang melintas.

Pemantauan kualitas udara dengan memanfaatkan teknologi *Wireless Sensor Network* (WSN) dan *Internet of Things* (IoT) merupakan salah satu cara untuk memperbaiki kualitas udara di kota Bandar Lampung. Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem pemantauan polusi udara di Kota Bandar Lampung dengan empat buah sensor dengan memanfaatkan teknologi *Global System for Mobile Communications* (GSM) untuk transmisi data secara nirkabel ke aplikasi server.

Penelitian ini dibagi dalam beberapa tahapan, yaitu studi literatur, analisis permasalahan, perancangan model sistem, implementasi sistem, dan analisis kinerja sistem. Hasil dari penelitian ini adalah: seperangkat IoT untuk memantau polusi udara beserta aplikasi berbasis web untuk menampilkan data hasil akuisisi perangkat IoT pada web server secara *realtime* dengan interval waktu selama 15 detik.

Parameter yang diukur dalam proses transmisi data menggunakan analisis QoS menghasilkan nilai kualitatif sangat baik. Hal ini dapat dilihat pada hasil analisis pengiriman data ke thingspeak yang menghasilkan nilai parameter *throughput* sebesar 3752 bps dan parameter *packet loss* sebesar 0%. Pada analisis pengiriman data dari thingspeak ke halaman web mendapat nilai parameter *throughput* sebesar 4152 bps dengan parameter *packet loss* sebesar 2,52%. Serta pada pengiriman data pada keseluruhan rangkaian sistem mendapat nilai parameter *throughput* sebesar 10992 bps dan parameter *packet loss* sebesar 1,17%.

Kata kunci: *Wireless sensor network*, *Internet of Things*, *Global System for Mobile Communications*

ABSTRACT

AIR POLLUTION DETECTION SYSTEM IN BANDAR LAMPUNG CITY BASED ON INTERNET OF THINGS (IOT)

By

MUHAMMAD RIDHO

Bandar Lampung is one of the cities in Lampung Province and used as a land transportation route for vehicles entering Sumatra Island through Bakauheni Port and Container Port and vice versa. The number of passing vehicles and factories that are standing in Bandar Lampung City are two factors that can damage the air quality in Bandar Lampung City with pollutants produced from factories and gas emissions from passing motorized vehicles.

Air quality monitoring by utilizing Wireless Sensor Network (WSN) and Internet of Things (IoT) technology is one way to improve air quality in the city of Bandar Lampung. This study aims to build an air pollution monitoring system in Bandar Lampung City with four sensors by utilizing Global System for Mobile Communications (GSM) technology for wireless data transmission to server applications.

This research is divided into several stages, namely literature study, problem analysis, system model design, system performance analysis, and system implementation. The results of this study are: a set of IoT for monitoring air pollution along with a web-based application to display data from the acquisition of IoT devices on a web server in real time with time intervals of 15 seconds.

Parameters measured in the data transmission process using QoS analysis resulted in very good qualitative values. This can be seen in the results of the analysis of sending data to thingspeak which produces a throughput parameter value of 3752 bps and a packet loss parameter of 0%. In the analysis of sending data from Thingspeak to the web page, the throughput parameter value is 4152 bps with a packet loss parameter of 2.52%. As well as on sending data on the entire system, the throughput parameter value is 10992 bps and the packet loss parameter is 1.17%.

Kata kunci: Wireless sensor network, Internet of Things, Global System for Mobile Communications

Judul Skripsi : **SISTEM PENDETEKSI POLUSI UDARA DI
KOTA BANDAR LAMPUNG BERBASIS
INTERNET OF THINGS (IOT)**

Nama Mahasiswa : Muhammad Ridho

Nomor Pokok Mahasiswa : 1517051220

Program Studi : S1 Ilmu Komputer

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Ir. Machudor Yusman, M.Kom.
NIP. 19570330 198603 1 003

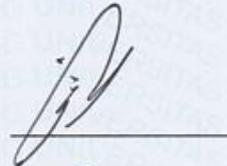
2. Ketua Kurusan Ilmu Komputer

Didik Kurniawan, S.Si., MT
NIP. 19800419 200501 1 004

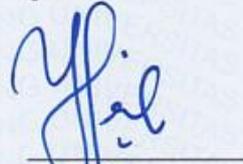
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Ir. Machudor Yusman, M.Kom.**



Penguji Pembahas 1 : **Anie Rose Irawati, ST, M.Cs.**



Penguji Pembahas 2 : **Bambang Hermanto, S.Kom., M.Cs.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Satripto Dwi Yuwono, S.Si., M.T
NIP. 197407052000031001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 16 Juni 2022

PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini adalah :

Nama : Muhammad Ridho

NPM : 1517051220

Fakultas/Jurusan : MIPA/Ilmu Komputer

Program Studi : S1 Ilmu Komputer

Alamat : Jl. Tritura Desa Pasar Baru Kecamatan Kedondong

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya yang serupa pernah diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebut dalam daftar pustaka.

Bandar Lampung, 16 Juni 2022



Muhammad Ridho
NPM. 1517051220

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kedondong, Pesawaran pada tanggal 12 Nopember 1997 sebagai anak keempat dari empat bersaudara dari Bapak Rosyadi dan Ibu Haliana.

Pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) RA Qurrota Ayyun Kedondong diselesaikan pada tahun 2003. Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di MIN Model Kedondong pada tahun 2009. Menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di MTsN 1 Kedondong pada tahun 2012, lalu melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 1 Gadingrejo dan dinyatakan lulus pada tahun 2015.

