



**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING POLUSI UDARA
DISEKITAR KAMPUS JAKARTA GLOBAL UNIVERSITY CIBITUNG
MENGUNAKAN MAPPI32 LORA**

SKRIPSI

Skripsi diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh gelar sarjana



Disusun oleh:

ROHMAT HAMBALI
182220104

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK & ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA
2022**

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Depok, 12 November 2022

Mahasiswa,



Rohmat Hambali
NIM.182220104.

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Rohmat Hambali
NIM : 182220104
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
POLUSI UDARA DISEKITAR KAMPUS
JAKARTA GLOBAL UNIVERSITY CIBITUNG
MENGUNAKAN MAPPI32 LORA

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Global Jakarta.

DEWAN PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Sinka Wilyanti, S.T., M.T. 
Pembimbing 2 : Legenda Prameswono Pratama, S.S.T., M.Sc.Eng. (
Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 28 November 2022

HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Rohmat Hambali
NIM : 182220104
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING
POLUSI UDARA DISEKITAR KAMPUS
JAKARTA GLOBAL UNIVERSITY CIBITUNG
MENGUNAKAN MAPPI32 LORA

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Global Jakarta.

DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Arie Jaenul, S.Pd., M.Sc.Eng ()

Penguji 2 : Arisa Olivia Putri, S.ST., M.IT ()

Penguji 3 : Devan Junesco Vresdian, S.ST., M.Sc.Eng ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 28 November 2022

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat- Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro pada Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Ibu Sinka Wilyanti, S.T., M.T. dan Bapak Legenda Prameswono Pratama, S.S.T., M.Sc.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
 - (2) pihak Jakarta Global University Cibitung yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
 - (3) orang tua dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral; dan
 - (4) sahabat yang telah banyak membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
- Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan

Depok, 12 November 2022

Penulis,

Rohmat Hambali
NIM.182220104

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Global Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rohmat Hambali
NPM : 182220104
Program Studi : Teknik Elektro
Jenis Karya Ilmiah : Skripsi

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Global Jakarta **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING POLUSI UDARA DISEKITAR KAMPUS JAKARTA GLOBAL UNIVERSITY CIBITUNG MENGGUNAKAN MAPPI32 LORA

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Non-eksklusif ini Universitas Global Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 12 November 2022

Yang menandatangani

Rohmat Hambali
182220104

ABSTRAK

Polusi udara dalam bentuk partikel maupun gas yang diakibatkan oleh keduanya, menghasilkan kualitas udara yang tidak sehat. Standar indeks kesehatan mencatat 0- 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ merupakan ambang batas dari udara yang bersih dan asri. Dengan era teknologi yang semakin masif, peneliti mencoba memberikan perbandingan hasil di wilayah Jakarta Global University Kampus B Cibitung yang berlokasi di Jl. Inspeksi Kalimalang no.204-205, Cibuntu, Kecamatan Cibitung, Kabupaten Bekasi. Untuk mengembangkan aplikasi, peneliti menggunakan model rancang bangun sederhana berkonsep LoRa WAN. Variabel yang diteliti yaitu mengetahui sensitivitas sensor gas MQ135 dan sensor Debu GP2Y1010AU0F dalam mengetahui Kualitas Udara di Lingkungan Jakarta Global University Kampus B Cibitung, meliputi gas CO dan Partikulat Debu (*Particulate Matter/PM10*). Untuk merancang dan membangun sistem monitoring dengan menggunakan Komunikasi LoRa (*Long Range*) dan juga Untuk mengaplikasikan sistem untuk pemantauan Polusi Udara Berbasis Jaringan Komunikasi LoRa (*Long Range*). Berdasarkan perhitungan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dapat dilihat besar persentase data pembacaan sensor MQ135 dan Sensor GP2Y1010AU0F Pada Transmitter_a dan Transmitter_b yang didapatkan, tepatnya secara berurutan adalah gas CO_a sebesar 2,60%, Partikulat_a sebesar 1,03%, gas CO_b sebesar 6,74%, dan Partikulat_b sebesar 2,35%. Nilai MAPE kurang dari 10% maka kemampuan model alat sangat baik. Pada pengukuran gas CO (*Carbon Monoxide*) dan *Particulate Matter* (PM₁₀).

