



Implementasi Wireless Sensor Network Berbasis LoRa Master Slave

Asma Amaliah^{1*}, Sahbuddin A. Kadir², Alvianny Saldina³, Reski Amelia⁴

^{1,2,3,4,5} Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Indonesia

*Email : asmaamaliah@poliupg.ac.id

Abstract: Long Range (LoRa) is a wireless communication technology using Chirp Spread Spectrum (CSS) that allows for sending low-power long-distance data via the ISM (Instrumentation Science and Medical) band. This study aims to utilize LoRa technology with a Master Slave communication model combined with a Wireless Sensor Network (WSN). The devices used in this study are LoRa, ESP32 and MQ135 sensors. The MQ135 sensor functions to measure ambient air quality. Then data from the sensor is sent using the LoRa module via 3 nodes to the master node. The OLED display is used to display the results of sensor readings in the form of CO and CO₂ values. Then ESP 32 functions to process data from the sensor and regulate system performance. The air quality detection system was tested under two different conditions, areas with and without obstacles. Areas with obstacles is located on Campus 1 PNUP. Areas without obstacles is located on Mandai Underpass. The results of the tool test show that the area with obstacles located at Campus 1 PNUP, the furthest distance that can still be reached by LoRa is 100 meters. For the second location of the Mandai Underpass, the furthest distance LoRa still communicates is 140 meters.

Keywords: LoRa; Master Slave; Wireless Sensor Network; MQ135, Kualitas Udara.

1. PENDAHULUAN

Menurut Indeks Kualitas Udara(AQI), kualitas udara Makassar berada pada tingkat sedang, yaitu dengan peningkatan jumlah kendaraan di Kota Makassar mencapai 5-6% (AQLI, 2024). Kualitas udara merupakan salah satu indikator penting dalam menentukan tingkat kesehatan lingkungan suatu wilayah. Di kota-kota besar seperti Makassar, peningkatan jumlah kendaraan bermotor, pembangunan industri, dan aktivitas urban lainnya berkontribusi signifikan terhadap polusi udara. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemantauan kualitas udara yang efektif dan efisien untuk mendeteksi perubahan kualitas udara secara real-time.

Teknologi Long Range (LoRa) yang menggunakan *Chirp Spread Spectrum* (CSS) merupakan solusi inovatif dalam komunikasi nirkabel, khususnya untuk pengiriman data jarak jauh dengan konsumsi daya rendah. LoRa beroperasi pada pita frekuensi ISM (*Instrumentation, Science, and Medical*) yang tidak berlisensi, sehingga memberikan fleksibilitas yang cukup tinggi dalam penggunaannya. Salah satu model komunikasi yang bisa diterapkan dengan teknologi LoRa adalah model komunikasi Master-Slave, yang memungkinkan komunikasi terpusat antara perangkat master dengan beberapa perangkat slave (Lora, 2023).

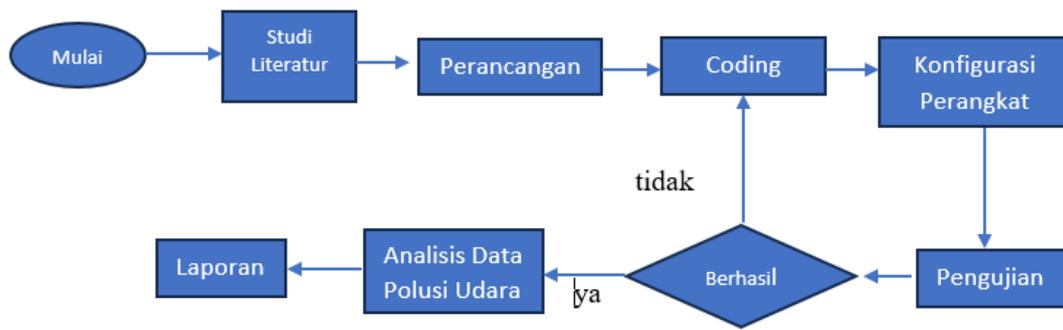
Wireless Sensor Network (WSN) atau Jaringan Sensor Nirkabel adalah teknologi yang memungkinkan distribusi sensor secara luas untuk mengumpulkan data lingkungan secara menyeluruh. Dalam konteks pemantauan kualitas udara, WSN dapat digunakan untuk mendistribusikan sensor kualitas udara di berbagai titik di sekitar kota Makassar, sehingga memungkinkan pengumpulan data yang lebih akurat dan representatif (Arya dkk, 2018).