Pada tahun 2015, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung melalui Seleksi Mandiri Perguruan Tinggi Negeri. Pada bulan Januari – Maret 2018 penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT. Perkebunan Nusantara 7 Pesawaran. Pada bulan Juli – Agustus 2018 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Rajabasa Baru Kecamatan Mataram Baru, Kabupaten Lampung Timur.

PERSEMBAHAN

Puji dan syukur kepada Allah Subhanahu wa ta'ala atas nikmat dan karunia-Nya sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.

Aku Persembahkan karyaku ini untuk:

Ayah dan Ibu yang sangat kucintai dan kusayangi.

Terima kasih untuk kasih sayang, perhatian, pengorbanan, usaha, dukungan moril maupun materi, motivasi, dan limpahan doa yang tiada henti untuk saat ini demi kesuksesanku. Saudara dan keluarga besar yang selalu mendukung untuk menyelesaikan karya kecil ini.

Teruntuk sahabat dan teman-teman tersayang, terima kasih untuk canda tawa, tangis, dan perjuangan yang telah terlewati bersama dan terima kasih untuk setiap rentetan kenangan yang telah terukir selama ini

Keluarga Besar Ilmu Komputer 2015,

Serta Almamater yang kubanggakan,

UNIVERSITAS LAMPUNG.

MOTTO

"Hai orang-orang yang beriman, mintalah pertolongan kepada Allah dengan sabar dan shalat. Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar."

(Q.S Al-Baqarah: 153)

"Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan."

(QS. Al-Insyirah: 5-6)

"Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum sehingga mereka mengubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri."

(Q.S Ar-Ra'd: 11)

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT., karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “*Sistem Pendeteksi Polusi Udara di Kota Bandar Lampung Berbasis Internet of Things (IoT)*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Komputer di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, S.Si., M.T., selaku dekan FMIPA Universitas Lampung;
2. Bapak Didik Kurniawan, S.Si., MT., selaku Ketua Jurusan Ilmu Komputer;
3. Bapak Dr. rer. nat. Akmal Junaidi, M.Sc., selaku Sekretaris Jurusan Ilmu Komputer;
4. Bapak Ir. Machudor Yusman, M.Kom., selaku pembimbing utama atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, saran dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini;
5. Ibu Anie Rose Irawati, ST, M.Cs., selaku penguji pembahas pada ujian skripsi. Terima kasih untuk masukan dan saran-saran pada seminar terdahulu;
6. Bapak Bambang Hermanto, S.Kom., M.Cs., selaku penguji pembahas pada ujian skripsi. Terima kasih untuk masukan dan saran-saran pada seminar terdahulu;

7. Bapak Aristoteles, S.Si., M.Si., selaku pembimbing akademik yang telah membimbing, memotivasi serta memberikan ide, kritik dan saran selama masa perkuliahan;
8. Bapak dan Ibu staf administrasi FMIPA Universitas Lampung;
9. Bapak dan Ibu staf administrasi Jurusan Ilmu Komputer Universitas Lampung;

Bandar Lampung, 7 Juli 2022

Muhammad Ridho

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Batasan Masalah.....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Pencemaran Udara.....	5
2.2. Uraian Landasan Teori	6
2.2.1. <i>Wireless Sensor Network</i>	6
2.2.2. <i>Internet of Things</i>	6
2.2.3. Arduino	6
2.2.4. Thingspeak	7
2.2.5. Pengertian Sensor.....	7
2.2.6. Sensor MQ-2	7
2.2.7. Sensor MQ-9	8
2.2.8. Sensor MQ-135	8
2.2.9. Sensor MQ-136	9
2.2.10. GSM	9
2.2.11. Laravel.....	9
2.2.12. Analisis <i>Quality of Service (QoS)</i>	10
3. METODE PENELITIAN	12
3.1. Tahapan Penelitian	12
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1. Implementasi Rangkaian Perangkat IoT	19
4.2. Komunikasi Data Antar Perangkat	22
4.3. Tampilan <i>Interface Web</i>	25
4.4. Hasil Akuisisi Data.....	26
4.5. Analisis Sistem	30

5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	36
5.1. Kesimpulan.....	36
5.2. Saran.....	36
DAFTAR PUSTAKA	38

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kategori <i>throughput</i>	10
2. Kategori <i>packet loss</i>	11
3. Data hasil akuisisi perangkat IoT	27
4. Analisis pada pengiriman data ke thingspeak	34
5. Analisis pada pengiriman data ke halaman web	35
6. Analisis dalam pengiriman data pada rangkaian sistem data.....	35

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Sensor MQ-2	7
2. Sensor MQ-9	8
3. Sensor MQ-135	8
4. Sensor MQ-136	9
5. Tahapan Penelitian	12
6. Perancangan arsitektur sistem	15
7. Perancangan <i>prototype</i> node sensor	15
8. Tampilan halaman beranda	16
9. Tampilan halaman grafik	16
10. Tampilan halaman data log	17
11. Rangkaian perangkat IoT	19
12. Tampilan menu beranda aplikasi berbasis web.....	25
13. Tampilan menu grafik aplikasi berbasis web.....	25
14. Tampilan menu data log aplikasi berbasis web.....	26

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Provinsi Lampung secara geografis merupakan provinsi yang terletak di ujung timur Pulau Sumatera yang berbatasan langsung dengan Pulau Jawa. Karena letaknya yang berada di ujung Pulau Sumatera berdekatan dengan Pulau Jawa, Provinsi Lampung sangat berperan sebagai pintu gerbang utama dan juga jalur penting untuk transportasi darat yang akan masuk ke pulau Sumatera maupun sebaliknya. Sebagai gerbang utama transportasi darat untuk masuk ke Pulau Sumatera, banyak kendaraan yang melintasi Provinsi Lampung. Di provinsi Lampung juga terdapat dua pelabuhan besar yaitu Pelabuhan Bakauheni yang berperan sebagai gerbang masuk ke Provinsi Lampung dari Pulau Jawa serta Pelabuhan Petikemas yang berperan sebagai jalur masuk untuk pendistribusian logistik yang masuk ke Provinsi Lampung khususnya dan Pulau Sumatera secara umum.

