

# Tempat Sampah Pintar dengan Sistem Monitoring berbasis *Cloud* dan Pemilihan Rute Tercepat

Saifudin Usman\*<sup>1</sup>, Kisron<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Negeri Ketapang

<sup>2</sup>Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

E-mail: \*<sup>1</sup>saifudinu@politap.ac.id, <sup>2</sup>kisron@pens.ac.id

## **Abstrak**

Tingginya jumlah penduduk di Indonesia memicu tingkat konsumsi produk-produk seperti makanan, minuman, dan lain-lain yang sangat tinggi. Dampak nyata dari tingginya tingkat konsumsi tersebut akan mengakibatkan sisa produk/barang yang dikategorikan sebagai limbah sangat tinggi. Dari banyaknya sampah yang dihasilkan, para penanggung jawab kebersihan perlu melakukan inovasi sistem pengelolaan sampah agar tidak menjadi bahaya bagi kehidupan masyarakat. Dalam makalah ini, inovasi dibuat tentang tempat sampah pintar dengan sistem pemantauan waktu nyata dan perencanaan jalur tercepat untuk pengumpulan sampah. Untuk mengetahui volume sampah yang digunakan dipasang sensor ultrasonik pada tutup tempat sampah. Sistem monitoring ini menggunakan konsep internet of things dengan media komunikasi wireless. Penyimpanan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah cloud computing Amazon Web Service EC2, sedangkan metode yang digunakan untuk membuat jalur tercepat adalah Algoritma Genetika. Hasil yang didapatkan sensor ultrasonik dapat menentukan volume sampah dengan tingkat kesalahan pembacaan sebesar 6,08%. Sistem ini juga dilengkapi dengan sleep-scheduling pada sensor-node, dimana node tidak selalu melakukan pengukuran dan mengirim data ke server. Penggunaan algoritma genetika dalam menentukan jalur tercepat untuk pengambilan sampah bagi petugas pengambil sampah memberikan hasil yang baik dengan selisih waktu <10 menit.

**Kata Kunci**— Sampah, Pintar, Algoritma Genetika, Cloud

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara terpadat keempat di dunia setelah China, India, dan Amerika Serikat [1]. Jumlah penduduk Indonesia yang besar menyebabkan peningkatan yang sangat besar dalam konsumsi produk-produk seperti makanan, minuman, dan lain-lain. Efek sebenarnya dari mengkonsumsi barang-barang tersebut adalah peningkatan konsumsi surplus atau yang disebut limbah [2].

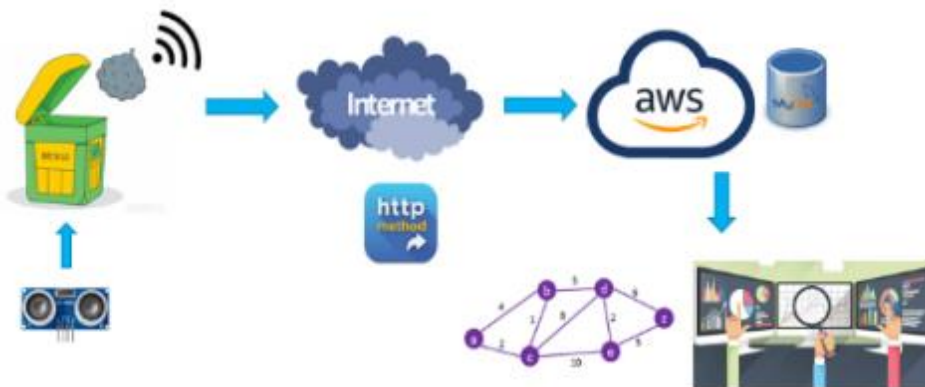
Sampah adalah limbah padat yang berasal dari rumah tangga, pasar, perkantoran, industri dan lain-lain. Jumlah TPA semakin meningkat tiap tahunnya seiring dengan peningkatan aktivitas dan penduduk perkotaan. Limbah padat perkotaan menyebabkan sejumlah besar TPA dan tanpa pengolahan yang tepat berbagai masalah sosial dan lingkungan yang sangat serius. Permasalahan sosial timbul dari sampah yang menumpuk sehingga menimbulkan lingkungan yang tidak nyaman bagi masyarakat, dampak negatif pariwisata lingkungan yang kotor, dan dampak tidak langsung seperti menurunnya produktivitas kerja dari lingkungan yang tidak sehat [3]. Sedangkan dampak lingkungan adalah buruknya lingkungan di sekitar tempat pembuangan, pencemaran udara dari gas-gas yang ditimbulkan oleh sampah, dan pencemaran tanah di sekitar tempat pembuangan. Limbah dapat mempengaruhi kesehatan manusia karena mengandung polutan seperti metana. Gas metana sangat berbahaya bagi tubuh manusia. Sampah yang dibuang sembarangan atau ditumpuk menyebabkan gangguan kesehatan yang serius [4].

