

## Monitoring dan Analisis Kualitas Kinerja Jaringan Protokol Message Queue Telemetry Transport pada G-Bot (*Garbage Robot*)

Nyayu Latifah Husni<sup>1\*</sup>, Rizky Vira<sup>2</sup>, Destra Andika<sup>3</sup>, Ade Silvia Handayani<sup>4</sup>,  
Sabilal Rasyad<sup>5</sup>

<sup>1-5</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia  
e-mail: [nyayu\\_latifah@polsri.ac.id](mailto:nyayu_latifah@polsri.ac.id)<sup>1\*</sup>, [rizkyviraaditya@gmail.com](mailto:rizkyviraaditya@gmail.com)<sup>2</sup>, [destra\\_andika@polsri.ac.id](mailto:destra_andika@polsri.ac.id)<sup>3</sup>,  
[ade\\_silvia@polsri.ac.id](mailto:ade_silvia@polsri.ac.id)<sup>4</sup>, [sabilal\\_rasyad@polsri.ac.id](mailto:sabilal_rasyad@polsri.ac.id)<sup>5</sup>

### ABSTRAK

Penelitian ini berhubungan dengan robot sampah G-Bot (*Garbage Robot*) yang dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak yang jauh. *User* dapat memonitor keadaan kapasitas sampah yang ada pada G-Bot dan juga dapat memantau keadaan di sekitar G-Bot, seperti kualitas udara, *temperature*, dan kelembaban. Di samping itu, *user* juga dapat mengendalikan G-Bot tersebut. Proses pemantauan dan pengendalian G-Bot ini melibatkan beberapa sensor seperti MQ-7, ultrasonic sensor (HC-SR04), dan DHT 22, dimana data yang dihasilkan oleh sensor ini akan terus menerus dikirimkan ke aplikasi *monitoring* dan kendali yang melibatkan protocol MQTT. Penelitian ini bertujuan untuk memonitoring dan menganalisis jaringan internet di berbagai tingkatan *Quality of Service* (QoS). Data QoS yang diambil pada penelitian ini berupa nilai *delay*, *throughput*, dan *packet loss*. Dari hasil pengukuran pada penelitian ini, didapat nilai *delay* dengan kategori *good*, sedangkan *throughput* dan *packetloss* berada di kategori *poor*.

**Kata Kunci:** *IoT, MQTT, QoS, delay, throughput, packet loss.*

## Monitoring and Analysis of Network Performance on Quality of Message Queue Telemetry Transport Protocol on G-Bot (*Garbage Robot*)

### ABSTRACT

This research is related to the G-Bot (*Garbage Robot*) which can be monitored and controlled remotely. Users can monitor the state of the existing waste capacity on the G-Bot and can also monitor the conditions around the G-Bot, such as air quality, temperature, and humidity. In addition, the user can also control the G-Bot. The process of monitoring and controlling the G-Bot involves several sensors such as MQ-7, Ultrasonic sensor (HC-SR04), and DHT 22, where the data generated by these sensors will continuously be sent to monitoring and control applications involving the MQTT protocol. This study has purpose to monitor and analyze the internet network at various levels of *Quality of Service* (QoS). The investigated data are *delay*, *throughput*, and *packet loss*. From the results of the study, it can be concluded that the *delay* value is in the *good* category, while *throughput* and *packet loss* are in the *poor* category.

**Keywords:** *IoT, MQTT, QoS, delay, throughput, packet loss.*

Correspondence author : **Sabilal Rasyad**., Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Sriwijaya, Indonesia.

E-Mail: [sabilal\\_rasyad@polsri.ac.id](mailto:sabilal_rasyad@polsri.ac.id)