Kata kunci: CO(*Carbon Monoxide*), *Particulate Matter* (PM₁₀), LoRa (*Long Range*), sensor gas MQ135 dan sensor Debu GP2Y1010AU0F, MAPE.

ABSTRACT

Air pollution in the form of particles and gases that are caused by both, results in unhealthy air quality. The health index standard notes that 0-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ is the threshold for clean and beautiful air. With the increasingly massive technology era, researchers are trying to provide a comparison of results in the area of Jakarta Global University Campus B Cibitung which is located on Jl. Kalimalang Inspection no.204-205, Cibuntu, Cibitung District, Bekasi Regency. To develop the application, researchers used a simple design model with the LoRa WAN concept. The variables studied were to determine the sensitivity of the MQ135 gas sensor and the GP2Y1010AU0F dust sensor in determining air quality in the Jakarta Global University Campus B Cibitung environment, including CO gas and particulate matter (PM10). To design and build a monitoring system using LoRa (Long Range) Communication and also To apply a system for monitoring Air Pollution Based on LoRa (Long Range) Communication Networks. Based on the calculation of the Mean Absolute Percentage Error (MAPE), it can be seen that the percentage of MQ135 and The GP2Y1010AU0F sensor in the Transmitter_a and Transmitter_b obtained, respectively, CO_a gas is 2.60%, Particulate_a is 1.03%, CO_b gas is 6.74%, and Particulate_b is 2.35%. If the MAPE value is less than 10%, then the ability of the tool model is very good. In the measurement of CO gas (Carbon Monoxide) and Particulate Matter (PM10).

Keywords: CO(Carbon Monoxide), Particulate Matter (PM10), LoRa (Long Range), MQ135 gas sensor and GP2Y1010AU0F Dust sensor, MAPE.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI	iii
KATA PENGANTAR	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Landasan Teori	6
2.1.1 Pengertian Polusi Udara	6
2.1.2 Long Range (LoRa)	12
2.1.3 Sensor MQ-135	13
2.1.4. Sensor GP2Y1010AU0F	15
2.1.5. Ubidots	17
2.1.6. Telegram Bot	17
2.1.7. Arduino IDE	18
2.2 Tinjauan Penelitian Yang Berkaitan	20

2.3 Gap Penelitian	22
2.4 Rumusan Hipotesis	22
2.5 Studi Literatur	23
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1 Diagram Alir Penelitian	25
3.2 Lokasi & Obyek Penelitian	25
3.3 Metodologi Pengembangan	26
3.4 Variabel Yang Diteliti	27
3.5 Teknik Pengumpulan Data	27
3.6 Teknik Analisis Data	28
3.7 Rangkaian Sistem LoRa	28
3.8 Output Penelitian	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Realisasi Sistem Alat	32
4.2 Hasil Pengukuran	36
4.2 Kalibrasi Sensor	33
BAB V PENUTUP	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN-LAMPIRAN	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kualitas udara bisa menjadi penentu kesehatan suatu lingkungan dan makhluk hidup di dalamnya. Udara yang sehat pastinya berdampak baik bagi kehidupan di dalamnya, begitupula sebaliknya. Udara merupakan salah satu sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui dan menjadi syarat pokok kehidupan setiap makhluk di muka bumi. Karenanya, dibutuhkan kualitas udara yang baik, tidak tercemar polusi, atau membahayakan kesehatan sehingga aktivitas makhluk hidup dapat berjalan lancar (Malachela, 2021). Sebagai salah satu kota industri, tentunya kualitas udara Kabupaten Bekasi mengalami polusi udara, baik dari asap pabrik maupun asap kendaraan yang berlalu lalang dijalanan. Menurut Supraptini, polusi udara yang dikeluarkan dari cerobong asap kawasan industri apabila tidak dikelola dengan baik akan berdampak buruk pada kesehatan manusia, diantaranya dapat berpengaruh terhadap status fatal paru – paru, perubahan respon kekebalan tubuh, bahkan menyebabkan kematian pada makhluk hidup. Secara umum, pencemaran udara dapat berbentuk partikel maupun gas. Pencemaran udara berbentuk partikel seperti debu, aerosol dan timah hitam sedangkan yang berbentuk gas seperti CO, NO_x, SO_x, H₂S, hidrokarbon (Kurnianto, 2022).