Penelitian ini berfokus pada integrasi teknologi LoRa dengan model komunikasi Master-Slave dan *Wireless Sensor Network* (WSN) untuk memantau kualitas udara di sekitar kota Makassar. Dengan memanfaatkan sensor MQ135 yang dapat mendeteksi gas berbahaya seperti CO dan CO₂, data kualitas udara dapat dikumpulkan dan dikirimkan melalui jaringan LoRa ke node master. Node master kemudian mengolah dan menampilkan data tersebut secara *real-time*, sehingga memungkinkan deteksi dini dan respon cepat terhadap perubahan kualitas udara. Integrasi teknologi ini diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih efisien dan efektif dalam pemantauan kualitas udara, dengan jangkauan luas dan konsumsi daya yang rendah.

Penelitian sebelumnya terkait implementasi teknologi LoRa dengan model komunikasi Master-Slave pada *Wireless Sensor Network* (WSN) telah menunjukkan potensi yang signifikan dalam berbagai aplikasi. Penelitian yang relevan antara lain penelitian yang telah dilakukan dalam mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis LoRa dan WSN untuk mengukur kondisi karbon dioksida di daerah perkotaan. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengirimkan data secara efektif dalam jangkauan jarak jauh dengan konsumsi daya rendah (Zhang et al., 2019). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa teknologi LoRa dengan model *Master Slave* pada WSN memberikan solusi yang efisien dan andal untuk pemantauan lingkungan. Namun, penelitian yang khusus mengkaji implementasi sistem ini dalam konteks kualitas udara di kota Makassar masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan fokus pada penerapan teknologi WSN pada LoRa untuk memantau kualitas udara di wilayah perkotaan Makassar.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental untuk mengimplementasikan teknologi LoRa dengan model komunikasi Master-Slave pada *Wireless Sensor Network* dalam memantau kualitas udara di sekitar kota Makassar. Langkah-langkah pada metodologi penelitian ini meliputi studi literatur, perancangan sistem, pengkodean, konfigurasi perangkat, pengujian, serta analisis kinerja sistem di berbagai kondisi lingkungan. Adapun *flowchart* tahap penelitian ditunjukkan gambar 1 berikut :



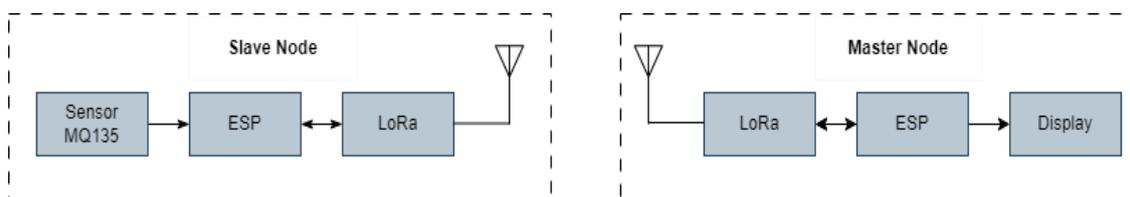
Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

2.1 Studi Literatur

Studi literatur pada penelitian ini mencakup penelusuran dan analisis berbagai sumber ilmiah terkait teknologi LoRa, model komunikasi *Master-Slave*, dan penerapan *Wireless Sensor Network (WSN)* dalam pemantauan kualitas udara. Literatur yang dikaji meliputi jurnal, buku, makalah konferensi, dan sumber-sumber lain yang relevan, dengan tujuan untuk memahami prinsip kerja, kelebihan, keterbatasan, serta aplikasi praktis dari teknologi tersebut. Studi ini juga mengevaluasi penelitian-penelitian terdahulu yang serupa untuk mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan dan peluang inovasi dalam implementasi sistem pemantauan kualitas udara berbasis LoRa dan WSN.