Kota Bandar Lampung merupakan salah satu kota yang berada di Provinsi Lampung dan merupakan salah satu kota yang dijadikan sebagai jalur transportasi darat bagi kendaraan yang masuk ke Pulau Sumatera melalui Pelabuhan Bakauheni maupun Pelabuhan Petikemas maupun sebaliknya. Kota Bandar Lampung juga merupakan pusat perekonomian di Provinsi Lampung sebagai pusat jasa dan perdagangan. Selain itu Kota Bandar Lampung juga merupakan salah satu kota terpadat di Pulau Sumatera setelah Medan dan Palembang menurut jumlah penduduk dan merupakan salah satu kota terpadat di luar Pulau Jawa. Kota Bandar Lampung sebagai pusat perekonomian Provinsi Lampung membuat masyarakat banyak yang menggantungkan perekonomiannya di Kota Bandar Lampung sehingga lingkungan kota yang bersih dan sehat perlu dijaga untuk mendukung aktifitas masyarakat Kota Bandar Lampung sehari-hari. Salah satu yang perlu dijaga adalah kualitas udara di Kota Bandar Lampung. Banyaknya kendaraan yang melintas serta pabrik-pabrik

yang berdiri di Kota Bandar Lampung menjadi dua faktor yang dapat merusak kualitas udara di Kota Bandar Lampung dengan polutan yang dihasilkan dari pabrik serta gas emisi dari kendaraan bermotor yang melintas.

Pemantauan kualitas udara merupakan salah satu cara untuk memperbaiki kualitas udara. Pemanfaatan teknologi informasi di era digitas akan sangat membantu dalam proses pemantauan kualitas udara yang ada. Salah satunya dengan memanfaatkan teknologi *Wireless Sensor Network* (WSN) dan *Internet of Things* (IoT). Teknologi WSN yaitu teknologi yang bisa dimanfaatkan dalam mengakuisi dan mendistribusikan data pemantauan dan dapat dikendalikan secara terpusat (Lewis 2004). Penggunaan WSN sangat efektif diaplikasikan untuk pemantauan wilayah yang luas atau wilayah dengan kondisi yang berbahaya karena orang tidak dapat memantau kondisi wilayah tersebut setiap saat (Martinez, K et al. 2004).

Telah banyak penelitian yang meneliti tentang pemanfaatan *Wireless Sensor Network* (WSN) dan *Internet of Things* (IoT) untuk pemantauan kualitas udara diantaranya Iqbal, M dkk. pada tahun 2015 yaitu *Wireless Sensor Network* (WSN) dengan topologi Hybrid Mesh-Like Tree dengan aplikasi berbasis web untuk sistem monitoring polusi udara yang menampilkan informasi level pencemaran udara di kampus IPB Dramaga. Aziz dkk. pada tahun 2012 membuat sistem akuisisi data berbasis jaringan sensor nirkabel dengan protokol zigbee/IEEE 802.15.4 dan internet access pada sensor kristal fotonik untuk pengukuran indeks standar pencemar udara (ISPU) yang terintegrasi serta mampu memberikan informasi mengenai hasil pengukuran ISPU secara *real time* dan *non-real time*. Dan Fuad, M dkk. pada 2015 membuat sistem pemantauan polusi udara gas CO di Kampus IPB Dramaga berbasiskan jaringan *Wireless Sensor Network* (WSN) dengan topologi mesh dengan protokol zigbee secara *real time* dan pengelolaan data dilakukan melalui aplikasi antarmuka berbasis web dengan lima parameter pencemar udara yaitu CO, SO₂, NO₂, O₃ dan partikel debu (PM-10). Namun pada ketiga penelitian diatas sensor yang digunakan adalah sensor berbasis kristal fotonik yaitu sensor yang memanfaatkan kondisi cahaya yang dikondisikan untuk mengambil data pencemaran udara.

Berdasarkan penelitian sebelumnya maka dalam penelitian ini untuk membangun sistem pemantauan polusi udara di Kota Bandar Lampung dengan empat buah sensor dengan memanfaatkan teknologi GSM untuk transmisi data secara nirkabel ke aplikasi server. Teknologi GSM digunakan sebagai perangkat transmisi data di daerah yang lebih luas dan cara mudah untuk mengakses internet (Lin, S., dan Ming, L 2008).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka hal-hal yang perlu dirumuskan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancang bangun sistem pendeteksi polusi udara menggunakan *Wireless Sensor Network* berbasis *Internet of Things*?
2. Bagaimana kinerja sistem pendeteksi polusi udara menggunakan *Wireless Sensor Network* berbasis *Internet of Things*?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem pendeteksi polusi udara menggunakan *Wireless Sensor Network* berbasis *Internet of Things*.
2. Menganalisis kinerja sistem pendeteksi polusi udara menggunakan *Wireless Sensor Network* berbasis *Internet of Things*.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu :

1. Menginformasikan kepada masyarakat Kota Bandar Lampung mengenai kualitas udara di sekitar mereka.
2. Mendorong kesadaran masyarakat mengenai adanya teknologi terbaru agar bisa dimanfaatkan untuk kepentingan bersama.