Perkembangan teknologi telah mencapai era Revolusi Industri 4.0, dimana teknologi tradisional telah tergantikan oleh teknologi modern bahkan kecerdasan buatan telah banyak digunakan di berbagai bidang [5]. Internet of Things adalah salah satu teknologi yang paling cepat berkembang [6]. Beberapa penelitian terdahulu banyak memunculkan inovasi untuk menyelesaikan permasalahan sampah di Indonesia dengan menggunakan teknologi yang ada seperti Internet of Things, kecerdasan buatan, machine learning dan teknologi lainnya. Pelacakan sampah dan independent wayfinding pada pengangkutan sampah telah dilakukan pada beberapa penelitian sebelumnya seperti B. Candra [7] mengimplementasikan teknologi wireless sensor network untuk membangun tempat sampah dengan modul RF Zigbee dan topologi spanning tree. Pada penelitian ini, hasil perancangan ini secara optimal dapat dijadikan sebagai solusi pemantauan tempat sampah pada gedung yang dapat dipantau secara real time. Jarak antara node yang berlawanan dari gedung F Universitas Telkom tidak lebih dari 1 lantai: 84 m, jarak maksimum 1 lantai: 27 m dan jarak maksimum 2 lantai: 10 m Dimana jarak-jarak tersebut dapat digabungkan untuk membentuk topologi cluster tree yang diperlukan dalam gedung. Perbandingan pemulihan latensi Xbee Series2 0,25 detik. dan akurasi sensor HC-SR04 adalah 91%.

Kontribusi utama dari penelitian ini adalah pengembangan pencarian jalur tercepat untuk menentukan jalur pengumpulan sampah. Kemampuan sistem untuk melacak secara real time dan membuat rute tercepat membantu pekerja limbah menyelesaikan pekerjaannya.

## 2. METODE PENELITIAN

Desain sistem pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Sensor ultrasonik HC-SR04 [9] digunakan untuk menentukan volume sampah. Sensor HC-SR04 dipasang pada tutup tempat sampah [10]

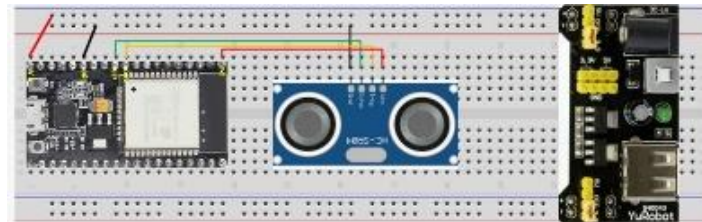


Gambar 1. Desain Sistem

Untuk membaca data HC-SR04, digunakan sebuah papan mikrokontroler ESP32, yang menyertakan modul wifi. Kemudian data dikirim ke cloud yang telah dibuat menggunakan protokol HTTP. Cloud yang digunakan adalah Amazon Web Service EC2 Instance [11] dengan database MySQL. Data dari sensor tersebut ditampung dalam database kemudian ditampilkan di website untuk pemantauan secara real-time. Dengan memanfaatkan API dari Google Maps, sistem mampu menampilkan lokasi dimana tempat sampah berada. Dari titik lokasi tempat sampah tersebut, peta dapat dibangun untuk membuat jalur tercepat dengan menggunakan algoritma genetika.

### 2.1. Perangkat Keras

Untuk membuat sistem yang handal, pemilihan perangkat keras yang tepat diperlukan untuk menghindari pemborosan sumber daya. ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler untuk membaca data ultrasonik dan mengirim data ke server. Sensor ultrasonik HC-SR04 dipilih sebagai sensor yang digunakan untuk mendeteksi volume sampah karena harganya yang murah dan kualitas yang baik. Untuk memastikan sistem bekerja dengan baik, catu daya yang stabil diperlukan. Catu daya yang digunakan adalah Modul Catu Daya Breadboard YwRobot 3.3V / 5V MB102. Gambar 2 menunjukkan rangkaian perangkat keras dari sistem yang dibuat.

