

TEMPAT SAMPAH PINTAR BERBASIS *INTERNET OF THINGS* PADA SMKN 1 DLANGGU KABUPATEN MOJOKERTO

Ahmad Khozin¹, Slamet Winardi², Muhamad Nur Arifin³, Aryo Nugroho⁴

¹Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Narotama
Surabaya, Surabaya, Indonesia

akhoizin060@gmail.com¹, slamet.winardi@narotama.ac.id²,
muhamadnurarifin.17@fik.narotama.ac.id³, aryo.nugroho@narotama.ac.id⁴

ABSTRAK

Perkembangan teknologi pada era revolusi industri 4.0 telah membuat banyak aspek kehidupan manusia yang dilakukan sehari-hari mulai diterapkan berbagai macam bentuk inovasi guna mampu untuk dilakukan sebuah otomasi. Tidak terlepas dari masalah yang sudah umum terjadi di tengah masyarakat, seperti pengelolaan sampah dan penanganan sampah. Hal tersebut juga terjadi pada sekolah SMKN 1 Dlanggu, dimana kebiasaan yang terjadi di sekolah tersebut masih banyak para guru beserta para siswa masih rendah akan kesadaran membuang sampah pada tempat yang semestinya. Pada penelitian ini akan digunakan beberapa komponen sensor didalamnya seperti penggunaan sensor ultrasonic HC-SR04 yang berfungsi untuk mendeteksi orang yang akan membuang sampah sehingga akan membuka secara otomatis serta mendeteksi jumlah kapasitas dari volume isian tempat sampah. Selain itu digunakan sebuah mikrokontroler ESP32 yang bertugas untuk mengatur dari keseluruhan sistem yang ada. Setelah itu digunakan pula aplikasi telegram yang berfungsi untuk mengirimkan sebuah pemberitahuan kepada pengguna atau petugas jika terdeteksi tempat sampah sudah penuh. Selain itu penggunaan protokol pengiriman data untuk komunikasi antara perangkat keras dan lunak sendiri adalah menggunakan MQTT protocol. Setelah semua data masuk ke dalam server yang sebelumnya dikirim dari mikrokontroler menggunakan protokol MQTT maka data pengukuran akan ditampilkan dalam sebuah dashboard dengan menggunakan framework dari bahasa pemrograman Node Js yaitu node-red dan secara otomatis akan tersimpan dalam database MYSQL.

Kata Kunci: Tempat sampah pintar, Kebersihan Lingkungan, IoT, MQTT.

ABSTRACT

The development of technology in the era of the industrial revolution 4.0 has made many aspects of human life that are carried out everyday starting to apply various forms of innovation in order to be able to carry out an automation. This is inseparable from problems that are common in society, such as waste management and waste handling. This also happened to the SMKN 1 Dlanggu school, where the habits that occurred in the school were still many teachers and students who were still low awareness of throwing garbage in the right place. In this study, several sensor components will be used in it, such as the use of the HC-SR04 ultrasonic sensor which functions to detect people who are going to throw garbage so that it will open automatically and detect the total capacity of the filling volume of the trash can. In addition, an ESP32 microcontroller is used which is responsible for managing the entire existing system. After that, the Telegram application is also used which functions to send a notification to the user or officer if the trash bin is full. In addition, the use of data transmission protocols for communication between hardware and software itself is to use the MQTT protocol. After all the data entered into the server which was previously sent from the microcontroller using the MQTT protocol, the measurement data will be displayed on a dashboard using the framework of the Node Js programming language, namely node-red and will automatically be stored in the MYSQL database.

Keywords: Smart Trash, Environmental Hygiene, IoT, MQTT.