Jakarta Global University Kampus B Cibitung sebagai salah satu perguruan tinggi yang berlokasi di Jl. Inspeksi Kalimalang no.204-205, Cibuntu, Kecamatan Cibitung, Kabupaten Bekasi 17520. Gedung Jakarta Global University Kampus B Cibitung yang berdiri tidak jauh dari Kawasan Industri dan Jalan raya Kalimalang, tidak menutup kemungkinan Kualitas Udara di sekitarnya terganggu akibat polusi udara dalam bentuk partikel maupun gas yang diakibatkan oleh keduanya, menghasilkan kualitas udara yang tidak sehat bagi mahasiswa, staff kampus, maupun masyarakat yang tinggal di sekitar kampus.

Untuk mengatasi masalah tersebut, dirancang sebuah sistem monitoring kualitas udara yang dapat dipantau secara jarak jauh menggunakan komunikasi LoRa. Pada penelitian ini dibuat satu perangkat end device yang akan melakukan

akuisisi data sensor gas dan debu. Data dari LoRa Transmitter kemudian diterima LoRa Receiver yang selanjutnya akan ditampilkan di web Ubidots dengan Notifikasi Telegram. Pada perangkat LoRa Transmitter digunakan dua sensor untuk mengukur kualitas udara, yaitu, MQ-135 untuk mengukur gas CO, dan GP2Y1010AU0F untuk mengukur jumlah partikulat debu.

Jarak cakupan LoRa sangat mempengaruhi RSSI maupun packet loss. Berdasarkan penelitian sebelumnya pada penelitian yang dilakukan (Yanziah et al., 2020), bahwa Model propagasi teoritis dengan log *normal-shadowing* dan berbasis pengujian menunjukkan bahwa daya sinyal yang diterima rata-rata mengalami penurunan terhadap penambahan jarak. Jarak jangkauan maksimum LoRa pada area urban yang didapatkan dari penelitian adalah 2 km. Hal ini selaras dengan jangkauan LoRa pada datasheet untuk area urban (perkotaan) yaitu berkisar 1-5 km. Kemudian berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Petäjäjärvi et al., 2016), mereka melakukan Pengukuran dilakukan menggunakan stasiun pangkalan *LoRaMote* dan *Kerlink* untuk mobile node yang bergerak di atas tanah (di rak atap mobil) dan di atas air (di tiang radio kapal). Base station terhubung ke antena yang terletak di menara antena di atap University of Oulu pada ketinggian 24 m di atas permukaan laut. Node LoRa dikonfigurasi untuk mengirimkan menggunakan faktor penyebaran sinyal maksimum untuk mendapatkan jangkauan maksimum. Daya pancar diatur ke 14 dBm (25 mW). Hasil pengukuran yang dilaporkan menunjukkan bahwa di darat pada jarak hingga 5 km jumlah paket yang berhasil dikirim melebihi 80%. Lebih dari 60% paket diterima dengan benar pada jarak 5 hingga 10 km. Pada jarak yang melebihi 10 km, sebagian besar paket yang dikirim hilang. Di atas air, jangkauan komunikasi hampir 30 km dicapai dengan sekitar 70% paket berhasil dikirim pada jarak di bawah 15 km. Model redaman kanal diturunkan dari hasil pengukuran yang disajikan. Model ini dapat digunakan oleh penyedia jaringan untuk memperkirakan kepadatan stasiun pangkalan yang diperlukan dan memungkinkan analisis kinerja LoRa yang lebih akurat.