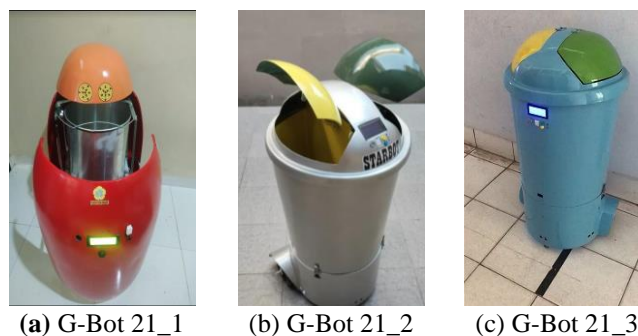
## I. PENDAHULUAN

Penelitian ini berhubungan dengan robot sampah, Garbage Robot (G-Bot) yang merupakan penelitian terdahulu dari penulis [1]–[10]. G-Bot dirancang untuk menarik minat anak-anak dalam membuang sampah. G-bot (lihat Gambar 1) didesain sedemikian rupa, sehingga sesuai untuk digunakan anak-anak generasi milenial. G-Bot memiliki 8 fitur unggulan, diantaranya: 1. memiliki warna dan bentuk yang menarik, 2. dapat dibongkar pasang, sehingga dapat dicuci, 3. dapat dipantau dari jarak jauh, 4. memiliki 2 wadah terpisah, untuk sampah organik dan anorganik, 5. memiliki tampilan pengendali yang menarik, 6. dapat dikendalikan menggunakan *mode* yang berbeda, yaitu: *speech recognition*, *human follower*, dan manual, 7. Baterai dapat diisi secara nirkabel, dan 8. Dapat digunakan untuk memantau kualitas udara, temperatur, dan kelembaban dilingkungan sekitar.

Masalah sampah merupakan permasalahan dunia [9], [10], [19], [20], [11]–[18], yang belum sepenuhnya terselesaikan sampai dengan saat ini. Untuk itulah penulis mencoba untuk turut andil dalam menyelesaikan permasalahan sampah dengan memperkenalkan G-Bot. G-Bot bekerja dengan memanfaatkan teknologi *internet of Things* (IoT), sehingga G-Bot dapat dipantau dan dikendalikan dari jarak jauh. *Internet of Things* (IoT) merupakan sebuah inovasi yang melibatkan internet dalam komunikasinya. Konsep G-Bot yang memanfaatkan sistem IoT ini membutuhkan penganalisisan lebih jauh tentang kualitas jaringan yang diterapkan kepada G-Bot tersebut. Dengan adanya informasi mengenai kualitas jaringan, *user* dapat memprediksi kinerja dari G-Bot. *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT) merupakan salah satu bagian terpenting dalam sistem IoT. Kinerja MQTT yang memanfaatkan sistem *light weighted message* dan juga keandalannya kinerjanya pada sistem dengan sumber daya terbatas, membuat MQTT, sangat cocok diaplikasikan sebagai protocol IoT.

Protokol MQTT memanfaatkan model komunikasi *publish/subscribe*, dimana *publish* merupakan cara *device* untuk mengirimkan data ke *subscribers*. *Subscribers* akan menerima data dari *publishers*. Pada penerapan *publish* dan *subscribe*, *device* akan terhubung dengan sebuah *Broker* yang berfungsi untuk mengendalikan data yang diterima dengan topik tertentu dan meneruskan kembali ke penerima yang memiliki topik yang sama. Penelitian ini dilakukan dengan cara memonitoring kinerja robot dengan menganalisa inputan sensor yang digunakan pada G-Bot, dimana masing-masing sensor terhubung menggunakan protokol komunikasi MQTT.

Untuk mengetahui kualitas layanan jaringan yang diterapkan dalam sistem monitoring sensor pada G-Bot, maka dilakukan pengujian terhadap 3 level QoS protokol MQTT. Ketiga QoS yang dimaksud adalah QoS 0, QoS 1, dan QoS 2. Pengukuran data parameter penentu dalam QoS yang akan diambil pada penelitian ini adalah nilai *delay*, *throughput* dan *packet loss* yang akan dianalisa dari satu *Acces Point* yang digunakan. Hasil akhir dari pengukuran QoS pada protokol MQTT akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik.

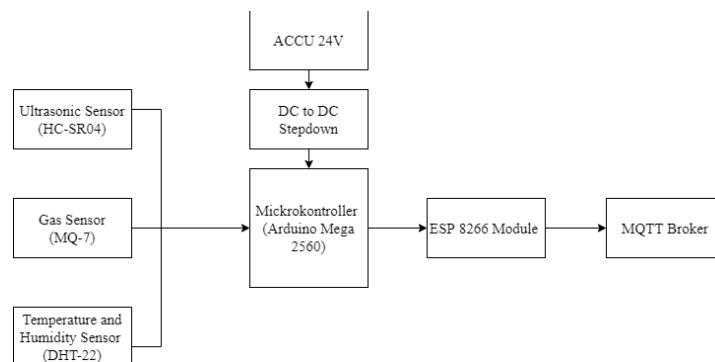


Gambar 1. Garbage robot (G-Bot)