1. PENDAHULUAN

Kebersihan lingkungan merupakan sebuah hal yang perlu dilakukan oleh setiap orang untuk menjadikan sebuah lingkungan yang berada disekitarnya menjadi bersih, asri, indah dan juga terlihat lebih enak untuk dipandang. Kebersihan serta keindahan dari lingkungan sangat berpengaruh bagi keberlangsungan hidup manusia dan hal tersebut adalah salah satu dari bagian tanggung jawab manusia [1]. Namun sampai sekarang masih banyak orang yang kurang peduli akan pentingnya menjaga lingkungan agar tetap bersih dan juga bebas dari sampah yang tidak sesuai pada tempatnya. Begitupun juga yang terjadi pada sekolah SMKN 1 Dlanggu, dimana masih banyak sekali para tenaga pendidikan atau guru beserta para siswa yang masih rendah akan membuang sampah pada tempatnya. Banyak sekali dampak-dampak yang dapat ditimbulkan ketika seorang masyarakat tidak peduli akan suatu kebersihan khususnya akan sampah seperti kotorannya lingkungan bahkan dampak yang paling besar yaitu dapat menjadi penyebab dari timbulnya banjir dan pencemaran lingkungan yang sangat berbahaya bagi kelangsungan hidup manusia [2]. Banyak sekali faktor-faktor yang mempengaruhi rendahnya kesadaran masyarakat terkait dengan masalah sampah, seperti kebiasaan sejak dini yang kurang adanya edukasi terkait dengan membuang sampah pada tempatnya, kesadaran masyarakat yang masih rendah terkait dengan permasalahan yang ditimbulkan oleh sampah dan juga kurang adanya faktor external seperti penerapan teknologi otomasi pada tempat sampah yang membuat masyarakat kurang tertarik untuk membuang sampah pada tempatnya [3].

Pada era Revolusi Industri yang sudah memasuki 4.0 ini banyak sekali inovasi yang

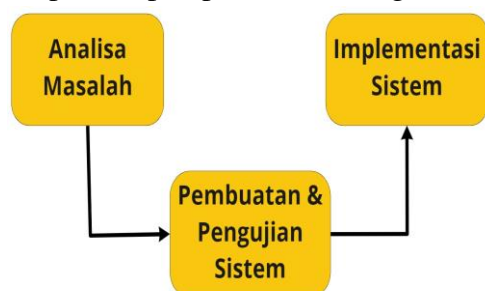
bermunculan terkait dengan otomasi dari berbagai aspek kehidupan manusia, mulai dari aspek kegiatan yang sifatnya terus menerus hingga kegiatan yang sulit sekalipun [4]. Tidak terkecuali terkait dengan tempat sampah, di banyak negara sudah mulai banyak yang sudah menerapkan tempat sampah pintar tidak lain tujuannya adalah supaya masyarakat tertarik untuk membuang sampah tempat yang semestinya dan berupaya untuk membuat lingkungan dapat lebih bersih [5]. Di Indonesia sendiri terdapat beberapa penelitian yang sudah melakukan hal-hal tersebut, namun masih perlu banyak pengembangan agar tempat sampah pintar dapat berfungsi sebagaimana mestinya untuk menjawab segala persoalan yang ada di masyarakat [6].

Berdasarkan persoalan tersebut pada penelitian ini penulis berencana untuk melakukan sebuah pengembangan dari inovasi-inovasi tempat sampah pintar yang ada sebelumnya [7]. Dengan memanfaatkan beberapa komponen sensor yang masing-masing terhubung kedalam mikrokontroler yang dalam hal ini akan menggunakan jenis ESP32 untuk mengatur dari keseluruhan sistem tempat sampah pintar [8]. Selain itu penggunaan protokol pengiriman data yang diterapkan pada penelitian ini adalah jenis MQTT yang dikhususkan untuk komunikasi antar mesin sehingga ringan dari segi kinerja mikrokontroler namun lebih efisien untuk proses pertukaran datanya [9]. Sedangkan untuk pemantauan dari kondisi tempat sampah sendiri akan digunakan sebuah website dashboard dengan framework bahasa pemrograman Node Js yaitu

