

Sistem Monitoring Ketinggian dan Berat Sampah pada Bak Penampungan Sampah

1st Selga Humam Gunawan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

selgaahg@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Porman Pangaribuan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

porman@telkomuniversity.ac.id

3rd Azam Zamhuri Fuadi.
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

azamzamhurifuadi@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penumpukan sampah di daerah aliran sungai masih sering terjadi. Hal tersebut terjadi dikarenakan oknum masyarakat yang menjadikan sekitar aliran sungai sebagai tempat pembuangan sampah. Pembersihan penumpukan sampah di daerah aliran sungai masih dilakukan secara manual oleh tenaga manusia. Selain itu, sering terjadi penumpukan sampah pada bak penampungan sampah karena petugas kebersihan yang terkadang telat untuk melakukan pengangkutan sampah. Untuk membantu meringankan masalah tersebut, dirancang sebuah sistem yang dapat melakukan monitoring pada bak penampungan sampah berbasis *Internet of Things*. Monitoring tersebut dapat menampilkan data ketinggian dan berat sampah yang ada di dalam bak pada *smartphone*. Sistem yang telah dirancang dapat melakukan monitoring pada jarak kurang lebih 200 meter dengan tingkat akurasi 100%.

Kata kunci— sampah, monitoring, ketinggian, berat, bak sampah, aplikasi

I. PENDAHULUAN

Sampah merupakan sisa padat atau semi padat dari kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam yang dianggap tidak berguna dan harus dibuang. Sampah terdiri dari zat organik atau anorganik yang dapat terurai atau tidak dapat terurai. Pencemaran pada air dan tanah ditimbulkan dari sampah-sampah yang tidak dapat terurai dan hal tersebut dapat menimbulkan masalah kesehatan dalam jangka waktu yang panjang. Hal tersebut menjadikan sampah sebagai salah satu permasalahan di seluruh negara.

Salah satu masalah mengenai sampah yang hingga saat ini masih terjadi ialah penumpukan sampah di daerah aliran sungai. Hal tersebut terjadi karena oknum masyarakat yang menjadikan sekitar aliran sungai sebagai tempat pembuangan sampah. Di kota besar masih sering terjadi penumpukan sampah di daerah aliran sungai, salah satunya di sungai Citarum Kabupaten Bandung. Citarum Harum merupakan salah satu program yang digagas Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman (Kemenuk Kemaritiman) untuk memulihkan kondisi sungai. [1]

Pembersihan penumpukan sampah di aliran sungai masih dilakukan secara manual oleh tenaga manusia. Pembersihan sampah pun tidak dapat dilakukan setiap saat dikarenakan tenaga manusia yang terbatas. [2] Hal tersebut dapat

menimbulkan masalah baru seperti terjadinya penumpukan sampah di aliran sungai. Dari penumpukan sampah yang terjadi di aliran sungai menciptakan lingkungan menjadi tidak sehat, munculnya aroma tidak sedap, dan sumber penyakit bagi manusia. Selain itu, sering terjadi penumpukan sampah pada bak penampungan sampah karena petugas kebersihan yang terkadang telat untuk melakukan pengangkutan sampah.

Sampah merupakan ancaman serius bagi manusia, karena dengan membuang sampah sembarangan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang juga menimbulkan masalah kesehatan manusia. Selama ini banyak orang yang malas membuang sampah karena membuang sampah harus membuka tutup tempat sampah yang kotor dan bau. [3] Masalah tersebut tentu tidak bisa dibiarkan begitu saja, perlunya sebuah penyelesaian dengan memanfaatkan teknologi yang sudah berkembang. Merancang alat yang dapat memonitor ketinggian dan berat sampah pada tempat pembuangan berbasis *Internet of Things* (IoT). Alat tersebut dapat memudahkan pengguna khususnya petugas kebersihan untuk memantau kondisi tempat penampungan sampah dari jarak jauh.