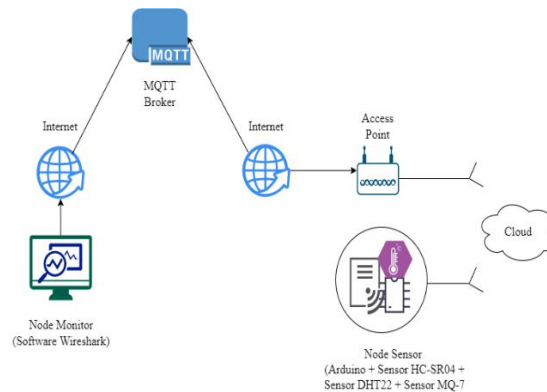
## II. METODE PENELITIAN

Dalam proses pengukuran kualitas kinerja jaringan protokol MQTT, ada dua desain yang akan harus dilakukan, yaitu perancangan sensor node dan juga perancangan sistem komunikasi. Perancangan sensor node pada G-Bot melibatkan beberapa komponen (lihat Gambar 2), seperti: 1). 2 buah Aki 12V yang disusun seri untuk menghasilkan tegangan 24V. Aki ini berfungsi sebagai sumber tegangan G-Bot; 2). DC ke DC *Stepdown* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan sumber menjadi tegangan 5V yang kompatibel dengan tegangan sistem; 3) Arduino Mega 256 yang berfungsi sebagai otak dari sistem yang memproses data dari sensor; 4). Sensor Ultrasonik HC-SR04 yang digunakan untuk mendeteksi kapasitas sampah; 5). Sensor Gas MQ-7 yang digunakan untuk mendeteksi gas di sekitar robot; 6) Sensor DHT-22 yang digunakan untuk mendeteksi suhu dan kelembaban di sekitar lingkungan robot; 7). Modul ESP 8266 yang digunakan untuk mengirimkan data yang akan dihubungkan dengan menggunakan *Access Point* ke MQTT *Broker*.

Perancangan sistem komunikasi jaringan *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT) memiliki arsitektur sistem seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Pengujian kualitas performansi jaringan MQTT pada robot melibatkan beberapa komponen penting pada proses pengujian seperti 1). Raspberry Pi model B+ yang menjadi MQTT *Broker/Server* sebagai tempat pertukaran data dari *publisher* ke *subscriber* yang memiliki topik yang sama. 2). *Software Wireshark* sebagai *Node Monitor* yang akan terhubung dengan MQTT *Broker* yang berfungsi untuk mengakses data uji sensor. Data yang ditampilkan dalam aplikasi Wireshark akan dianalisis untuk menentukan tingkat kualitas jaringan. 3). *Access Point* berperan sebagai sumber koneksi internet yang mampu menghubungkan *Node Sensor*, *Node Monitor* dan MQTT *Broker* untuk saling terhubung.



Gambar 2. Node sensor pada G-Bot.

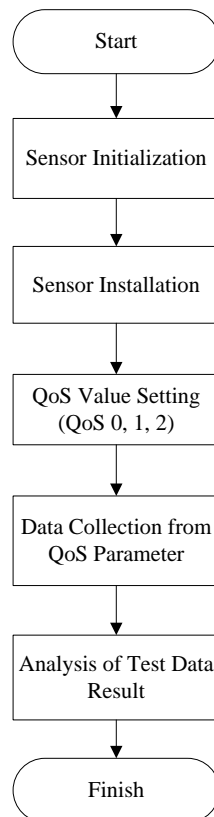


Gambar 3. Arsitektur komunikasi.