Node-red yang merupakan framework yang dikhususkan untuk pengembangan teknologi internet of things dan untuk notifikasi ketika tempat sampah penuh akan digunakan aplikasi sosial media Telegram [10], [11]. Selain hal-hal tersebut pada penelitian ini sistem tempat sampah pintar akan dilengkapi dengan perangkat lunak penyimpanan data yaitu MYSQL untuk menyimpan data hasil pengukuran dari sistem tempat sampah pintar ini [12].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam perancangan sistem yang nantinya terdapat beberapa tahapan yang harus ditempuh untuk menyelesaikan penelitian tempat sampah pintar ini, sebagai berikut :



Gambar 1. Metode Penelitian

1. Pada tahapan ini merupakan bagian yang digunakan untuk mencari suatu permasalahan yang terjadi pada masyarakat untuk nantinya akan diselesaikan pada penelitian ini. Selain itu pada tahap ini juga akan dilakukan pencarian-pencarian jurnal serta penelitian yang terdahulu untuk dijadikan sebuah acuan dalam penelitian ini.
2. Pada tahapan pembuatan dan pengujian sistem ini akan dilakukan beberapa tahapan didalamnya, mulai dari pembuatan *flowchart* sistem tempat sampah pintar, penentuan komponen dan teknologi apa saja yang digunakan nantinya, pembuatan program otomatisasi dan juga akan dilakukan sebuah pengujian dari keseluruhan sistem

tempat sampah pintar ini agar semua bagian dapat berfungsi sesuai dengan yang direncanakan.

3. Penerapan sistem disini bertujuan untuk mengaplikasikan sistem beserta perangkat-perangkat yang telah dibuat sebelumnya untuk mengatasi masalah kebersihan lingkungan, dengan harapan nantinya dapat membuat masyarakat mampu untuk tertarik membuang sampah pada tempat semestinya.

2.2 Tahap Perencanaan

Pada tahap perencanaan ini merupakan proses dari perencanaan kegiatan yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan penelitian, agar penelitian yang dilakukan dapat terarah serta mampu selesai tepat pada waktu yang sudah ditentukan. Dalam membangun sistem tempat sampah pintar yang menggunakan website dan juga MYSQL berbasis *internet of things* ini tentunya diperlukan komponen perangkat keras maupun perangkat lunak agar semua sistem yang ada dapat berjalan.

1. Kebutuhan Perangkat Keras

Kebutuhan perangkat keras yang digunakan untuk membangun perangkat tempat sampah pintar ini terdiri dari beberapa sensor dan mikrokontroler. Berikut merupakan daftar perangkat keras yang digunakan :

1. Mikrokontroler ESP32.
2. Sensor Ultrasonik dengan jenis HC SR04 sebagai perangkat untuk mendeteksi gerakan orang yang akan membuang sampah.

3. Sensor Jarak yang digunakan untuk mendeteksi kapasitas dari volume pada tempat sampah.
4. Modul motor servo yang bertugas untuk membuka serta menutup tempat sampah secara otomatis.
5. Papan PCB yang digunakan untuk menghubungkan semua komponen menjadi satu rangkaian.