1.5. Batasan Masalah

Untuk menghindari pelebaran pokok masalah agar penelitian dapat terarah, maka dalam penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah yaitu :

1. Alat yang digunakan ada 4 sensor yaitu sensor Gas Amonia (NH_3), sensor Gas LPG, sensor Karbon Monoksida (CO), dan sensor Hidrogen Sulfida (H_2S) yang terdapat dalam rangkaian sensor.
2. Pengambilan data dilakukan di halte bus Universitas Lampung pada sore hari pukul 16.00-16.30 WIB pada kondisi cuaca cerah.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah masuk atau tercampurnya unsur-unsur berbahaya ke dalam atmosfer yang mengakibatkan penurunan kualitas udara di suatu lingkungan sehingga mengakibatkan terjadinya gangguan terhadap kesehatan manusia di lingkungan tersebut. Terdapat dua sumber pencemar udara yakni pencemaran udara akibat sumber alami seperti letusan gunung berapi dan pencemaran udara akibat kegiatan manusia. Pencemaran udara yang diakibatkan manusia dapat diklasifikasikan ke dalam dua sumber yaitu sumber diam dan sumber bergerak. Pencemaran udara dari sumber bergerak berasal dari pembangkit listrik, emisi pabrik, industri, dan rumah tangga. Pencemaran udara akibat sumber bergerak berasal dari lalu lintas transportasi darat maupun transportasi laut (Gindo, 2007).

Pencemaran udara pada tingkat konsentrasi tertentu dapat berakibat fatal pada kesehatan manusia, baik secara mendadak atau akut, menahun atau kronis, dan gejala yang samar-samar mulai dari iritasi saluran nafas, iritasi mata, dan alergi kulit hingga timbulnya tumor atau kanker paru. Gangguan kesehatan yang timbul akibat pencemaran udara dapat memengaruhi daya kerja seseorang seperti menurunnya nilai produktivitas hingga menimbulkan kerugian secara ekonomi (Budiyono, 2001)

2.2. Uraian Landasan Teori

2.2.1. *Wireless Sensor Network*

Wireless Sensor Network (WSN) adalah suatu infrastruktur jaringan nirkabel yang terdiri dari sejumlah node sensor yang tersebar di suatu area. Teknologi WSN dapat digunakan untuk memonitor beberapa hal seperti temperatur, kelembaban, kondisi cahaya, level derau, dan pergerakan suatu objek. WSN juga dapat disebut sebagai penghubung antara lingkungan fisik (*physical world*) dan dunia digital (*digital world*) (Syafiqoh. dkk, 2015).

2.2.2. *Internet of Things*

Internet of Things dikenal sebagai 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 (Arafat, 2016).

2.2.3. Arduino

Arduino dikatakan sebagai sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi *Arduino* adalah kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. IDE adalah sebuah *software* yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory microcontroller* (Yahwe, 2016).

2.2.4. Thingspeak

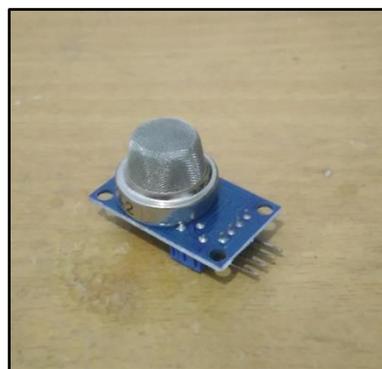
Thingspeak adalah salah satu *platform Open Source* untuk *Internet of Things* (IoT) yang memungkinkan pengguna untuk menyimpan, memvisualisasikan, dan bertindak terhadap data dari sensor atau ekuator, seperti Arduino dan Raspberry Pi. *ThingSpeak* juga bisa berperan sebagai server untuk menyimpan data hasil akuisisi (Arsyistawa, 2017).

2.2.5. Pengertian Sensor

Sensor adalah sebuah alat atau piranti elektronika yang dapat digunakan untuk mengubah suatu besaran fisik menjadi besaran listrik sehingga nilainya dapat dianalisa menggunakan rangkaian listrik tertentu (Ramadhan, 2014). Di dalam sensor terdapat transduser yang mengubah respon elektrik dari sensor ke dalam nilai yang mudah diamati (Kuswando, 2008).

2.2.6. Sensor MQ-2

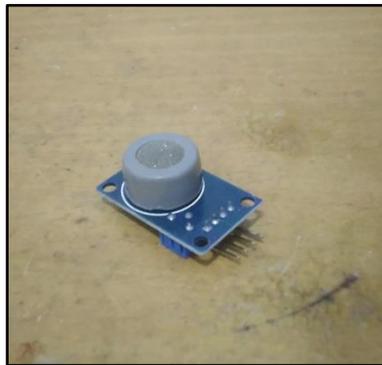
Sensor MQ-2 memiliki material utama yang sensitif terhadap gas LPG, Propana, dan Hidrogen. Dalam penelitian ini sensor MQ-2 digunakan untuk membaca nilai gas LPG. Sensor MQ-2 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sensor MQ-2.

2.2.7. Sensor MQ-9

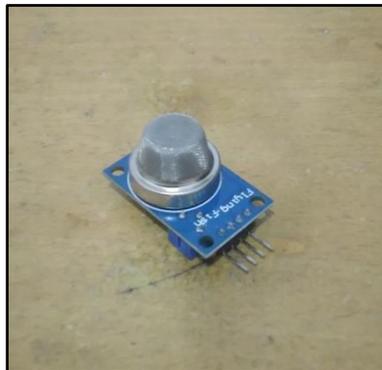
Sensor MQ-9 adalah sensor yang memiliki sensitivitas tinggi untuk mendeteksi gas karbon monoksida (CO). Material utama dari ini terbuat dari bahan SnO_2 yang sangat sensitif terhadap gas CO, CH_4 , dan LPG. Dalam penelitian ini, sensor MQ-9 digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi gas CO. Sensor MQ-9 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sensor MQ-9.