## Tes Kinerja Sistem

Dalam menentukan kualitas kinerja jaringan pada protokol MQTT, terdapat tiga level Quality of Service (QoS) yaitu 1). QoS 0 (*At most once*), dimana pesan dikirim dengan kemungkinan terjadi kegagalan ataupun duplikasi tanpa mementingkan apakah pesan tersampaikan atau tidak; 2). QoS 1 (*At least once*), dimana pesan yang dikirim dapat dipastikan akan tersampaikan walaupun terjadi kemungkinan duplikasi; 3). QoS 2 (*Exactly once*), dimana pesan dipastikan akan diterima tepat satu kali tanpa duplikasi. Level QoS yang akan diambil adalah QoS 0 dimana QoS berada di tingkat yang paling rendah. Parameter yang diambil untuk menentukan tingkatan QoS dari *Access Point* yang digunakan adalah *delay* untuk mengetahui perbedaan selang waktu ketika data yang dikirim hingga data diterima yang diakibatkan oleh proses transmisi dari suatu titik ke titik lain, *throughput* yang merupakan waktu yang dibutuhkan oleh sebuah data terhitung dari saat dikirim hingga diterima, dan *packet loss* yang merupakan banyaknya data yang hilang selama proses pengiriman data.

*Flowchart* pengambilan data pengujian dapat dilihat pada Gambar 4. Langkah pertama yang dilakukan adalah inisialisasi sensor dimana *Node Sensor* diprogram untuk memastikan apakah input dan output telah terinstall dengan benar. Selanjutnya, Instalasi *server* antara *Node sensor*, MQTT *Broker/server*, dan *Node Monitor* dihubungkan menggunakan *Access Point* dengan memanfaatkan koneksi internet. Pengaturan tingkatan QoS ditentukan melalui coding yang diinput pada Arduino mega 2560. Ketika program dijalankan, sensor mempublish data menggunakan protokol MQTT ke MQTT *Broker* dan disubscribe ke *Node Monitor* yang ditampilkan pada *software Wireshark*. Pengambilan data QoS dilakukan sebanyak 10 kali dengan waktu sampling yang dari 20s hingga 200s. Hasil pengujian berupa *delay*, *throughput* dan *packet loss* akan dianalisa hingga menghasilkan data dalam bentuk tabel.



Gambar 4. Flowchart pengambilan data pengujian.

## Parameter Quality of Service (QoS)

Pada penelitian ini, terdapat tiga parameter yang akan dianalisis yaitu *delay*, *throughput* dan *packet loss*. Perhitungan nilai parameter dilakukan dengan *software wireshark* yang telah dipasang pada perangkat *server broker*. Skenario pengujian QoS dilakukan dengan cara mengirimkan paket-paket data dari perangkat sensor ke *server broker*.

### Delay

*Delay* merupakan waktu yang dibutuhkan oleh data untuk sampai ke tujuannya. Pengujian *delay* pada penelitian ini dilakukan dengan cara mengirimkan data seluruh sensor yang digunakan ke *server broker* secara bersamaan. Data tersebut kemudian ditangkap menggunakan *capture data*. Proses *capture* ini dilakukan dengan memanfaatkan *wireshark* yang telah dipasang pada perangkat *server broker*. *Capture data* ini diujikan sebanyak 10x dengan rentang waktu yang telah ditentukan. Kualitas *delay* dapat diukur berdasarkan referensi nilai yang ditunjukkan pada Tabel 1. Terdapat 4 kategori nilai *delay*, yaitu: *poor* dengan rentang waktu 125 – 255 ms, *medium* dengan rentang waktu 75 – 125 ms, *good* dengan rentang waktu 0 – 75 ms, dan *perfect* dengan rentang waktu 0 ms. Nilai rata-rata *delay* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1).

**Tabel 1.** Kategori delay

Indeks	Parameter Throughput	Kategori	Parameter		Kategori
			Delay	Packet Loss	
0	0 – 338 kbps	Bad	None	None	None
1	338 – 700 kbps	Poor	125 – 255 ms	> 25%	Poor
2	700 – 1200 kbps	Fair	75 – 125 ms	12 – 24%	Medium
3	1200 kbps – 2,1 Mbps	Good	0 – 75 ms	3 – 14%	Good
4	> 2,1 Mbps	Excellent	0 ms	0 – 2%	Perfect