II. KAJIAN TEORI

A. Kondisi Limbah Sampah di Sungai

Sungai merupakan aliran air tawar yang menjadi salah satu sumber mata air bagi manusia. Tentunya, Keberlanjutan kualitas air dalam sungai sangat vital untuk kelangsungan ekosistem dan kesejahteraan masyarakat sekitarnya. Di beberapa tempat kualitas air sungai menurun yang salah satunya disebabkan oleh sampah. Penumpukan sampah yang terjadi di aliran sungai terjadi karena oknum masyarakat yang menjadikan sekitar aliran sungai sebagai tempat pembuangan sampah. Sungai Citarum yang berada di Kabupaten Bandung menjadi salah satu sungai yang kondisinya cukup memprihatinkan dikarenakan penumpukan sampah. Sungai Citarum dan tiga waduk besarnya, Saguling Cirata dan Juanda, yang juga dikenal sebagai Jatiluhur, memiliki peran yang sangat penting untuk masyarakat dari segi ekologi, ekonomi, dan sosial. Potensi vital ini diancam oleh penurunan kualitas air sungai karena tingkat pencemaran

yang meningkat telah melampaui kapasitas tampung sumber air. [4] Kawasan DAS Citarum memiliki 18 juta penduduk dan menghasilkan 15.838 ton sampah per hari, dengan sampah organik sebesar 55% dan plastik sebesar 15,35%. [5] Oleh sebab itu, masalah sampah di aliran sungai menjadi masalah yang sangat serius sehingga pemerintah mengadakan program Citarum Harum. Program tersebut diselenggarakan agar dapat mengembalikan kondisi sungai Citarum menjadi lebih bersih. Namun, program Citarum Harum belum efektif untuk mencapai hasil yang maksimal.

B. Wemos D1 Mini

Board mikrokontroler Wemos D1 Mini adalah versi paling rendah dengan memori 4 MB dan sudah terintegrasi dengan Wi-Fi. Versi paling tinggi jenis mikrokontroler ini ialah Wemos D1 R2. [6]



GAMBAR 1
Wemos D1 Mini

C. Ultrasonik HC-SR04



GAMBAR 2
Sensor Ultrasonik HC-SR04

Sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mendeteksi objek di depan dengan menggunakan gelombang ultrasonik. Sensor ini mengubah besaran fisis bunyi menjadi volume listrik. Sensor memancarkan gelombang suara dan dipantulkan oleh benda yang ada di depannya, kemudian ditangkap kembali dengan selisih waktu. Jarak antara gelombang suara yang dihasilkan dan yang diterima sebanding dengan jarak benda yang dipantulkannya. [7]

D. Sensor Load Cell



GAMBAR 3
Sensor Load Cell

Sensor beban ini biasanya digunakan untuk mengubah gaya atau beban menjadi tegangan listrik. Sensor beban memiliki strain gauge, komponen elektronika yang digunakan untuk mengukur tekanan, dan digunakan untuk

mengubah gaya atau beban menjadi perubahan tegangan listrik. [8]

E. Liquid Crystal Display (LCD)



GAMBAR 4
Liquid Crystal Display (LCD)

Jenis media tampil yang menggunakan kristal cair sebagai penampil utama disebut LCD yang merupakan kepanjangan dari Liquid Crystal Display. LCD biasanya digunakan dalam berbagai jenis alat elektronik, seperti komputer, televisi, dan kalkulator. [9]

F. Internet of Things (IoT)

Internet of Things adalah membuat segala hal yang ada di dunia terkoneksi ke dalam internet yang tersambung secara terus menerus. Internet of Things dapat mengontrol, mengirim data, dan dapat melakukan hal yang lain sesuai kebutuhan yang dapat dilakukan dengan jarak jauh dengan adanya internet. [10]

G. MIT App Inventor

MIT App Inventor ialah *platform* yang dapat digunakan untuk membuat aplikasi Android tanpa bahasa pemrograman, awal mulanya dikembangkan oleh Google, namun sekarang telah dikelola oleh Massachusetts Institute of Technology atau yang disebut juga MIT. [11]

III. METODE

Prototipe dapat diartikan sebagai proses pembuatan model sederhana yang memberikan fasilitas bagi pengembang dan pengguna untuk dapat melihat perancangannya dari sisi perangkat keras dan perangkat lunak agar dapat dikembangkan atau diproduksi. Pengembang dapat mengklarifikasikan kebutuhan dan interpretasinya terlebih dahulu sebelum dilakukan tahapan akhir dari perancangan sebuah sistem. [12] Sistem monitoring yang dirancang akan menggunakan bentuk prototipe pada implementasinya.