2.2 Perancangan Sistem

Alur perancangan sistem menggunakan sensor MQ135 berbasis LoRa dengan ESP 32 dan LED. Di tunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Alur Perancangan Sistem

Gambar 2 di atas menunjukkan diagram alur sistem pemantauan kualitas udara menggunakan teknologi LoRa dengan model komunikasi Master-Slave pada jaringan sensor nirkabel. Alur terbagi kedalam dua blok, yaitu blok *Slave Node* dan blok *Master Node*. *Slave Node* yang berfungsi mengumpulkan dan mengirimkan data sensor kepada master node, terdiri dari sensor MQ135 yang berfungsi untuk mengukur kualitas udara, seperti konsentrasi gas CO dan CO₂ (Amaliah & Auliya, 2023). ESP32 menerima data dari sensor dan mengolah data tersebut. ESP32 bertanggung jawab untuk mengendalikan sensor dan mengumpulkan data kualitas udara. LoRa (Node Slave) pada sisi node slave bertugas untuk mengirimkan data yang telah dikumpulkan oleh ESP32 melalui komunikasi nirkabel jarak jauh (Augustin, 2016).

Master node pada sisi penerima berfungsi untuk mengolah data yang dikirimkan dari *slave node*. LoRa pada sisi node master menerima data yang dikirimkan dari node slave. Node master ini bertindak sebagai pusat komunikasi yang mengumpulkan data dari berbagai node slave di jaringan. ESP32 pada sisi node master memproses data yang diterima dari modul LoRa. ESP32 ini bertugas untuk mengelola data yang dikumpulkan dan memastikan data tersebut siap untuk ditampilkan. Display menggunakan Layar OLED yang digunakan untuk menampilkan hasil pengukuran kualitas udara. Data yang ditampilkan berupa nilai konsentrasi gas CO dan CO₂ yang telah diukur oleh sensor dan diproses oleh ESP32.

Diagram ini menggambarkan sistem pemantauan yang terdistribusi, di mana data kualitas udara dari berbagai lokasi dapat dikumpulkan dan dipantau secara real-time melalui jaringan sensor nirkabel berbasis teknologi LoRa.

2.3 Pengujian Sistem

Pengujian sistem implementasi LoRa dengan model Master-Slave pada Wireless Sensor Network (WSN) dilakukan dengan menggunakan tiga titik node slave pada dua lokasi pengambilan data yang berbeda, yaitu lokasi dengan penghalang dan lokasi tanpa penghalang. Metode pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Persiapan Perangkat:

Setiap node slave terdiri dari sensor MQ135, ESP32, dan modul LoRa. Node ini akan mengumpulkan data kualitas udara dan mengirimkannya ke node master. Node master terdiri dari ESP32 dan modul LoRa yang bertugas menerima data dari node slave, mengolah data tersebut, dan menampilkannya pada display OLED.

2. Penentuan Lokasi Pengujian:

Pengujian alat dilakukan pada 2 lokasi, yaitu lokasi dengan penghalang dan lokasi tanpa penghalang. Lokasi dengan penghalang dilakukan pada area yang memiliki berbagai penghalang fisik, seperti bangunan dan dinding. Lokasi yang dipilih, yaitu di Kampus 1 Politeknik Negeri Ujung Pandang (PNUP). Lokasi tanpa penghalang, yaitu lokasi yang berada di area terbuka tanpa penghalang fisik yang signifikan. Lokasi yang dipilih adalah Underpass Mandai.

3. Prosedur Pengujian:

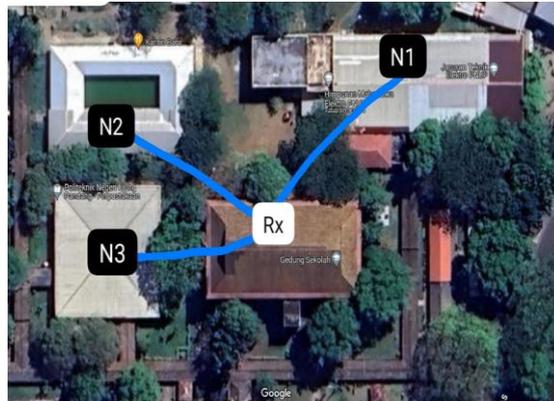
- a. Prosedur pertama yang dilakukan pada pengujian adalah dengan menempatkan tiga node slave pada titik-titik tertentu di setiap lokasi pengujian. Jarak antara node slave dan node master diukur secara akurat.
- b. Setiap node slave mengukur kualitas udara (nilai CO dan CO₂) dan mengirimkan data tersebut ke node master melalui modul LoRa.
- c. Pengujian dilakukan dengan mengukur jarak maksimal transmisi data antara node slave dan node master, baik di lokasi dengan penghalang maupun tanpa penghalang.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian

Setelah proses perancangan alat telah selesai, maka dilakukan pengujian alat dan pengumpulan data. Uji coba dilakukan untuk mengetahui apakah sistem dapat berjalan sebagaimana mestinya. Dapat dilihat pada gambar 3 dan gambar 4, terdapat 3 node slave di tempatkan pada titik yang berbeda. Hasil Pengujian alat dapat dilihat pada gambar di bawah

1. Lokasi dengan penghalang :



Gambar 3. Lokasi Kampus 1 PNUP

Gambar 3. menunjukkan lokasi di Kampus 1 PNUP Jl.Perintis Kemerdekaan, dengan detail

Lokasi *Master Node* (Rx) : Gedung Sekolah

Lokasi *Slave Node* - Node 1 : Jurusan Elektro sampai Masjid Ulil Albab

Node 2 : Kantin sampai Lapangan Kampus

Node 3 : Perpustakaan sampai Direktorat Kampus

2. Lokasi tanpa penghalang :



B

Gambar 4. Lokasi Underpass Mandai

Gambar 4. menunjukkan lokasi di Underpass Mandai, dengan detail lokasi

Lokasi *Master Node* (Rx) : Bundaran Underpass Mandai

Lokasi *Slave Node* - Node 1 : Jl Poros Makassar – Maros sampai Ujung jalan Indomaret
Poros Mksr-Maros

Node 2 : Jalan Masuk Bandara Sultan Hasanuddin sampai Setelah Gerbang Bundaran Sultan Hasanuddin

Node 3 : Jl. Tol Insinyur Sutami sampai Jl.Tol Insinyur Sutami Depan Toko Elektronik

3.2 Hasil Pengujian Alat

1. Hasil Pengujian Alat pada Lokasi dengan Penghalang

Tabel 1. Hasil Pengujian Alat di Kampus 1 PNUP

Master Node	Jarak (m)	N1				N2				N3				Ket.
		MN		SN		MN		SN		MN		SN		
		CO	CO ₂	CO	CO ₂	CO	CO ₂	CO	CO ₂	CO	CO ₂	CO	CO ₂	
Gedung Sekolah Kampus 1 PNUP	0	2	4	2,11	4,60	2	4	2,06	4,53	2	4	2,01	4,43	Terdeteksi
	10	2	4	2,12	4,65	2	4	2,05	4,58	2	4	2,07	4,56	Terdeteksi
	20	2	4	2,12	4,67	2	4	2,02	4,54	2	4	2,09	4,59	Terdeteksi
	30	2	4	2,13	4,69	2	4	2,04	4,49	2	4	2,02	4,54	Terdeteksi
	40	2	4	2,15	4,72	2	4	2,03	4,47	2	4	2,09	4,60	Terdeteksi
	50	2	4	2,12	4,80	2	4	2,05	4,51	2	4	2,05	4,51	Terdeteksi
	60	2	4	2,12	4,85	2	4	2,04	4,48	2	4	2,10	4,68	Terdeteksi
	70	2	4	2,15	4,74	-	-	2,64	4,50	2	4	2,17	4,78	N2 Tidak Terdeteksi
	80	2	4	2,16	4,76	-	-	2,10	4,63	-	-	2,06	4,54	N3 Tidak Terdeteksi
	90	2	4	2,11	4,65	-	-	2,08	4,50	-	-	2,09	4,60	Terdeteksi
	100	2	4	2,06	4,57	-	-	2,07	4,53	-	-	2,08	4,58	Terdeteksi
110	-	-	2,16	4,75	-	-	2,11	4,64	-	-	2,07	4,59	N1 Tidak Terdeteksi	

Tabel 1 diatas menunjukkan hasil pengujian perangkat pemantauan kualitas udara berbasis LoRa yang dilakukan di Kampus 1 PNUP. Pengujian ini melibatkan Master Node (MN) dan Slave Node (SN), yang masing-masing mengukur konsentrasi gas karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂). Data dikumpulkan pada tiga node, yaitu N1, N2, dan N3, dengan jarak pengujian mulai dari 0 hingga 110 meter. Berdasarkan hasil pengujian, Node N1 memiliki jangkauan komunikasi terjauh, yaitu hingga 100 meter. Node N2 dan N3, hanya mampu berfungsi maksimal hingga jarak 60 meter dan 70 meter, setelah itu beberapa data mulai hilang dan tidak terdeteksi sepenuhnya.