$$\text{Delay (s)} = \frac{\text{Time Span}}{\text{Packet Display}} \quad (1)$$

### Throughput

*Throughput* merupakan kecepatan rata-rata yang diperlukan oleh data untuk sampai ke tujuannya. Penentuan kategori *throughput* pada penelitian ini dilakukan dengan merujuk pada Tabel 1, dimana *throughput* memiliki 5 kategori nilai, yaitu: *bad* dengan rentang kecepatan rata-rata pengiriman 0 – 338 kbps, *poor* dengan rentang kecepatan rata-rata pengiriman 338 – 700 kbps, *fair* dengan rentang kecepatan rata-rata pengiriman 700 – 1200 kbps, *good* dengan rentang kecepatan rata-rata pengiriman 1200 kbps – 2,1 Mbps, *excellent* dengan rentang kecepatan rata-rata pengiriman > 2,1 Mbps. Pengujian nilai *throughput* ini dilakukan dengan cara yang sama dengan pengujian *delay*, dimana kecepatan rata-rata pengiriman data didapat dengan cara melakukan *capture data* dengan *wireshark* yang terdapat pada perangkat *server broker*. Data yang di *capture* merupakan data yang berasal dari sensor-sensor yang ada pada G-Bot. Untuk perhitungan nilai rata-rata *throughput* yang dihasilkan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus (2).

$$\text{Throughput} = \frac{\text{Total Bytes}}{\text{Time Span}} \times 1s \quad (2)$$

Packet Loss

*Packet loss* merupakan jumlah total paket yang hilang atau tidak sampai ke tujuan. Kategori *packet loss* pada penelitian ini ditentukan dengan cara yang sama dengan pengujian *delay* dan juga *throughput*. Data dari sensor akan dicapture oleh *whiteshark*. *Capture* dilakukan sebanyak 10x dengan rentang waktu yang telah ditentukan. Kategori nilai *packet loss* dapat dilihat pada Tabel 1, dimana nilai *packet loss* ini dibagi ke dalam 4 kategori, yaitu: *poor* dengan nilai > 25%, *medium* dengan rentang nilai 12 – 24%, *good* dengan rentang nilai 3 – 14%, dan *perfect* dengan rentang nilai 0 – 2%. Nilai rata-rata *packet loss* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (3).

$$\text{packet loss (\%)} = \frac{\gamma}{A} \times 100\% \tag{3}$$

dimana :

$\gamma$  = Packet data yang dikirim-paket data yang diterima

A = Packet data dikirim

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Data Hasil Pengukuran**

Hasil pengukuran QoS 0 pada penelitian ini ditampilkan pada Tabel 2, sedangkan QoS 1 dan QoS 2 ditampilkan pada Tabel 3 dan Tabel 4.

**Table 2.** Perhitungan nilai *delay*, *throughput* dan *packet loss* QoS 0.

Waktu (s)	QoS 0		
	Delay (s)	Throughput (kbit)	Packet Loss (%)
20	0,0022	336,05	70,9
40	0,0093	467,7	61
60	0,0085	474,5	60,1
80	0,0239	281,6	69,7
100	0,0267	323,8	71,2
120	0,0305	256,7	71,2
140	0,0293	265,5	71,6
160	0,0305	256,1	71,7
180	0,0281	251,7	69,8
200	0,03	279,2	72,4



**Tabel 3.** Perhitungan nilai *delay*, *throughput* dan *packet loss* QoS 1.

Waktu (s)	QoS 1		
	Delay (s)	Throughput (kbit)	Packet Loss (%)
20	0,0259	355,7	62,5
40	0,0198	324,6	52,6
60	0,0264	308,3	58,1
80	0,0268	315,1	59,6
100	0,0360	325	83
120	0,0273	325,4	61,5
140	0,0243	351,4	62,7
160	0,0276	463,7	86,3
180	0,0254	478,6	85,9
200	0,0269	462,8	86,3

**Tabel 4.** Perhitungan nilai *delay*, *throughput* dan *packet loss* pada QoS 2.

Waktu (s)	QoS 2		
	Delay (s)	Throughput (kbit)	Packet Loss (%)
20	0,0219	420,1	76,2
40	0,0499	343,2	81,9
60	0,1148	264,3	88,4
80	0,0235	469,1	84,6
100	0,0209	484,4	83,8
120	0,0241	459,7	84,6
140	0,0263	540,5	86,4
160	0,024	493,7	85,1
180	0,0249	464,1	85
200	0,0286	448	85,4

### Hasil Pengolahan Data

Untuk dapat mengklasifikasi kategori masing-masing parameter, diperlukan nilai rata-rata dari data *delay*, *throughput* dan *packetloss* sehingga dapat ditentukan kualitas dari data yang diuji. Nilai rata-rata *delay* dari ketiga kategori QoS dapat dihitung dengan menggunakan rumus (4).

$$\text{Rata-rata Delay (s)} = \frac{\text{Total nilai Delay}}{\text{Jumlah data}} \quad (4)$$

Hasil rata-rata data *delay* masing-masing QoS dapat dilihat dari Tabel 5.