1.2 Rumusan Masalah

Berangkat dari permasalahan tersebut, adapun rumusan masalah untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana cara merancang dan membangun sistem monitoring dengan menggunakan Komunikasi LoRa (*Long Range*)?
2. Bagaimana pengaplikasian sistem untuk pemantauan Polusi Udara Berbasis Jaringan Komunikasi LoRa (*Long Range*)?
3. Bagaimana keakuratan sensor MQ135 saat membaca gas CO dan GP2Y1010AU0F saat membaca Partikulat (Debu) ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk merancang dan membangun sistem monitoring dengan menggunakan Komunikasi LoRa (*Long Range*).
2. Untuk mengaplikasikan sistem untuk pemantauan Polusi Udara Berbasis Jaringan Komunikasi LoRa (*Long Range*).
3. Untuk mengetahui keakuratan sensor MQ135 saat membaca gas CO dan GP2Y1010AU0F saat membaca Partikulat (Debu).

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya tujuan dari pembuatan alat tersebut, maka manfaat yang diperoleh alat bantu monitoring ini yaitu :

1. Dapat mengetahui polusi udara sehingga Mahasiswa, Staff Kampus, maupun masyarakat sekitar dapat mengantisipasi apabila terjadi polusi udara.
2. Dapat menciptakan udara yang bersih sehingga Mahasiswa, Staff Kampus masyarakat yang beraktivitas di Kampus tersebut mempunyai badan yang sehat.
3. Dapat mengetahui lebih cepat apabila ada indikator kualitas udara yang buruk.

1.5 Batasan Masalah

Dalam penyusunan skripsi ini, tentu saja harus dibatasi harus sesuai dengan kemampuan, situasi, kondisi, biaya, dan waktu yang ada atau tersedia agar masalah itu dapat tepat pada sasaran, maka penulis membatasi ruang lingkupnya, yang nantinya diharapkan hasilnya sesuai dengan apa yang diinginkan. Dalam hal ini penulis membatasi masalah yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Perencanaan alat meliputi pengukuran ambang batas aman polusi gas CO dalam satuan ppm (part per milion), dengan $1 \text{ ppm} = 1.18 \text{ mg/m}^3$ atau $1180 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ dan Partikulat, adanya indikator yang menunjukkan apabila ambang polusi gas melampaui batas aman. Hanya Menguji gas CO dan Partikulat saja dikarenakan dua komponen tersebut yang banyak didapatkan pada komponen polusi udara di daerah Kota Industri yang setiap harinya tanpa luput dari kendaraan yang berlalu lalang, mulai dari kendaraan roda dua hingga truck container pembawa barang.
2. Perencanaan komponen alat serta pembuatannya yang meliputi langkah kerja pembuatan alat, waktu permesinan dan bagaimana cara alat itu dioperasikan.
3. Pengujian Alat *Receiver* diletakkan di satu titik, yaitu di JGU Kampus B Cibitung, dengan *LoRa Transmitter* berada pada dua titik tempat yang berbeda.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan pada Skripsi ini yaitu sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

1.2 Rumusan Masalah

1.3 Tujuan Penelitian

1.4 Manfaat Penelitian

1.5 Batasan Masalah

1.6 Sistematika Penulisan

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.2 Tinjauan Penelitian yang berkaitan