Pada jarak 0 meter hingga 60 meter, Master Node dan Slave Node menunjukkan pengukuran konsentrasi gas yang konsisten. Namun, pada jarak 70 meter ke atas,

kualitas komunikasi mulai menurun, hal ini dapat dilihat dari beberapa node kehilangan konektivitas.

2. Hasil Pengujian Alat pada Lokasi tanpa Penghalang

Tabel 2. Hasil Pengujian Alat di *Underpass Mandai*

Master Node	Jarak (m)	N1				N2				N3				Keterangan
		MN		SN		MN		SN		MN		SN		
		CO	CO ₂	CO	CO ₂	CO	CO ₂	CO	CO ₂	CO	CO ₂	CO	CO ₂	
Underpass Mandai Maros	0	2	4	2,12	4,68	2	4	2,07	4,53	2	4	2,06	4,60	Terdeteksi
	10	2	4	2,12	4,70	2	4	2,08	4,48	2	4	2,07	4,54	Terdeteksi
	20	2	4	2,12	4,80	2	4	2,08	4,50	2	4	2,08	4,53	Terdeteksi
	30	2	4	2,12	4,85	2	4	2,10	4,63	2	4	2,08	4,58	Terdeteksi
	40	2	4	2,15	4,70	2	4	2,05	4,51	2	4	2,05	4,52	Terdeteksi
	50	2	4	2,18	4,55	2	4	2,06	4,54	2	4	2,06	4,54	Terdeteksi
	60	2	4	2,11	4,64	2	4	2,11	4,64	2	4	2,07	4,55	Terdeteksi
	70	2	4	2,14	4,80	2	4	2,07	4,55	2	4	2,09	4,61	Terdeteksi
	75	2	4	2,12	4,65	2	4	2,04	4,50	2	4	2,07	4,59	Terdeteksi
	77	2	4	2,11	4,65	-	-	2,04	4,09	2	4	2,11	4,64	N2 tidak Terdeteksi
	80	2	4	2,15	4,73	-	-	2,08	4,58	2	4	2,11	4,65	Terdeteksi
	90	2	4	2,14	4,70	-	-	2,09	4,52	2	4	2,10	4,68	Terdeteksi
	94	2	4	2,18	4,68	-	-	2,09	4,61	2	4	2,09	4,60	Terdeteksi
	98	2	4	2,13	4,54	-	-	2,04	4,41	2	4	2,01	4,54	Terdeteksi
	100	2	4	2,18	4,65	-	-	2,04	4,48	2	4	2,04	4,49	Terdeteksi
	110	2	4	2,16	4,50	-	-	2,08	4,52	-	-	2,01	4,55	N3 Tidak Terdeteksi
	120	2	4	2,16	4,40	-	-	2,08	4,52	-	-	2,01	4,55	N3 Tidak Terdeteksi
130	2	4	2,16	4,63	-	-	2,08	4,52	-	-	2,01	4,55	N3 Tidak Terdeteksi	
140	2	4	2,16	4,58	-	-	2,08	4,52	-	-	2,01	4,55	N3 Tidak Terdeteksi	
150	-	-	2,13	4,45	-	-	2,07	4,54	-	-	2,05	4,54	N1 Tidak Terdeteksi	

Tabel 2 diatas merupakan hasil pengujian perangkat pemantauan kualitas udara berbasis LoRa di *Underpass* Mandai Maros. Pengujian melibatkan tiga node, yaitu N1, N2, dan N3, yang masing-masing terdiri dari Master Node (MN) dan Slave Node (SN), untuk mengukur konsentrasi gas karbon monoksida (CO) dan karbon dioksida (CO₂). Jarak pengujian berkisar antara 0 hingga 150 meter. Pada tabel ini, pengukuran menunjukkan bahwa komunikasi antara Master Node dan Slave Node terdeteksi dengan baik hingga jarak tertentu, sementara pada jarak lebih jauh, beberapa node mulai kehilangan konektivitas.