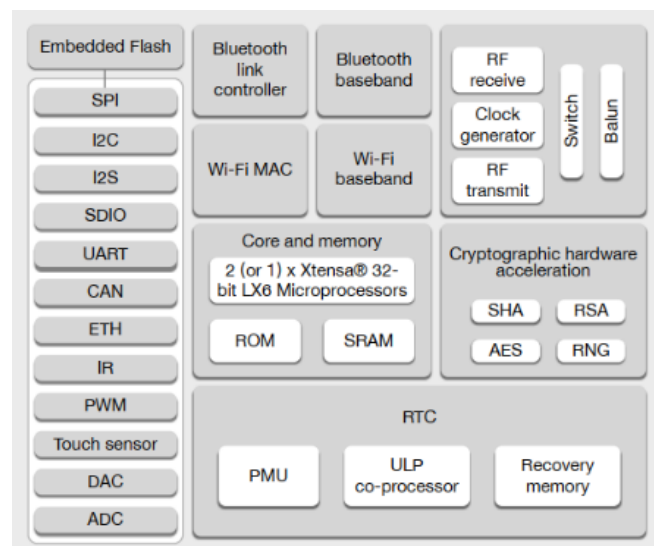


Gambar 2. Desain Hardware

### 2.2. Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah sebuah *system-on-chip* (SoC) berbiaya rendah dan berdaya rendah dengan modul wifi & kemampuan bluetooth. ESP32 terpasang sebuah mikroprosesor Tensilica Xtensa LX6 dual-core atau single-core yang memiliki clock rate sampai 240 MHz. Mikrokontroler ESP32 juga terintegrasi dengan antena built-in, balun RF, amplifier daya, amplifier penerima kebisingan rendah, filter, dan modul manajemen daya.

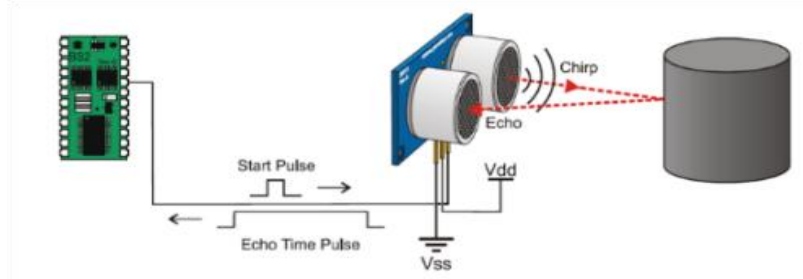
Dirancang untuk perangkat bergerak, perangkat elektronik yang dapat digunakan pada aplikasi IoT, ESP32 juga bekerja dengan konsumsi daya yang sangat rendah melalui fitur hemat daya, beberapa mode daya, dan penskalaan daya dinamis. Modul ESP32 merupakan penerus modul ESP8266, yang sangat populer pada aplikasi IoT. Mikrokontroler ini memiliki CPU dan wifi core yang lebih cepat, lebih banyak GPIO, dan mendukung Bluetooth yang hemat energi.



Gambar 3. Blok diagram ESP32

### 2.3. Sensor Ultrasonik

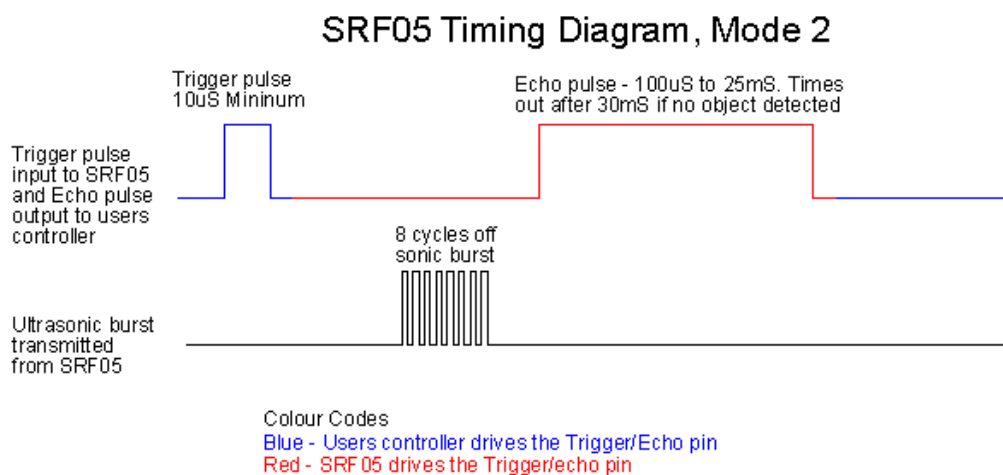
Sensor ultrasonik bekerja berdasarkan pada prinsip pemantulan gelombang suara dan banyak digunakan untuk mendeteksi keberadaan suatu objek tertentu. Sensor ini terdiri dari dua bagian penting yaitu pemancar dan penerima. Lebih jelasnya mengenai prinsip kerja dari sensor ultrasonik dapat dilihat pada gambar 4.