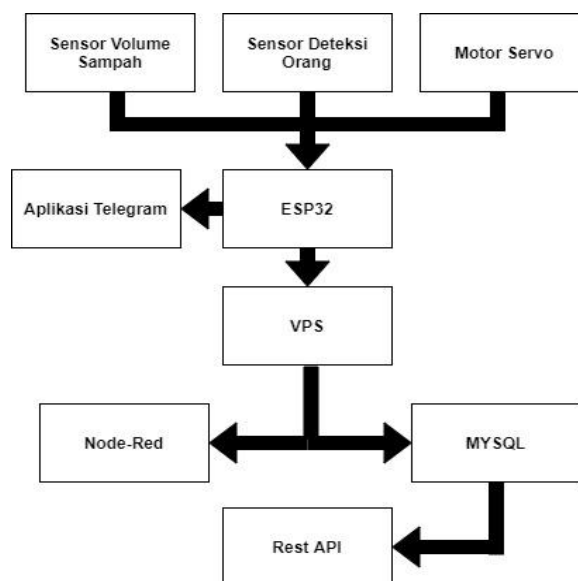
2. Kebutuhan Perangkat Lunak

Perangkat lunak dalam penelitian yang akan dilakukan pada memiliki tiga bagian yaitu perangkat lunak untuk monitoring sistem, perangkat lunak untuk *alert* sistem menggunakan aplikasi telegram dan juga protokol perangkat lunak yang digunakan untuk komunikasi antar sistem yaitu Rest API dengan *framework* Express Js. Selain itu perangkat lunak lainnya juga akan digunakan pada bagian untuk proses penyimpanan data menggunakan *database* MYSQL serta protokol untuk komunikasi antara perangkat keras serta perangkat lunak yaitu menggunakan MQTT.

2.3 Tahapan Perencanaan Sistem

1. Perancangan Diagram Blok

Diagram blok salah satu bagian yang penting dalam sebuah proses perancangan, selain membantu menentukan perangkat apa saja yang digunakan, seseorang dapat juga langsung memahami konsep dari sebuah penelitian yang akan dibuat. Sehingga tidak membingungkan para pembaca dalam memahami suatu penelitian yang dilakukan.

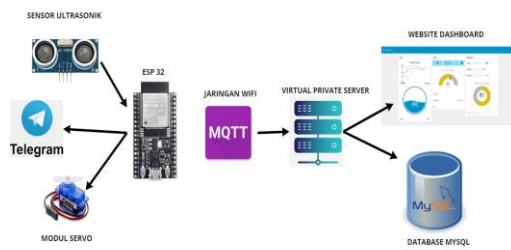


Gambar 2. Diagram Blok

Cara kerja dari diagram blok tersebut menerangkan bahwa mikrokontroler yang dalam penelitian ini menggunakan jenis ESP32 digunakan untuk mengendalikan keseluruhan dari sistem tempat sampah pintar ini. Selain itu terdapat sebuah server yang digunakan untuk menghubungkan antara perangkat lunak dengan perangkat keras untuk dapat saling berkomunikasi. Dengan besarnya data yang nantinya akan disimpan dalam penelitian ini, digunakan sebuah database MYSQL yang terstruktur untuk penyimpanan datanya.

2. Perancangan Skematik Sistem

Skematik sistem merupakan salah satu bagian yang penting dalam perencanaan dalam suatu sistem guna mempermudah proses penempatan posisi perangkat dan cara kerjanya. Berikut merupakan gambar skematik sistem:



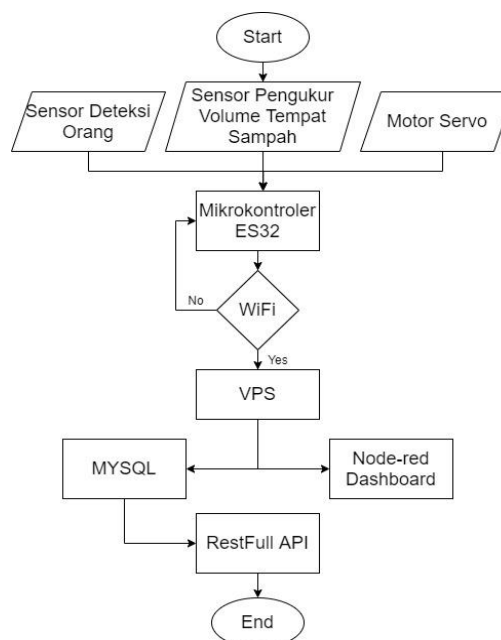
Gambar 3. Skematik Sistem

Penempatan posisi perangkat dalam sistem tempat sampah pintar yang digunakan pada SMKN 1 Dlanggu ditunjukkan pada gambar 3. Dimana terdapat dua sensor ultrasonik yang akan terhubung ke dalam mikrokontroler, dengan tugas masing-masing sensor untuk mendeteksi gerakan orang yang akan membuang sampah dan juga sensor yang akan mengukur volume dari kapasitas isian dari tempat sampah itu sendiri. Setelah itu jika volume dari tempat sampah mencapai batas yang telah ditentukan, maka sistem akan mengirimkan sebuah pesan kepada petugas sekolah melalui aplikasi pesan singkat telegram. Kemudian untuk mengirim sebuah data dari mikrokontroler menggunakan sebuah jaringan WiFi dengan protokol pengiriman data MQTT. Kemudian pada sisi server sendiri nantinya akan digunakan sistem operasi dengan jenis Ubuntu 20.04 guna menerima data yang sebelumnya dikirimkan oleh mikrokontroler. Setelah itu data yang sudah masuk kedalam server maka data yang ada akan ditampilkan pada sebuah website monitoring yang menggunakan *framework* bahasa pemrograman Node Js yang digunakan untuk pengembangan teknologi *internet of things* yaitu *node-red*, serta akan langsung dilakukan *query* pada database MYSQL untuk dilakukan penyimpanan data.

3. Perancangan Flowchart

Flowchart merupakan sebuah gambar yang digunakan untuk peneliti mempermudah

proses pengerjaan sebuah case agar pekerjaan nantinya dapat selesai secara terstruktur. Berikut merupakan *flowchart* sistem dari penelitian kali ini:



Gambar 4. Flowchart Sistem

Ketika program dimulai, secara otomatis sensor yang terdapat pada sebuah tempat sampah akan bekerja sesuai dengan tugas yang ditentukan, mulai dari sensor pendeteksi orang yang akan membuang sampah dan juga sensor yang mengukur volume dari isian tempat sampah itu sendiri. Selanjutnya data yang ada akan dikirim kepada mikrokontroler yang dalam hal ini menggunakan jenis ESP32 dan pada bagian ini pula nantinya semua algoritma terkait dengan tempat sampah pintar akan diproses pada mikrokontroler itu sendiri. Kemudian mikrokontroler akan menghubungkan ke dalam jaringan wifi, jika mikrokontroler tidak dapat terhubung pada jaringan wifi maka data yang ada tidak dapat dikirim kepada server yang nantinya akan digunakan untuk menampilkan data monitoring.

Kemudian data yang ada akan masuk kedalam *virtual private server* yang dalam penelitian ini akan menggunakan sistem operasi Ubuntu 18.04. Saat data berada di server, maka data tersebut akan ditampilkan pada sebuah website dashboard monitoring yang dapat diakses secara online dan juga akan langsung melakukan *query* data ke dalam database yang dalam hal ini menggunakan MYSQL. Agar nantinya data yang ada dalam penelitian ini dapat diintegrasikan dengan sistem lainnya, seperti website sekolah dan juga website dari dinas terkait yaitu dinas kebersihan dan lingkungan hidup, maka akan dibuat sebuah protokol pertukaran data menggunakan Rest API. Jika semua proses sudah selesai, maka program akan mengulang kembali dari atas atau program tersebut telah selesai.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Sensor

Pada tahapan pengujian sensor ini bertujuan untuk memastikan akurasi dari kinerja sensor yang nantinya akan digunakan dalam penelitian alat tempat sampah pintar. Pada pengujian sensor nantinya akan dibagi dalam 2 tahap yaitu pengujian sensor untuk mengukur volume isian tempat sampah dan juga mendeteksi dari orang yang akan membuang sampah.