2.2.8. Sensor MQ-135

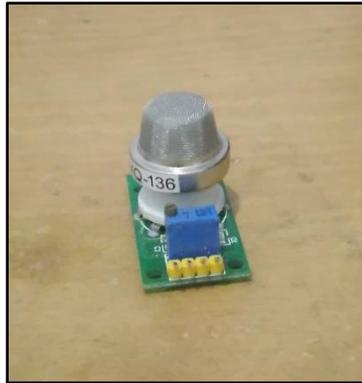
Sensor MQ-135 merupakan sensor untuk mendeteksi gas ammonia, benzena, dan karbon dioksida (CO_2). Dalam penelitian ini sensor MQ-135 digunakan sebagai sensor untuk mendeteksi gas ammonia (NH_3). Sensor MQ-135 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sensor MQ-135.

2.2.9. Sensor MQ-136

Sensor MQ-136 merupakan sensor yang sensitif terhadap gas Hidrogen Sulfida (H_2S). Sensor MQ-136 dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sensor MQ-136.

2.2.10. GSM

GSM (*Global Sistem for Mobile Communication*) adalah komponen tambahan pada Arduino yang memungkinkan Arduino dapat terhubung ke jaringan, serta dapat mengirim dan menerima layanan suara, teks, dan GPRS (Christian, 2013).

2.2.11. Laravel

Laravel merupakan salah satu dari sekian banyak framework PHP yang dapat digunakan secara gratis dan bersifat open source. Laravel dikembangkan oleh seorang programmer asal Amerika bernama Taylor Otwell pada tahun 2011 (Abdullah, 2018).

2.2.12. Analisis *Quality of Service* (QoS)

Quality of Service adalah parameter yang digunakan dalam menganalisis kualitas pengiriman data di jaringan tertentu. Tujuan dari penggunaan parameter QoS adalah untuk memastikan bahwa pengiriman data dalam suatu jaringan dapat berjalan optimal (Putriyatiar, 2021). *Quality of Service* adalah metode yang menunjukkan seberapa baik jaringan dan merupakan salah satu metode analisis jaringan untuk mendefinisikan kualitas jaringan (Rivai, 2018). Dalam penelitian ini, parameter yang digunakan adalah analisis *throughput* dan *packet loss* dalam pengiriman data pada sistem.

- a. *Throughput*, adalah kecepatan transfer data efektif atau biasa disebut sebagai *transfer rate* dalam proses komunikasi data antar perangkat dan biasanya disajikan dalam satuan bit per sekon (bps). Persamaan untuk mencari nilai *throughput* adalah sebagai berikut.

$$\text{throughput} = \frac{\text{paket data diterima}}{\text{lama pengamatan}} \dots\dots\dots(1)$$

Berdasarkan persamaan 1, nilai dari parameter *throughput* kemudian disamakan dengan kategori *throughput* untuk mendapatkan nilai *throughput* secara kualitatif. Kategori *throughput* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kategori *throughput* (Antipolis, 1999)

Kategori <i>throughput</i>	Throughput (bps)	Indeks
Sangat Bagus	>2100	4
Baik	1200-2100	3
Cukup	700-1200	2
Kurang Baik	338-700	1
Buruk	0-338	0

- b. *Packet loss*, merupakan salah satu parameter dalam QoS yang menunjukkan jumlah paket yang hilang yang biasanya terjadi dalam proses komunikasi data antar perangkat yang biasanya disebabkan oleh *collision* atau *congestion* pada jaringan dan disajikan dalam satuan persentase (%). Persemaan untuk mencari *packet loss* adalah sebagai berikut.

$$Packet\ loss = \frac{Paket\ dikirim - Paket\ diterima}{2 \cdot Paket\ dikirim} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Setelah melakukan perhitungan *packet loss* menggunakan persamaan 2, langkah selanjutnya adalah membandingkan persentase *packet loss* sesuai kategori *packet loss* untuk mendapatkan nilai *packet loss* secara kualitatif. Kategori *packet loss* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Kategori *packet loss* (Antipolis, 1999)

Kategori <i>packet loss</i>	%<i>packet loss</i>	Indeks
Sangat Bagus	0% - 2%	4
Bagus	3% - 14%	3
Sedang	15% - 24%	2
Buruk	> 25%	1

3. METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

Langkah-langkah pelaksanaan penelitian ini dibagi dalam beberapa tahapan, yaitu studi literatur, analisis permasalahan, perancangan model sistem, implementasi sistem analisis kinerja sistem. Langkah-langkah ini diilustrasikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Tahapan Penelitian.

Penjelasan dari tahapan penelitian ini sebagai berikut.

1. Analisis permasalahan

Pada tahap ini dilakukan analisis permasalahan dengan mengumpulkan data dan mencari metode yang tepat untuk mengetahui seberapa besar tingkat pencemaran udara yang terjadi di sekitar kita dengan melakukan studi pustaka dan observasi.