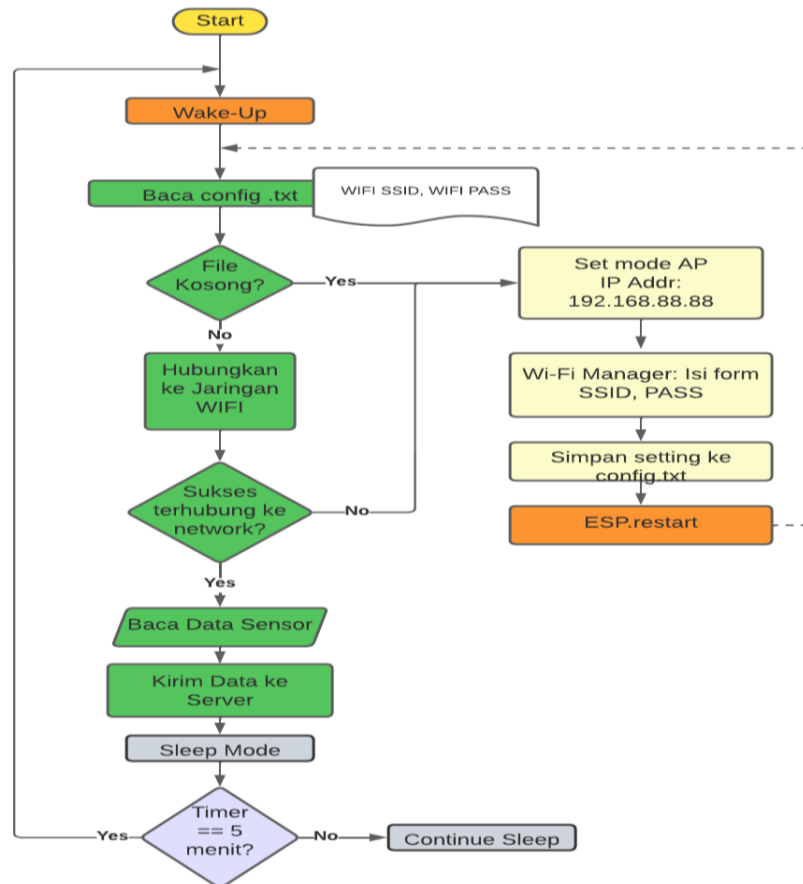
Gambar 4. Prinsip Kerja sensor Ultrasonik

Besarnya amplitudo sinyal listrik yang dihasilkan oleh sensor penerima bergantung pada jarak objek yang terdeteksi dan kualitas sensor. Proses penginderaan yang dilakukan pada sensor ultrasonik ini menggunakan metode pemantulan untuk menghitung jarak antara sensor dengan objek yang ada didepannya. Jarak antar sensor dihitung dengan cara mengalikan 1/2 waktu yang digunakan sinyal ultrasonik dalam perjalanannya dari rangkaian pengirim hingga diterima oleh rangkaian penerima, dengan kecepatan perambatan sinyal ultrasonik pada media udara. Diagram waktu pada gambar 5 digunakan untuk mengatur pembacaan data. Semakin cepat waktunya, semakin cepat pembacaan data.

Pengiriman data yang dilakukan node ke server hanya dilakukan sesekali karena akan membutuhkan sumber daya yang signifikan dan mempersingkat masa pakai perangkat yang digunakan. Oleh karena itu, dilakukan *sleep-scheduling* untuk pengiriman data ke server mengikuti interval yang ditentukan. Pada penelitian ini interval yang digunakan adalah 5 menit. Jadi setiap 5 menit, sensor mengambil 5 data dan dirata-ratakan untuk mendapatkan data yang akurat. Gambar 6 menunjukkan diagram alur pada pembacaan sensor dan pengiriman data ke *cloud*.



Gambar 5. Diagram waktu sensor Ultrasonik



Gambar 6. Diagram alur sistem kerja sensor

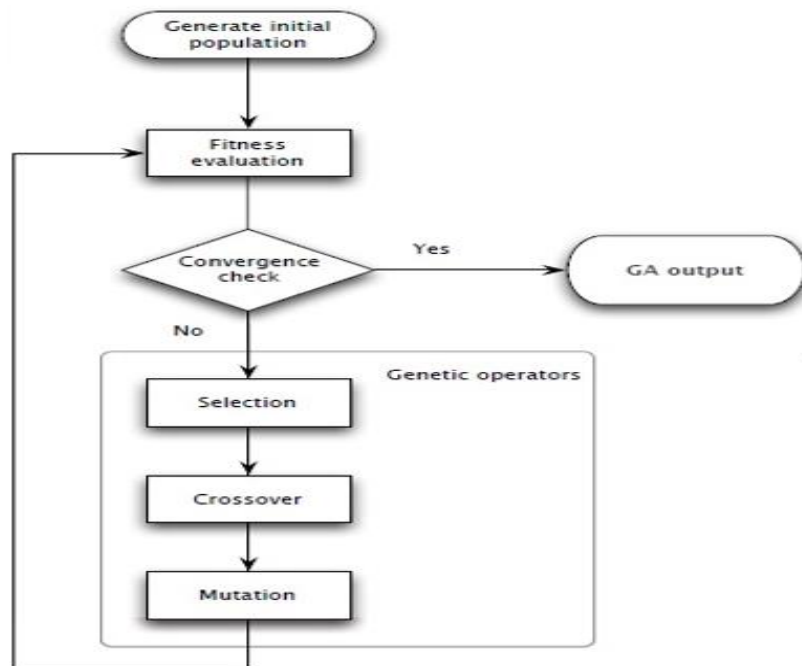
#### 2.4. Algoritma Genetika

Algoritma Genetika adalah teknik meta-heuristik yang terinspirasi oleh prinsip seleksi alam. Algoritma ini digerakkan oleh tiga operator utama: seleksi, persilangan, dan mutasi. Persilangan dan operator mutasi melakukan reproduksi individu. Operator seleksi adalah operator penggerak utama dalam GA untuk memilih individu terbaik dari populasi. GA berfungsi sebagai berikut: Jumlah individu yang dihasilkan secara acak yang membentuk populasi awal dari algoritma. Individu dapat direpresentasikan dalam bilangan biner, bilangan real, bilangan bulat, atau karakter, tergantung pada masalahnya.