**Tabel 5.** Rata-rata nilai delay.

Type of QoS	Delay
0	21,9 ms
1	26,6 ms
2	35,9 ms

Jika mereferensi dari standar TIPHON (*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Network*) selaku standar nilai dalam menentukan kualitas pada QoS, baik QoS 0 hingga QoS 2 mendapatkan kategori *good* dan indeks nilai 3. Nilai rata-rata *throughput* dari ketiga kategori QoS dapat dihitung dengan menggunakan rumus (5).

$$\text{Rata-rata Throughput (kbps)} = \frac{\text{Total nilai Throughput}}{\text{Jumlah data}} \quad (5)$$

Hasil rata-rata data *throughput* masing-masing QoS dapat dilihat dari Tabel 6.

**Tabel 6.** Rata-rata nilai throughput .

Type of QoS	Througput
0	319,28 kbps
1	371,06 kbps
2	438,71 kbps

Berdasarkan standar nilai TIPHON, pengujian menggunakan metode QoS 2 memberikan hasil yang terbaik dengan nilai *throughput* 438,71 kbps dan masuk kategori “*poor*” dengan indeks 1. Berbeda halnya dengan pengujian menggunakan metode QoS 0, hasil pengujian menunjukkan nilai *throughput* 319,28 kbps dan masuk kategori “*bad*” dengan indeks 0. Nilai rata-rata *packet loss* dari ketiga kategori QoS dapat dihitung dengan menggunakan rumus (7).

$$\text{Packet Loss (\%)} = \frac{\text{Total nilai Packet loss}}{\text{Jumlah data}} \quad (7)$$

Hasil rata-rata data *packet loss* masing-masing QoS dapat dilihat dari Tabel 7.

**Tabel 7.** Rata-rata nilai *packet loss*.

Type of QoS	Packet Loss (%)
0	68,96
1	69,85
2	84,14

Dari hasil pengujian, seluruh metode QoS yang diterapkan mendapatkan nilai lebih besar dari 25% yang artinya data tersebut masuk kedalam kategori *poor* dengan indeks 1.



#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil monitoring dan analisis kualitas kinerja jaringan protokol MQTT yang mencakup *delay*, *throughput* dan *packet loss* terhadap pengiriman data sensor pada G-Bot, dapat disimpulkan bahwa nilai *delay* pada QoS 0, QoS 1, dan QoS 2 dari penelitian ini termasuk dalam kategori “good” dengan nilai *delay* maksimal 35,9 ms. Sedangkan data nilai *throughput* dan nilai *packet loss* dari data sampling menunjukkan kualitas “poor”. Dengan demikian, dari hasil ketiga parameter tersebut, dapat disimpulkan juga bahwa *access point* yang digunakan pada G-Bot memiliki kualitas jaringan yang buruk, dimana 1 parameter mempunyai nilai indeks nilai 3 dan 2 parameter dengan indeks nilai 1. Faktor yang memengaruhi penurunan kualitas layanan internet, diantaranya jarak perangkat dengan *access point*, kekuatan sinyal *access point*, pemilihan lokasi pengambilan data, dan juga teknologi dari perangkat yang digunakan.