2. Analisis kebutuhan

Pada tahap ini dilakukan analisis mengenai kebutuhan alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak.

a. Perangkat keras

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Laptop dengan spesifikasi sebagai berikut.
 - *Processor* : Intel(R) Core(TM) i5-5200U CPU @ 2.20GHz 2.19 GHz.
 - *VGA* : Nvidia GeForce 930M VRAM 2 GigaByte
 - *RAM* : 4,00 GigaByte
 - *SSD* kapasitas 450 GigaByte
2. Sensor MQ-2 sebagai sensor untuk mendeteksi gas LPG.
3. Sensor MQ-9 sebagai sensor untuk mendeteksi gas CO.
4. Sensor MQ-135 sebagai sensor untuk mendeteksi gas NH₃.
5. Sensor MQ-136 sebagai sensor untuk mendeteksi gas H₂S.
6. Kabel RJ-45 untuk menghubungkan modul arduino UNO R3 ke TP-LINK USB ROUTE 3G/4G TL-MR3020.
7. Kabel pita atau kabel *jumper* untuk menghubungkan *breadboard* dengan modul arduino UNO R3.
8. Modul Arduino UNO R3 sebagai papan utama tempat dipasangkannya seluruh modul atau sensor.
9. Modul *Ethernet Shield* untuk membantu proses pengiriman data ke perangkat lain.

10. *Breadboard* sebagai *port* untuk sensor terhubung dengan modul arduino UNO R3.
11. TP-LINK USB ROUTE 3G/4G TL-MR3020 untuk dijadikan sebagai modem untuk mengirimkan data dari sensor ke web server.

b. Perangkat lunak

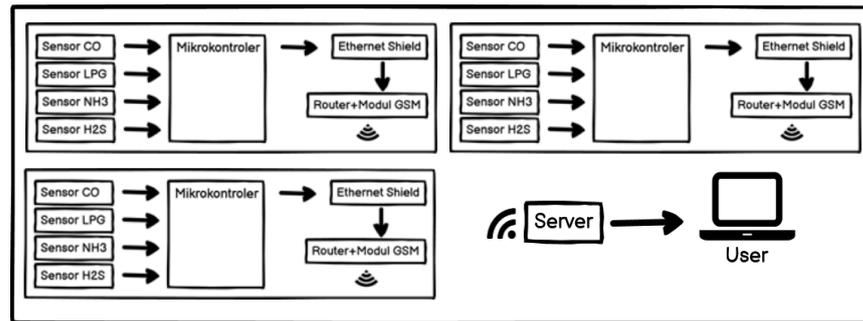
Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- Sistem Operasi Windows 10 Pro 64-bit
- Arduino IDE sebagai editor bahasa C yang digunakan pada modul Arduino UNO R3
- Visual Studio Code sebagai editor untuk menulis kode program.
- XAMPP v3.2.4 sebagai aplikasi *local server* untuk melakukan pengembangan sistem MYSQL dan PHP.
- Laravel sebagai *framework* dalam pembuatan *website*.
- Bootstrap sebagai *framework* berbasis css untuk mempercantik tampilan antarmuka *website*.
- WireShark sebagai aplikasi untuk melihat lalu lintas jaringan pada sistem.

3. Perancangan *prototype* sistem

a. Perancangan arsitektur sistem

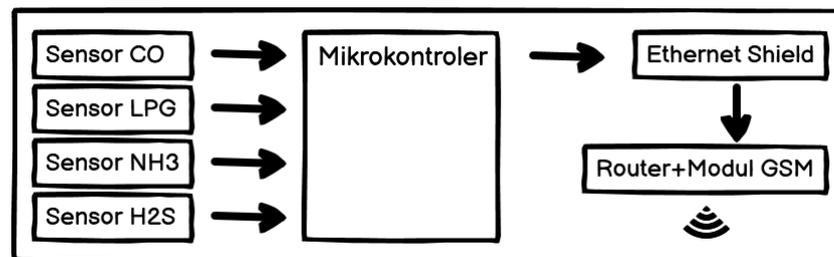
Perancangan ini terdiri dari perancangan arsitektur sistem yang terdiri dari beberapa node sensor yang dapat melakukan akuisisi data berupa parameter zat polutan sesuai penempatan sensor, kemudian data ditransmisikan menggunakan media wireless ke server selanjutnya dikirimkan ke server menggunakan teknologi GSM. Data hasil akuisisi kemudian ditampilkan menggunakan antarmuka aplikasi web. Arsitektur sistem dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Perancangan arsitektur system.

b. Perancangan rangkaian IoT

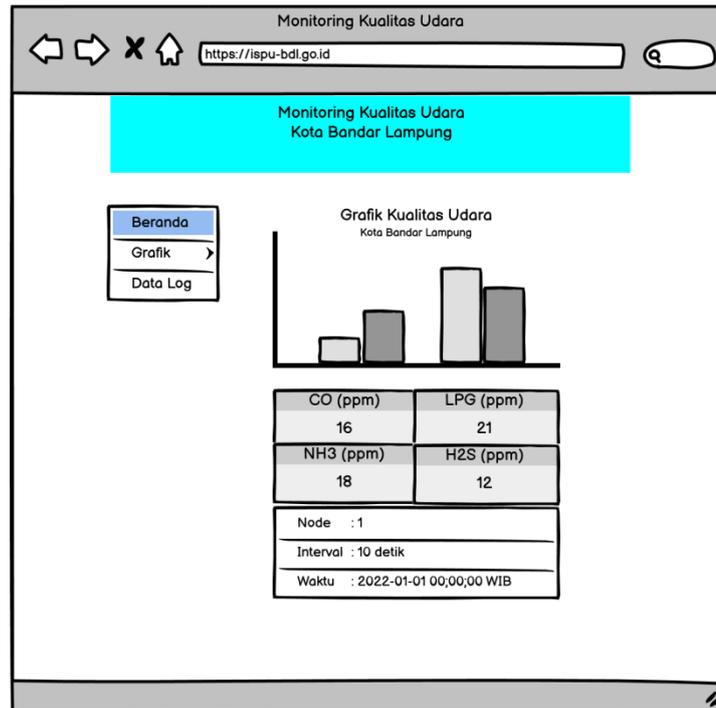
Perancangan ini terdiri dari perancangan node stasiun merupakan unit yang bertindak sebagai alat akuisisi data dimana terdiri dari mikrokontroler Arduino dan sensor CO, LPG, NH₃, H₂S. Rancangan rangkaian IoT dapat dilihat pada Gambar 7.