Node N1 mampu berfungsi dengan baik hingga jarak 140 meter sebelum kehilangan konektivitas di jarak 150 meter. Pada Node N2, Master Node hanya mampu berfungsi hingga jarak 75 meter. Sementara itu, Node N3 pada jarak 110 meter data dari Slave Node tidak lagi terdeteksi.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa jangkauan komunikasi dipengaruhi oleh jarak dan potensi hambatan di lokasi pengujian. Node N1 menunjukkan performa yang paling stabil dibandingkan dengan N2 dan N3. Selain itu, perangkat Slave Node pada beberapa kasus mampu mendeteksi data pada jarak yang lebih jauh dibandingkan dengan Master Node, seperti yang terlihat pada Node N2. Dengan demikian, pengujian ini menyoroti pentingnya pengaturan posisi node untuk memastikan komunikasi yang optimal dalam sistem berbasis LoRa di lingkungan tertentu.

Penghalang fisik seperti bangunan dan dinding secara signifikan mempengaruhi efektivitas transmisi data LoRa. Meskipun LoRa dirancang untuk komunikasi jarak jauh dengan daya rendah, keberadaan penghalang dapat mengurangi jangkauan efektifnya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian implementasi LoRa Master-Slave pada *Wireless Sensor Network* (WSN) beberapa kesimpulan yang dapat diambil, yaitu teknologi LoRa dengan model komunikasi Master-Slave dapat berfungsi dengan baik dalam kondisi dengan dan tanpa penghalang. Jarak maksimal komunikasi data yang dapat dicapai pada kondisi tanpa penghalang adalah 140 meter. Sedangkan jarak terjauh dari komunikasi LoRa dengan penghalang yaitu 100 meter Nilai CO yang berada pada nilai 2 ppm dan CO₂ pada nilai 4 ppm yang diukur oleh sensor tetap konsisten pada node slave, menunjukkan bahwa sensor MQ135 yang digunakan mampu mengukur kualitas udara dengan baik. Komunikasi data yang tidak terdeteksi pada node master disebabkan oleh keterbatasan jangkauan transmisi LoRa dan pengaruh penghalang. Penempatan node slave pada jarak yang lebih dekat dengan node master dan menghindari penghalang fisik yang besar akan meningkatkan keandalan sistem.

REFERENSI

Air Quality Life Index. (2024). *Indonesia Air Quality Data*. Chicago : Energy Policy Institute at the University of Chicago.

- Amaliah, A., & Nabila, A. (2023). Sistem Pendeteksi Kesehatan Susu Formula Bayi Berbasis Internet Of Things. *Jurnal Teknologi Elektroika*, 20(2), 133-137. <https://doi.org/10.31963/elekterika.v20i2.4649>
- Arya, T. F., Faiqurahman, M., & Azhar, Y. (2018). Aplikasi Wireless Sensor Network Untuk Sistem Monitoring Dan Klasifikasi Kualitas Udara. *Sistemasi*, 7(3), 281
- Augustin, A. J. (2016). Study of LoRa: Long Range & Low Power Networks for the Internet of Things sensors. *Sensors*, 16(9), 1466. <https://doi.org/10.3390/s16091466>
- Azharuddin, M., Kuila, P., & Jana, P. K. (2013). "A Distributed Fault-Tolerant Clustering Algorithm For Wireless Sensor Networks". In Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI), 2013 International Conference on (pp. 997-1002). IEEE
- Diana, M., Nazir, R., & Rufiyanto, A. (2017). Harvesting RF ambient energy dari end device LoRa (Long Range Access). *Jurnal Infotel*, 9(4), 387.
- Hanwei. (2019). "Technical Data MQ-7 Gas Sensor".
- Kolban, N. (2017). "Kolban's Book on ESP32". <https://leanpub.com/kolban-ESP32>. diakses tgl 22 Mei 2024.
- LoRa, A. (2023). LoRaWAN Network Guidelines. Retrieved from <https://lora-alliance.org>
- Republik Indonesia. (2009). "Undang – Undang No.32 Tahun 2009 tentang Pokok Pengolahan Lingkungan Hidup". Jakarta.
- Wagya, A., & Rahmat. (2019). Prototype Modul Praktikum Untuk Pengembangan Aplikasi Internet Of Things (IoT). *Jurnal Ilmiah Setrum*, 8(2), 238-247.