2.3 Gap Penelitian

2.4 Rumusan Hipotesis

2.5 Studi Literatur

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Lokasi dan Obyek Penelitian

3.3 Metodologi Pengembangan

3.4 Variabel yang diteliti

3.5 Teknik Pengumpulan Data

3.6 Teknik Analisis Data

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Realisasi Sistem Alat

4.2 Hasil Pengukuran

4.3 Kalibrasi Sensor

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

5.2 Saran

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, I. C. (n.d.). *Polusi Udara: Penyebab, Dampak, dan Bagaimana Penanganannya?* Tirto.Id. <https://tirto.id/polusi-udara-penyebab-dampak-dan-bagaimana-penanganannya-gbtL>
- Aulia, T. (2021). *Belajar Software Ubidots Untuk Penggemar IoT*. Kmtech.Id. <https://www.kmtech.id/post/belajar-software-ubidots-untuk-iot-enthusiast>
- Dasrul Chaniago, Annisa Zahara, I. S. R. (2020). *INDEKS STANDAR PENCEMAR UDARA (ISPU) SEBAGAI INFORMASI MUTU UDARA AMBIEN DI INDONESIA*. Ditppu.Menlhk.Go.Id/. <https://ditppu.menlhk.go.id/portal/read/indeks-standar-pencemar-udara-ispu-sebagai-informasi-mutu-udara-ambien-di-indonesia>
- Depkes RI. (2005). *Parameter Pencemar Udara dan Dampaknya terhadap Kesehatan. Parameter Pencemar Udara Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*.
- Dr. Vladimir, V. F. (1967). 濟無No Title No Title No Title. *Gastronomía Ecuatoriana y Turismo Local*, 1(69), 5–24.
- erintafifah. (2021). *Mengenal Perangkat Lunak Arduino IDE*. Kmtech.Id. <https://www.kmtech.id/post/mengenal-perangkat-lunak-arduino-ide>
- Gunaprawira, K. M., & Sutandi, T. (2021). Analisis Konsentrasi PM10 dan PM2 . 5 pada Moda Transportasi Kereta Api , Bus , Angkutan Kota , Mobil Baru , dan Mobil Lama. *Kesehatan Lingkungan*, 4–5. <https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/2807>
- Imelda. (2021). *Teknologi LoRa dan Protokol LoRaWAN*. Kmtech.Id. <https://www.kmtech.id/post/teknologi-lora-dan-protokol-lorawan>
- Jannah, P. &. (2010). Metode Penelitian Metode Penelitian. *Metode Penelitian Kualitatif*, 17, 43.
- Kurnianto, D. (2022). *TELKOM PURWOKERTO AIR QUALITY MONITORING*

SYSTEM BASED ON LORA. February.
<https://doi.org/10.20884/1.dr.2022.18.1.520>

- Malachela, H. (2021). *Kualitas Udara: Parameter dan Cara Mengeceknnya*.
<https://katadata.co.id/>.
[https://katadata.co.id/safrezi/berita/6151630daa2c8/kualitas-udara-parameter-dan-cara-mengeceknnya#:~:text=Mengutip UCAR Center for Science,Air Quality Index \(AQI\).](https://katadata.co.id/safrezi/berita/6151630daa2c8/kualitas-udara-parameter-dan-cara-mengeceknnya#:~:text=Mengutip UCAR Center for Science,Air Quality Index (AQI).)
- Pengertian, fungsi dan cara menggunakan bot telegram*. (2019).
<https://bukugue.com/>. <https://bukugue.com/apa-itu-bot-telegram/>
- Peraturan Pemerintah RI. (2020). *Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No 14 Tahun 2020 tentang Indeks Standar Pencemaran Udara*. 1–16.
- Petäjäjärvi, J., Mikhaylov, K., Roivainen, A., Hänninen, T., & Pettissalo, M. (2016). On the coverage of LPWANS: Range evaluation and channel attenuation model for LoRa technology. *2015 14th International Conference on ITS Telecommunications, ITST 2015*, 55–59.
<https://doi.org/10.1109/ITST.2015.7377400>
- Purbakawaca, R., & Sawitri, K. N. (2019). Sensor Debu Gp2Y1010Au0F. *Gp2Y1010Auof Dust Sensor*, 1–6.
- Rosa, A. A., Simon, B. A., & Licanto, K. S. (2020). Sistem Pendeteksi Pencemaran Udara Portabel Menggunakan Sensor MQ-7 dan MQ-135. *Ultima Computing: Jurnal Sistem Komputer*, 12(1), 23–28.
<https://doi.org/10.31937/sk.v12i1.1611>
- Setyawan, W. (n.d.). *PERANCANGAN SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA DI DAERAH RURAL DENGAN KARAKTERISTIK GAMBUT BERBASIS TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS (IoT)*.
- Yanziah, A., Soim, S., & Rose, M. M. (2020). Analisis Jarak Jangkauan Lora Dengan Parameter Rssi Dan Packet Loss Pada Area Urban. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 13(1), 27–34.