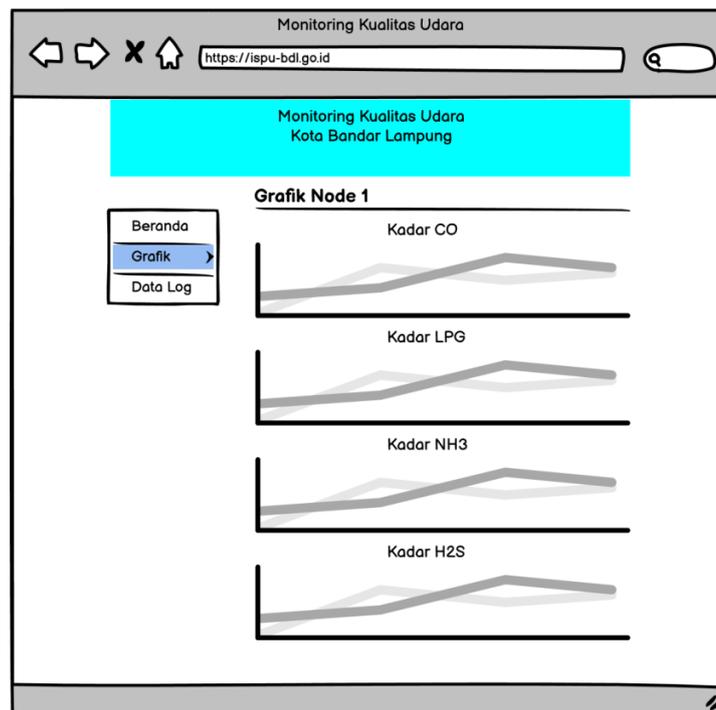
Gambar 7. Perancangan rangkaian IoT.

c. Perancangan antarmuka aplikasi berbasis web

Perancangan ini terdiri dari perancangan aplikasi berbasis web sebagai antarmuka pengguna untuk menampilkan informasi kualitas udara di Kota Bandar Lampung. Pada penelitian ini menggunakan framework Laravel dan *Thingspeak* sebagai server untuk menyimpan data. Rancangan aplikasi antarmuka berbasis web terdiri dari tiga halaman utama, yaitu halaman beranda yang berisi ringkasan sistem dan data terakhir yang masuk ke web, halaman grafik yang menampilkan nilai sensor dan disajikan dalam bentuk grafik dan halaman data log yang berisi keseluruhan data yang telah diambil di lapangan. Desain tampilan halaman website dapat dilihat pada Gambar 8,9, dan 10.



Gambar 8. Desain tampilan halaman beranda.



Gambar 9. Desain tampilan halaman grafik.

Monitoring Kualitas Udara
Kota Bandar Lampung

Data Log

Node	CO	LPG	NH3	H2S	Waktu
1	15	16	21	11	12.00
2	12	22	92	11	12.00
3	11	12	13	11	12.00
1	15	16	21	11	12.00
2	12	22	92	11	12.00
3	11	12	13	11	12.00
1	15	16	21	11	12.00
2	12	22	92	11	12.00
3	11	12	13	11	12.00

< 1 2 3 4 ... 10 >

Gambar 10. Desain tampilan halaman data log.

4. Implementasi sistem

Pada tahap ini dilakukan implementasi sistem untuk skala laboratorium sebelum dilakukan implementasi di Kota Bandar Lampung. Implementasi dilakukan di Laboratorium Komputasi Dasar Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung.

5. Akuisisi data

Pada tahap ini dilakukan pengambilan data di lapangan yaitu di Kota Bandar Lampung. Proses akuisisi data dilakukan di halte bus Universitas Lampung. Pengambilan data dilakukan pada pukul 16.00-16.30 WIB. Pengambilan data dilakukan dengan interval pengiriman data setiap 15 detik sekali. Pemilihan lokasi di halte bus Universitas Lampung karena lokasi tersebut berdekatan dengan tempat parkir terpadu Universitas Lampung, serta sebagai tempat transit bus pengantar mahasiswa Universitas Lampung. Selain itu, lokasi tersebut berdekatan langsung dengan jalur utama menuju Universitas Lampung, sehingga memungkinkan adanya polusi udara yang tinggi di lokasi tersebut.

6. Pengujian sistem

Pada tahap ini dilakukan pengujian dengan menjalankan seluruh bagian sistem dan mengamati perubahan data yang terjadi pada halaman antarmuka web. Pengujian rangkaian IoT akan dilakukan dengan menjalankan rangkaian IoT dan memastikan rangkaian IoT dapat mengirimkan data ke *platform thingspeak*.