3.1.1 Pengujian Sensor Volume Isi Tempat Sampah

Pengukuran volume tempat sampah ini akan dilakukan secara otomatis dengan menggunakan sensor berjenis HC-SR04 yang bekerja dengan cara memantulkan gelombang ultrasonik hingga mengenai sebuah objek, kemudian akan dipantulkan kembali kepada sensor yang nantinya akan dikonversi sebagai data jarak antara sensor dengan objek. Berikut

merupakan rumus yang digunakan untuk menentukan volume isian dari tempat sampah menggunakan sensor ultrasonik :

$$\text{Isi Sampah} = \text{Tinggi Tempat Sampah} - \text{Jarak Antara Sensor Dengan Sampah.}$$

Berikut merupakan hasil tabel pengambilan tabel dari sampel pengambilan data dari sensor ultrasonik yang digunakan untuk mengukur ketinggian dari isian sampah pada tempat sampah yang dibandingkan dengan mengukur secara manual serta dengan tinggi tempat sampah adalah 75 cm :

Tabel 1. Pengujian Sensor Ultrasonik Untuk Mengukur Isian Sampah

| No | Isian Manual | Ultrasonik |
|----|--------------|------------|
| 1. | 56 Cm | 55,8 Cm |
| 2. | 75 Cm | 75 Cm |
| 3. | 60 Cm | 60,2 Cm |
| 4. | 71 Cm | 71,2 Cm |
| 5. | 20 Cm | 20 Cm |

Dengan data pengujian tersebut menunjukkan bahwa beberapa kali *gap* hasil pengukuran sebesar 0,2 Cm dari hasil pengukuran yang dilakukan dengan cara manual.

3.1.2 Pengujian Sensor Deteksi Orang

Pengujian sensor deteksi orang secara otomatis ini bertujuan agar nantinya jika ada orang yang akan mendekat untuk membuang sampah, penutup dari tempat sampah akan secara otomatis membuka dengan sendirinya. Pengujian ini nantinya akan menggunakan pembanding yaitu sebuah alat meteran bangunan yang dibandingkan dengan sensor yang nantinya akan digunakan yaitu sebuah sensor

ultrasonik. Berikut merupakan tabel hasil perbandingannya :

Tabel 2. Pengujian Sensor Deteksi Orang

| No | Meteran | Ultrasonik |
|----|---------|------------|
| 1. | 10 Cm | 10 Cm |
| 2. | 7 Cm | 6,9 Cm |
| 3. | 3 Cm | 3,1 Cm |
| 4. | 5 Cm | 5 Cm |
| 5. | 2 Cm | 2 Cm |

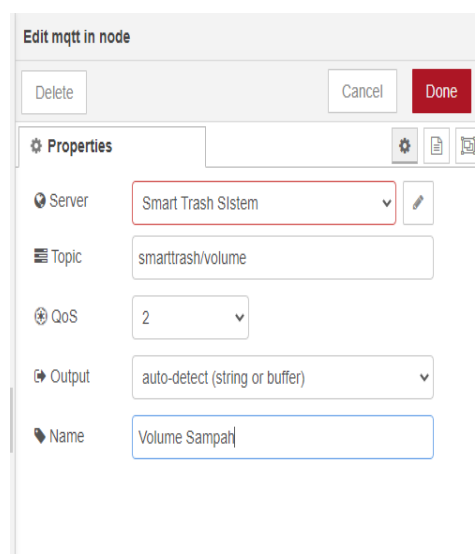
Berdasarkan tabel hasil pengukuran diatas menunjukkan bahwa *error gap* yang muncul pada pengujian sensor deteksi orang yang akan membuang sampah sebesar 0,1 Cm dari alat meteran yang diukur secara manual.

3.2 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pada pengujian keseluruhan sistem ini bertujuan untuk melakukan konfigurasi pada semua sistem yang nantinya akan digunakan pada penelitian tempat sampah pintar ini, mulai dari perangkat keras dan juga perangkat lunak yang nantinya akan digunakan selama penelitian berlangsung.

3.2.1 Konfigurasi Indikator Volume Sampah

Pada tahapan ini akan dilakukan sebuah konfigurasi volume dari isian tempat sampah pada *user interface* yang nantinya akan menggunakan *framework* node-red. Pada gambar yang ditunjukkan pada nomor 5 merupakan dashboard yang digunakan untuk melakukan konfigurasi, dengan catatan topik dari protokol MQTT yang digunakan adalah memiliki inisialisasi **smartrash/volume**.