Traveling Salesmen Problem (TSP) menggunakan representasi permutasi. Pengukuran kebaikan bagi individu dilakukan melalui fungsi fitness. Fungsi fitness untuk TSP adalah memaksimalkan kebalikan dari fungsi tujuan. Setiap individu ditransfer dari satu generasi ke generasi berikutnya berdasarkan nilai fitness; semakin banyak nilai fitness maka semakin tinggi peluang untuk berpartisipasi pada generasi selanjutnya. Operator persilangan memfasilitasi eksplorasi, sedangkan mutasi menyediakan eksploitasi.

Dalam operasi mutasi, titik acak dipilih dalam kromosom, menggantikan nilai pada titik ini dengan beberapa nilai acak yang layak. Tingkat mutasi mengontrol jumlah operasi mutasi. Satu generasi algoritma genetik menggunakan operasi GA: reproduksi, persilangan, dan mutasi. Setiap generasi menghasilkan beberapa individu. Pemutusan algoritma mengembalikan individu

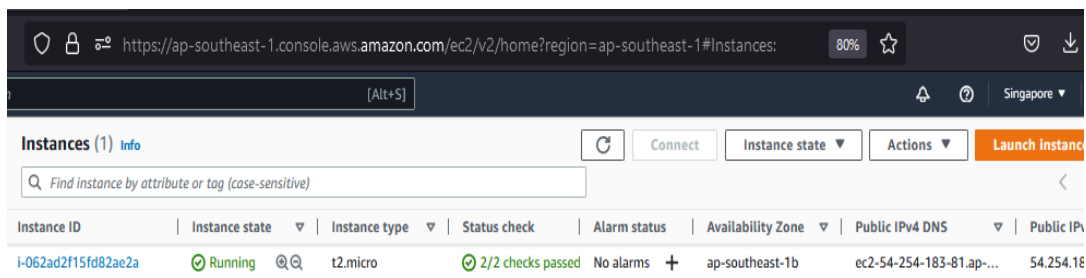
dengan nilai fitness terbaik sebagai solusi. Detail pemilihan operator, persilangan, dan mutasi algoritma genetik dijelaskan dalam mencari ruang optimal lokal untuk menemukan global optimal. Gambar 7 menunjukkan diagram alur algoritma genetika.



Gambar 7. Diagram alur Algoritma Genetika

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan monitoring secara real-time dan dengan penentuan jalur tercepat, kami melakukan pengujian sistem menggunakan *cloud* secara langsung. Server virtualisasi [12] yang digunakan adalah Ubuntu Linux 18.04 dengan memori 1GiB dan satu vCPU. Pengujian yang dilakukan ada beberapa bagian yaitu pembacaan sensor, pengiriman data, sistem monitoring, dan pembuatan jalur tercepat.



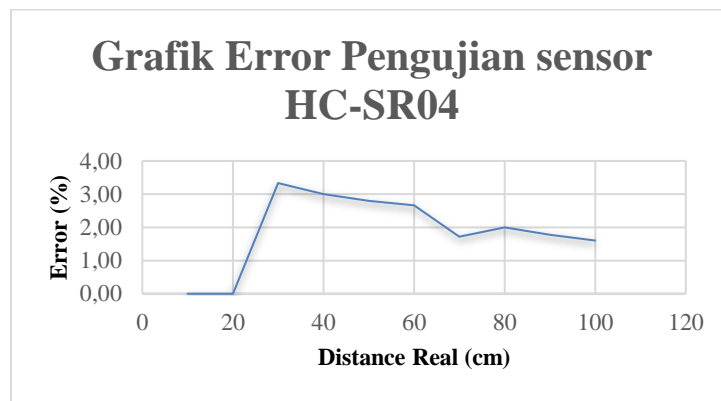
Gambar 8 Instance t2.micro dengan Elastic-ip

#### 3.1. Pengujian Sensor

Proses pengujian dilakukan dengan cara membandingkan pengukuran dengan alat ukur manual atau penggaris dengan hasil pembacaan pada sensor ultrasonik HC-SR04 hasil pengujian terdapat kesalahan dengan rata-rata 1,89%. Tabel 1 menunjukkan pengujian sensor ultrasonik HC-SR04.