#### Ucapan Terima Kasih

Peneliti bertetima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi atas dana riset yang telah diberikan. Peneliti juga berterima kasih kepada Politeknik Negeri Sriwijaya dan jurusan Teknik Elektro atas dukungannya terhadap riset ini.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nyayu Latifah Husni et al, “Garbage Box (G-Box) Designing and Monitoring,” *ITC CSCC Conf.*, pp. 5–8, 2019.
- [2] N. L. Husni *et al.*, “Pengenalan Kendali Robot Sampah Berbasis iPad di SMPIT Harapan Mulia Palembang,” *Aptekmas*, vol. 3, pp. 45–54, 2020.
- [3] N. L. Husni, E. Prihatini, and A. Silvia, “Garbage Monitoring and Warning System,” *3rd ICECOS*, 2019.
- [4] N. L. Husni, S. Sitangsu, S. Rasyad, F. Damsi, and A. Silvia, “Real Time Garbage Bin Capacity Monitoring,” *Comput. Eng. Appl. J.*, vol. 9, no. 2, pp. 127–133, 2020.
- [5] R. Riansyah *et al.*, “Navigasi Garbage Robot (G-Bot) Menggunakan Environment Mapping,” vol. 14, no. x, pp. 73–79, 2020.
- [6] N. L. Husni, J. Al Rasyid, M. R. Hidayat, Y. Hasan, S. Rasyad, and M. Anisah, “Monitoring Kualitas Udara Menggunakan Robot Sampah,” *J. Ampere*, vol. 5, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.31851/ampere.v5i1.4306.
- [7] M. R. V. Aditya, N. L. Husni, D. A. Pratama, and A. S. Handayani, “Penerapan Sistem Pengolahan Citra Digital Pendeteksi Warna pada Starbot,” *J. Tek.*, vol. 14, no. 02, pp. 185–191, 2020.
- [8] N. L. Husni, R. Robi, E. Prihatini, and A. S. Handayani, “Wireless Controlling for Garbage Robot ( G-Bot ),” vol. 10, no. 2, pp. 125–135, 2021.
- [9] E. Syaelendra, B. Pasai, N. L. Husni, and D. P. Sari, “Implementasi Smart Wireless Charging Pada Garbage Robot ( G-Bot ) Berbasis Internet of Things ( Iot ).”
- [10] E. N. Conference *et al.*, “Sistem Navigasi Garbage Robot Dengan Menggunakan Mode Human Follower Dan Shortest Path Berdasarkan Kendali,” pp. 224–231.
- [11] K. Dhyani and N. Patel, “Smart Trash Monitoring and Segregation System Using Emerging

- Technology—A Survey,” *Adv. Informatics Comput. Res.*, vol. 955, pp. 667–674, 2019, doi: 10.1007/978-981-13-3140-4.
- [12] C. Mayorga *et al.*, “GABOT: Garbage autonomous collector for indoors at low cost,” *Proc. - 2019 Int. Conf. Mechatronics, Electron. Automot. Eng. ICMEAE 2019*, pp. 56–61, 2019, doi: 10.1109/ICMEAE.2019.00018.
- [13] K. N. and V. N. Anukriti Jha, Anshuman Singh, Roshan Kerketta, Deepak Prasad, “Development of Autonomous Garbage Collector Robot,” *pringer Nat. Singapore Pte Ltd.*, vol. 24, pp. 689–703, 2019, doi: 10.1007/978-981-10-6890-4.
- [14] S. S. Navghane, M. S. Killedar, and V. M. Rohokale, “IoT Based Smart Garbage and Waste Collection Bin,” vol. 5, no. 5, pp. 1576–1578, 2016.
- [15] R. Ramadhan, “Robot Tempat Sampah Mini Sebagai Sarana Pembelajaran Untuk Membentuk Perilaku Cinta Kebersihan Pada Anak-Anak Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri ( Uin ) Alauddin Makassar,” 2016.
- [16] D. Misra, G. Das, T. Chakraborty, and D. Das, “An IoT-based waste management system monitored by cloud,” *J. Mater. Cycles Waste Manag.*, vol. 20, no. 3, pp. 1574–1582, 2018, doi: 10.1007/s10163-018-0720-y.
- [17] J. M. Gutierrez, M. Jensen, M. Henius, and T. Riaz, “Smart Waste Collection System Based on Location Intelligence,” *Procedia Comput. Sci.*, vol. 61, pp. 120–127, 2015, doi: 10.1016/j.procs.2015.09.170.
- [18] A. Castro Lundin, A. G. Ozkil, and J. Schuldt-Jensen, “Smart Cities: A Case Study in Waste Monitoring and Management,” *Proc. 50th Hawaii Int. Conf. Syst. Sci.*, pp. 1392–1401, 2017, doi: 10.24251/hicss.2017.167.
- [19] M. Yang and G. Thung, “Classification of Trash for Recyclability Status,” *CS229 Proj. Rep.*, pp. 1–6, 2016, doi: 10.1145/2971648.2971731.
- [20] O. Awe, R. Mengistu, and V. Sreedhar, “Final Report : Smart Trash Net : Waste Localization and Classification,” *CS229 Proj. Rep.*, pp. 1–6, 2017.