Gambar 5. Konfigurasi Volume Sampah Pada Node-red.

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa server akan disesuaikan berdasarkan variabel atau nilai yang akan digunakan dalam semua penamaan data yang masuk ke dalam dashboard. Seperti yang ditunjukkan pada gambar diatas, bahwa inisialisasi dari server akan menggunakan kata “smart trash” menunjukkan pada broker dimana nantinya akan berfungsi untuk menjembatani data masuk dari perangkat keras menuju sebuah server.

Selain itu pemilihan pada kolom “QoS” merupakan salah satu komponen yang penting, Dimana data yang masuk nantinya akan diformat menjadi bertipe data String. Kemudian pada kolom “Output” diubah menjadi auto-detect (String or buffer), agar nantinya data yang masuk akan memiliki format karakter yang lebih mudah dalam proses parsing sebuah data menggunakan bahasa pemrograman Javascript. Pada bagian “Name” digunakan untuk memberikan sebuah label atau nama yang memudahkan penelitian untuk melakukan konfigurasi nantinya.

3.2.2 Konfigurasi Query Data

Pada tahapan ini nantinya akan digunakan untuk melakukan *query* data ke dalam sebuah database yang dalam hal ini menggunakan MYSQL. Data yang didapat berasal dari hasil pemantauan tempat sampah pintar yang dilakukan oleh perangkat keras yang kemudian akan dikirimkan kepada server, dimana untuk selanjutnya akan disimpan ke dalam sebuah *database* MYSQL.

Berdasarkan dengan yang ditunjukkan pada gambar 6, menunjukkan bahwa terdapat beberapa algoritma yang digunakan untuk melakukan *query* data. Seperti halnya penerapan parsing data dari data yang dikirim sebelumnya, kemudian pengubahan data menjadi string dan lain sebagainya. Kemudian ketika sudah didapatkan data yang baku, data tersebut akan dimasukkan ke dalam kolom-kolom yang ada di dalam database sehingga dapat lebih mudah untuk nantinya dilakukan proses analisa.

```
1 var Tag = msg.payload;
2 var panjang;
3 var i;
4 target = [];
5 var Id;
6 var Reader;
7 var jadi;
8 for(const array = Array.from(Tag); array.length; target.pi
9
10 panjang=target.length;
11 console.log(target);
12 console.log('panjang=',panjang);
13 Id = target.slice(-1);
14 Reader = Id.toString();
15
16 for(i=0;i<panjang;i++){
17     jadi= target[i].toString();
18     jadi=jadi.slice(8,32);
19
20
21
22 console.log('data ke: ',i,',',jadi);
23 console.log('ID Reader: ',Reader);
24 msg.topic = "INSERT INTO reader('ID_Reader', 'Nomor_Tag')
25
26 return msg;
27 }
```

Gambar 6. Query Data.

3.2.3 Membuat Tabel MYSQL

Pada tahapan ini merupakan bagian yang digunakan untuk membuat tabel *database* pada MYSQL. Selain itu pada bagian ini pula akan dilakukan pengecekan apakah data yang sebelumnya dikirim oleh mikrokontroler

kepada server dapat tersimpan secara otomatis ke dalam sebuah *database*.



| No | Volume | TimeStamp |
|----|--------|------------|
| 1 | 15 | 2021-06-15 |
| 2 | 17 | 2021-06-15 |