Tabel 1. Hasil ujicoba pengukuran tinggi sampah menggunakan sensor HC-SR04

| No | D <sub>real</sub> (cm) | Hasil Pengukuran (cm) |    |    |    |    | Rata-Rata (cm) | Error (%) |
|----|------------------------|-----------------------|----|----|----|----|----------------|-----------|
|    |                        | 1                     | 2  | 3  | 4  | 5  |                |           |
| 1  | 10                     | 10                    | 10 | 10 | 10 | 10 | 10             | 0,00      |
| 2  | 20                     | 20                    | 20 | 20 | 20 | 20 | 20             | 0,00      |
| 3  | 30                     | 29                    | 29 | 29 | 29 | 29 | 29             | 3,33      |
| 4  | 40                     | 39                    | 39 | 38 | 39 | 39 | 38,8           | 3,00      |
| 5  | 50                     | 49                    | 48 | 48 | 49 | 49 | 48,6           | 2,80      |
| 6  | 60                     | 58                    | 58 | 59 | 58 | 59 | 58,4           | 2,67      |
| 7  | 70                     | 69                    | 69 | 68 | 69 | 69 | 68,8           | 1,71      |
| 8  | 80                     | 78                    | 78 | 79 | 79 | 78 | 78,4           | 2,00      |
| 9  | 90                     | 89                    | 87 | 89 | 88 | 89 | 88,4           | 1,78      |
| 10 | 100                    | 98                    | 98 | 99 | 99 | 98 | 98,4           | 1,60      |



Gambar 9. Grafik Error pada pengujian sensor HC-SR04

### 3.2. Pengiriman Data

Untuk menguji transmisi data dilakukan dengan membandingkan interval yang diberikan pada saat pengiriman data. Pada Gambar 10 (a), pengujian transmisi data dilakukan dengan interval 1 menit. Dari log waktu di database terlihat bahwa data yang diterima oleh server tidak tepat 1 menit, tetapi terkadang ada yang lebih dari 1 detik. Itu karena perubahan lalu lintas jaringan dan jumlah data yang dikirim.

| id  | id_sensor | ketinggian | log                 |
|-----|-----------|------------|---------------------|
| 910 | 2         | 68         | 2019-12-04 23:42:03 |
| 909 | 2         | 68         | 2019-12-04 23:41:03 |
| 908 | 2         | 68         | 2019-12-04 23:40:02 |
| 907 | 2         | 68         | 2019-12-04 23:39:02 |
| 906 | 2         | 68         | 2019-12-04 23:38:01 |
| 905 | 2         | 68         | 2019-12-04 23:37:01 |
| 904 | 2         | 68         | 2019-12-04 23:36:00 |
| 903 | 2         | 68         | 2019-12-04 23:35:00 |
| 902 | 2         | 68         | 2019-12-04 23:33:59 |
| 901 | 2         | 68         | 2019-12-04 23:32:59 |
| 900 | 2         | 68         | 2019-12-04 23:31:58 |

(a) interval 1 menit

| id   | id_sensor | ketinggian | log                 |
|------|-----------|------------|---------------------|
| 1120 | 2         | 94         | 2019-12-12 18:06:51 |
| 1119 | 2         | 93         | 2019-12-12 18:01:31 |
| 1118 | 2         | -64        | 2019-12-12 17:56:12 |
| 1117 | 2         | 94         | 2019-12-12 17:50:53 |
| 1116 | 2         | 94         | 2019-12-12 17:45:33 |
| 1115 | 2         | 94         | 2019-12-12 17:40:15 |
| 1114 | 2         | 94         | 2019-12-12 17:34:56 |
| 1113 | 2         | 94         | 2019-12-12 17:29:36 |
| 1112 | 2         | 94         | 2019-12-12 17:24:17 |
| 1111 | 2         | 94         | 2019-12-12 17:18:58 |

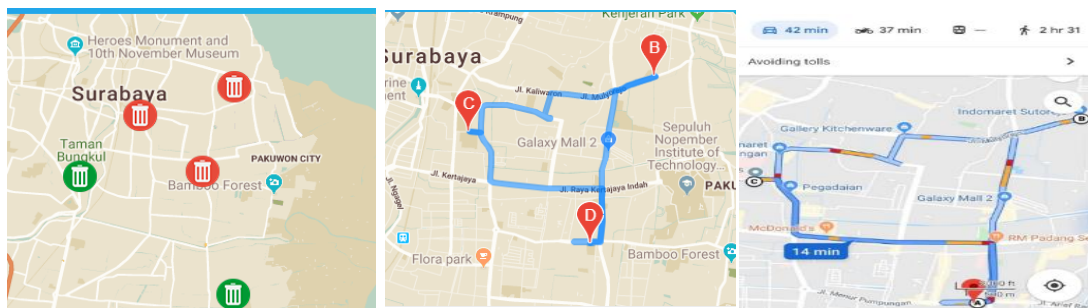
(b) interval 5 menit

Gambar 10. Hasil pengujian transmisi data

Pada Gambar 10 (b), diberikan selang waktu 5 menit. Dengan interval waktu yang lebih tinggi dari sebelumnya, data yang diterima server mengalami delay selama 20 detik. Semakin lama interval yang diberikan maka delay data yang diterima oleh server juga akan semakin besar.