7. Analisis Sistem

Setelah semua tahap selesai maka tahap selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap kinerja sistem. Analisis pada komunikasi data antar perangkat akan dilakukan dengan menggunakan analisis *Quality of Service (QoS)* dengan parameter *throughput* dan *packet loss* pada pengiriman data pada seluruh rangkaian sistem dan menentukan nilai dari masing-masing parameter secara kualitatif berdasarkan tabel kategori masing-masing parameter.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pada penelitian Sistem Pendeteksi Polusi Udara Di Kota Bandar Lampung ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Telah dibuat sebuah perangkat IoT untuk memantau polusi udara beserta aplikasi berbasis web untuk menampilkan data hasil akuisisi perangkat IoT pada web server secara *realtime* dengan interval waktu selama 15 detik.
2. Parameter yang diukur dalam proses transmisi data menggunakan analisis QoS secara keseluruhan menghasilkan nilai kualitatif sangat baik. Hal ini dapat dilihat pada hasil analisis pengiriman data ke thingspeak yang menghasilkan nilai parameter *throughput* sebesar 3752 bps dan parameter *packet loss* sebesar 0%. Pada analisis pengiriman data dari thingspeak ke halaman web mendapat nilai parameter *throughput* sebesar 4152 bps dengan parameter *packet loss* sebesar 2,52%. Serta pada pengiriman data pada keseluruhan rangkaian sistem mendapat nilai parameter *throughput* sebesar 10992 bps dan parameter *packet loss* sebesar 1,17%.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil pembahasan pada penelitian Sistem Pendeteksi Polusi Udara Di Kota Bandar Lampung ini, terdapat beberapa hal yang bisa dikembangkan lagi yaitu :

1. Pembuatan wadah untuk Perangkat IoT ini sehingga tampilan perangkat lebih menarik.
2. Penggunaan modul wifi untuk pengiriman data ke web server sehingga dapat mengefisiensi ruang pada wadah atau *casing*.
3. Penggunaan modul GPS sehingga dapat mengetahui informasi kualitas udara serta lokasi perangkat IoT ditempatkan.
4. Perlu dilakukan kalibrasi untuk perangkat IoT ini dengan dengan alat pengukur polusi udara yang telah berstandar nasional sehingga data yang dihasilkan lebih akurat dan datanya bisa dimanfaatkan oleh pihak terkait untuk membantu dalam pengambilan tindakan terhadap pencemaran udara yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- F. L. Lewis. 2004. Jaringan sensor nirkabels. Smart Environments: Technologies, Protocols, and Applications ed. D.J. Cook and S.K. Das, John Wiley, New York
- Martinez, K., Hart, J. K., & Ong, R. 2004. Environmental sensor networks. *Computer*, 37(8), 50-56.
- Iqbal, M., Fuad, M., Sukoco, H., & Alatas, H. 2016. Wireless sensor network design based on hybrid tree-like mesh topology as a new platform for air pollution monitoring system. *TELKOMNIKA Telecommunication Computing Electronics and Control*, 14(3), 1166-174.
- Aziz, M *et al.* 2011. Measuring air pollutants standard index (ispu) with photonics crystal sensor based on jaringan sensor nirkabel (wsn). International Conference on Instrumentation, Communication, Information Technology and Biomedical Engineering 8-9 November 2011, Bandung, Indonesia
- Fuad, M., Iqbal, M., Rahmat, M., Sukoco, H., & Alatas, H. 2015. Performance analysis of zigbee mesh wsn in carbon monoxide gas monitoring system. *TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering*, 15(3), 576-583.
- Lin, S., & Ming, L. 2008. A wireless network based on the combination of zigbee and gprs. In *Networking, Sensing and Control, 2008. ICNSC 2008. IEEE International Conference on* (pp. 267-270). IEEE.
- Gindo, A. 2007. Pencemaran udara. *Buletin Limbah*.
- Budiyono, A. 2001. Pencemaran udara : dampak pencemaran udara pada lingkungan. *Berita Dirgantara Vol 2, No.1*.
- Syafiqoh, U., Sunardi, S., & Yudhana, A. 2018. Pengembangan wireless sensor network berbasis internet of things untuk sistem pemantauan kualitas air dan tanah pertanian. *Jurnal Informatika: Jurnal Pengembangan IT*, 3(2), 285-289.

- Arafat, A. 2016. Sistem pengamanan pintu rumah berbasis internet of things (iot) dengan esp8266. *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 7(4).
- Yahwe, C. P., Isnawaty, I., & Aksara, L. F. 2016. Rancang bangun prototype system monitoring kelembaban tanah melalui sms berdasarkan hasil penyiraman tanaman studi kasus tanaman cabai dan tomat. *semanTIK*, 2(1).
- Arsyistawa, N. 2017. Aplikasi wireless sensor network untuk pembacaan meteran air (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Kuswando, B. 2008. *Sensor Kimia : Teori, Praktik & Aplikasi*. Jember: Bagian Kimia Farmasi PS Farmasi Universitas Jember.
- Christian, J., Komar, N., & Luhur, U. B. 2013. Prototipe sistem pendeteksi kebocoran gas lpg menggunakan sensor gas mq2, board arduino duemilanove, buzzer, dan arduino gsm shield pada pt. Alfa retailindo (carrefour pasar minggu). *Jurnal TICom*, 2(1).
- Abdullah, R. 2018. *7 in 1 Pemrograman Web Tingkat Lanjut*. PT Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Yanto, R. 2016. *Manajemen Basis Data Menggunakan MySQL*. Deepublish.
- Rivai, F. R. 2018. Implementasi dan analisis prototipe pengatur kelembaban berbasis internet of things (iot) pada penyimpanan sayuran. *e-Proceeding of Engineering : Vol.5 No.3*.
- Ramadhan, H. 2014. Pengaplikasian sensor suara sebagai kontrol gerak robot penari humanoid. Palembang: Doctoral Disertation Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Putriyatiar, Y. S. 2021. Analisis quality of services (qos) jaringan wi-fi untuk sistem pendeteksi kebocoran lpg menggunakan wireshark. *InComTech*.
- Antipolis, S. 1999. *Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks (TIPHON)*.