Gambar 7. Tabel Database

Seperti yang ditunjukkan pada gambar diatas, bisa dilihat bahwa data yang sebelumnya dikirim oleh mikrokontroler dapat langsung secara otomatis masuk ke dalam tabel *database* MYSQL. Pada gambar tersebut juga menunjukkan bahwa terdapat nilai yang menunjukkan kondisi dari volume tempat sampah pintar ini.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari pengujian keseluruhan sistem yang telah dilakukan pada penelitian kali ini, dapat disimpulkan bahwa penerapan dari sistem tempat sampah pintar dapat bekerja dengan baik. Dimana mulai dari kinerja sensor yang mendeteksi orang ketika ingin membuang sampah terdapat error gap sebanyak 0,2 cm dengan pembanding alat ukur konvensional dan juga pada sensor yang bekerja untuk mengukur volume dari isian tempat sampah juga memiliki error gap sebesar 0,1 cm. Selain itu penerapan penyimpanan data kedalam database yang nantinya dapat dimanfaatkan untuk tahapan analisa dan pengolahan data menggunakan Rest API juga berhasil dilakukan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Lubis and E. Erman, “Penyediaan Pelayanan Publik Dalam Persoalan Sampah Di Kota Pekanbaru Tahun 2014-2016,” *Journal:eArticle*, Riau University, 2017. Accessed: Mar. 24, 2021.
- [2] D. Nusyirwan, “TONG SAMPAH PINTAR DENGAN PERINTAH SUARA GUNA MENGHILANGKAN PERILAKU SISWA MEMBUANG SAMPAH SEMBARANGAN DI SEKOLAH,” *J. Teknoinfo*, vol. 14, no. 1, Art. no. 1, Jan. 2020.
- [3] W. Xiao *et al.*, “Low-Cost Based on Smart Trash Can Bag Changing System,” in *Advanced Machine Learning Technologies and Applications*, Cham, 2021, pp. 499–506.
- [4] G. Peralta, M. Iglesias-Urkia, M. Barcelo, R. Gomez, A. Moran, and J. Bilbao, “Fog computing based efficient IoT scheme for the Industry 4.0,” in *2017 IEEE International Workshop of Electronics, Control, Measurement, Signals and their Application to Mechatronics (ECMSM)*.
- [5] S. P. Muquit, D. Yadav, L. Bhaskar, and W. F. Ahmed, “IoT based Smart Trash Bin for Waste Management System with Data Analytics,” in *2018 International Conference on Communication, Computing and Internet of Things (IC3IoT)*, Feb. 2018, pp.
- [6] H. D. Ariessanti, M. Martono, and J. Widiarto, “Sistem Pembuangan Sampah Otomatis Berbasis IOT Menggunakan Mikrokontroler pada SMAN 14 Kab.Tangerang,” *CCIT J.*, vol. 12, no. 2, pp. 229–240, Aug. 2019.
- [7] S. Sohor, Mardeni, Y. Irawan, and Sugiati, “RANCANG BANGUN TEMPAT SAMPAH OTOMATIS MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER DAN SENSOR ULTASONIK DENGAN NOTIFIKASI TELEGRAM,” *J. Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 2, pp. 154–160, Oct. 2020.
- [8] C. G. C. Carducci, A. Monti, M. H. Schraven, M. Schumacher, and D. Mueller, “Enabling ESP32-based IoT Applications in Building Automation Systems,” in *2019 II Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT (MetroInd4.0 IoT)*, Jun. 2019, pp. 306–311.
- [9] R. A. Atmoko, R. Riantini, and M. K. Hasin, “IoT real time data acquisition using MQTT protocol,” *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 853, no. 1, p. 012003, May 2017.
- [10] M. Lekić and G. Gardašević, “IoT sensor integration to Node-RED platform,” in *2018 17th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH)*, Mar. 2018, pp. 1–5.
- [11] H. Shah, “Node.js Challenges in Implementation,” *Glob. J. Comput. Sci. Technol.*, May 2017, Accessed: Jun. 15, 2021.
- [12] C. Asiminidis, G. Kokkonis, and S. Kontogiannis, “Database Systems Performance Evaluation for IoT Applications,” *Social Science Research Network, Rochester, NY, SSRN Scholarly Paper ID 3360886*, Dec. 2018.