### 3.3. Jalur tercepat

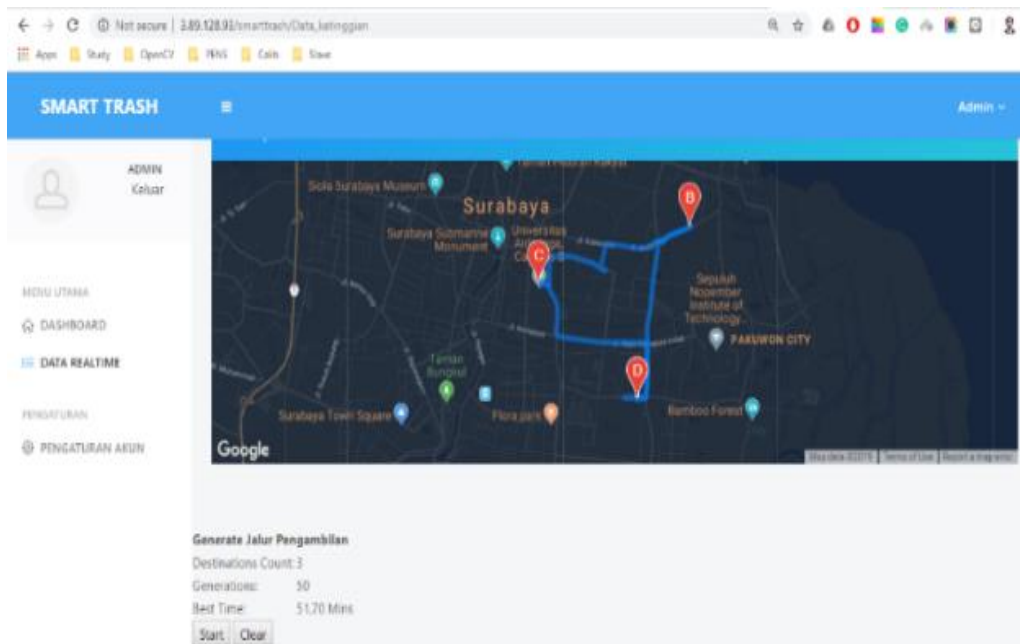
Pengujian jalur tercepat dilakukan dengan memberikan beberapa sampah pada peta. Gambar 11 (a) menunjukkan posisi tempat sampah di peta. Tempat sampah berwarna merah menandakan tempat sampah sudah penuh, dan tempat sampah berwarna hijau menandakan tempat sampah belum penuh. Kemudian Gambar 11 (b) menunjukkan hasil lintasan tercepat dengan menggunakan algoritma genetika menghasilkan lintasan dengan waktu 51,58 menit. Kemudian Gambar 11 (c) menunjukkan jalur tercepat yang dibuat menggunakan Google Maps untuk membandingkan hasil algoritma genetika dengan Google Maps. Jalur yang didapatkan sama, namun terdapat perbedaan waktu tempuh.



(a) Posisi Tempat Sampah (b) Jalur tercepat dengan GA (c) Jalur tercepat Google Maps  
Gambar 11. Hasil pengujian jalur tercepat dengan GA

| NO | LOKASI  | KETINGGIAN (%) | KETERANGAN | LOG                             |
|----|---------|----------------|------------|---------------------------------|
| 1  | Unair B | 86 %           | Penuh      | 05 Desember 2019 pukul 13:32:09 |
| 2  | Unair B | 82 %           | Penuh      | 05 Desember 2019 pukul 13:26:53 |
| 3  | Unair B | 63 %           | Aman       | 05 Desember 2019 pukul 13:20:40 |
| 4  | Unair B | 63 %           | Aman       | 05 Desember 2019 pukul 13:15:20 |
| 5  | Unair B | 63 %           | Aman       | 05 Desember 2019 pukul 13:10:01 |
| 6  | Unair B | 63 %           | Aman       | 05 Desember 2019 pukul 13:04:42 |
| 7  | Unair B | 63 %           | Aman       | 05 Desember 2019 pukul 12:59:22 |
| 8  | Unair B | 63 %           | Aman       | 05 Desember 2019 pukul 12:54:04 |
| 9  | Unair B | 27 %           | Aman       | 05 Desember 2019 pukul 12:53:02 |

Gambar 12. Tampilan Monitoring Volume Tempat Sampah



Gambar 13. Tampilan Jalur Tercepat pengambilan Tempat Sampah yang penuh

Gambar 12 menunjukkan tampilan monitoring tempat sampah yang ada. Selanjutnya, gambar 13 menunjukkan tampilan aplikasi untuk membuat jalur tercepat. Terdapat tombol start untuk mulai membuat jalur. Jalur yang dibuat hanya digunakan untuk tempat sampah yang sudah penuh, sedangkan tempat sampah yang belum penuh tidak dimasukkan dalam pembuatan jalur. Hasil percobaan lainnya ditunjukkan pada tabel 2. Dari hasil percobaan yang dilakukan, didapatkan hasil jalur yang dibuat sama antara google maps dengan algoritma genetika. Maka perbedaan waktu terbesar adalah 10 menit. Perbedaan waktu tersebut disebabkan oleh kondisi dinamis pada jalan yang dilalui. Misalnya pada pagi hari jalanan macet, sedangkan pada sore hari tidak terlalu macet.

Tabel 2. Hasil pengujian TSP

| NO | ROUTE                                     | TSP GA (MENIT) | GMAPS (MENIT) | ERROR (M) |
|----|---|----------------|---------------|-----------|
| 1  | Unair B – ITATS – Unair B                 | 37             | 30            | 7         |
| 2  | Unair B – ITATS – UMS – Unair B           | 52             | 42            | 10        |
| 3  | ITATS – UMS – Taman Bungkul – UPN - ITATS | 85             | 82            | 3         |

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut: Dengan menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04, sistem dapat menentukan volume sampah dengan kesalahan pembacaan sebesar 1,89%. Namun, nilai error tersebut dapat

kita kurangi dengan memasukkan parameter deviasi yang sesuai berdasarkan pengujian pada sensor. Sistem internet of things dengan metode HTTP dapat digunakan untuk memantau data volume sampah. API dari Google Maps dan Algoritma Genetika dapat digunakan untuk membuat jalur tercepat berdasarkan volume sampah dan jarak antar tempat sampah dengan selisih waktu antara TSP GA dan TSP Google Maps paling lama 10 menit.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] BPS, “Badan Pusat Statistik: Statistical Yearbook of Indonesia 2018, accessed: [www.bps.go.id](http://www.bps.go.id),” 2018.
- [2] Badan Pusat Statistik Indonesia, *Proyeksi Penduduk Indonesia Indonesia Population Projection 2010-2035*. 2013.
- [3] World Travel and Tourism Council, “Travel and Tourism: World Economic Impact 2019,” *Curr. Issues Tour.*, 2019.
- [4] E. Papargyropoulou, R. Lozano, J. K. Steinberger, N. Wright, and Z. Bin Ujang, “The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste,” *J. Clean. Prod.*, 2014, doi: 10.1016/j.jclepro.2014.04.020.
- [5] M. Xu, J. M. David, and S. H. Kim, “The fourth industrial revolution: Opportunities and challenges,” *Int. J. Financ. Res.*, 2018, doi: 10.5430/ijfr.v9n2p90.
- [6] L. Tan and N. Wang, “Future Internet: The Internet of Things,” 2010, doi: 10.1109/ICACTE.2010.5579543.
- [7] S. K. Candra, E. Susanto, and M. A. Murti, “Desain Dan Implementasi Wsn Pada Tempat Sampah Dalam Gedung Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Rf Modul Zigbee Dengan Topologi Cluster Tree Microtroller Based Design and Implementation of Wsn for Trash Bin in Building Using Zigbee Rf Modue With Cluster,” vol. 2, no. 2, pp. 1917–1924, 2015.
- [8] R. H. Putra, F. T. Kusuma, T. N. Damayanti, and D. N. Ramadan, “IoT: Smart garbage monitoring using android and real time database,” *Telkomnika (Telecommunication Comput. Electron. Control.*, vol. 17, no. 3, pp. 1483–1491, 2019, doi: 10.12928/TELKOMNIKA.V17I3.10121.
- [9] A. M. Kamal, S. H. Hemel, and M. U. Ahmad, “Comparison of Linear Displacement Measurements between A MemS Accelerometer and Hc-Sr04 Low-Cost Ultrasonic Sensor,” *1st Int. Conf. Adv. Sci. Eng. Robot. Technol. 2019, ICASERT 2019*, vol. 2019, no. Icasert, pp. 1–6, 2019, doi: 10.1109/ICASERT.2019.8934569.
- [10] ‘IDENTIFIKASI JENIS SAMPAH SECARA OTOMATIS MENGGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) | Setiawan | Smart Comp :Jurnalnya Orang Pintar Komputer’. <https://ejournal.poltektegal.ac.id/index.php/smartcomp/article/view/3596> (accessed Dec. 26, 2022).
- [11] M. F. Falah *et al.*, ‘Comparison of cloud computing providers for development of big data and internet of things application’, *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 22, no. 3, p. 1723, Jun. 2021, doi: 10.11591/ijeecs.v22.i3.pp1723-1730.
- [12] S. Usman, I. Winarno, and A. Sudarsono, ‘SDN-Based Network Intrusion Detection as DDoS defense system for Virtualization Environment’, *Emit. Int. J. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 2, pp. 252–267, Dec. 2021, doi: 10.24003/emitter.v9i2.616.