Hal pertama yang dilakukan adalah mengidentifikasi masalah yang sedang diteliti serta spesifikasi yang dibutuhkan untuk menemukan solusi yang tepat. Monitoring level ketinggian dan berat sampah pada bak sampah menjadi salah satu solusi yang dapat membantu meringankan permasalahan yang sedang diteliti. Kemudian digunakan sensor ultrasonik HC-SR04 sebagai pendeteksi level ketinggian sampah dan sensor *load cell* sebagai pendeteksi berat sampah pada bak penampungan sampah. Selanjutnya, mikrokontroler Wemos D1 Mini melakukan proses akuisisi data dan pengiriman data dari sensor ultrasonik HC-SR04 serta sensor *load cell* melalui jaringan internet. Catu daya yang digunakan untuk sumber tenaga listrik yaitu trafo jaring dengan tegangan 12 V dan arus 3 A -10 A. Setelah itu untuk proses pembacaan dan penyimpanan data dari sensor

ultrasonik HC-SR04 dan *load cell* pada TPS digunakan *platform* IoT Firebase. Tahap terakhir yaitu merancang aplikasi monitoring menggunakan MIT App Inventor pada *smartphone* yang dapat menampilkan level ketinggian sampah di dalam bak penampungan sampah secara *real-time*.

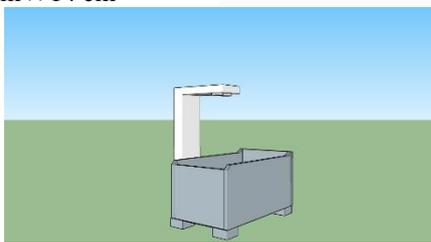
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bak penampungan sampah dibuat dalam bentuk prototipe dengan ketinggian 15 cm. Sensor ultrasonik HC-SR04 dipasang di atas bak penampungan sampah pada ketinggian 30 cm dari dasar bak tersebut. Di bagian bawah bak penampung sampah terdapat sensor *load cell* yang berfungsi untuk mengukur berat sampah. Pada bagian samping di dekat bak penampungan sampah diletakkan mikrokontroler, catu daya, serta komponen pendukung lainnya. Terdapat buzzer pada bagian sistem, buzzer akan aktif ketika sensor ultrasonik HC-SR04 sedang membaca ketinggian sampah pada bak penampungan sampah.

A. Implementasi

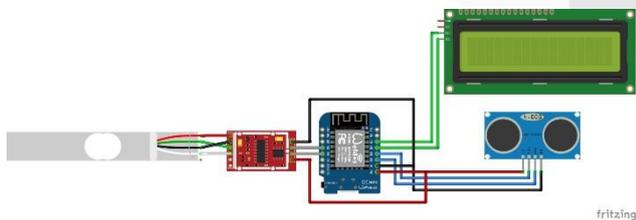
Pada perancangan sistem monitoring ini ada beberapa proses yang dilakukan yaitu input berupa sampah masuk ke dalam bak penampungan sampah, pembacaan data berat dan ketinggian sampah oleh sensor, dan pengiriman data melalui *platform* IoT yang akan ditampilkan pada aplikasi.

Rancangan desain sistem dengan menempatkan sensor ultrasonik HC-SR04 di ketinggian 30 cm menghadap ke arah bak penampungan sampah. Sensor *load cell* diletakkan di bawah bak. Bak penampungan dirancang dengan ukuran 30 cm x 15 cm x 14 cm



GAMBAR 1 Rancangan Desain Sistem

Pada skema rangkaian digunakan satu mikrokontroler Wemos D1 Mini dengan dua sensor sebagai input yaitu sensor ultrasonik HC-SR04 dan sensor *load cell*. Outputnya ditampilkan di aplikasi *smartphone* dan LCD I2C.



GAMBAR 2 Skema Rangkaian

Berikut adalah flowchart cara kerja sistem monitoring ketinggian dan berat sampah pada bak penampungan sampah.



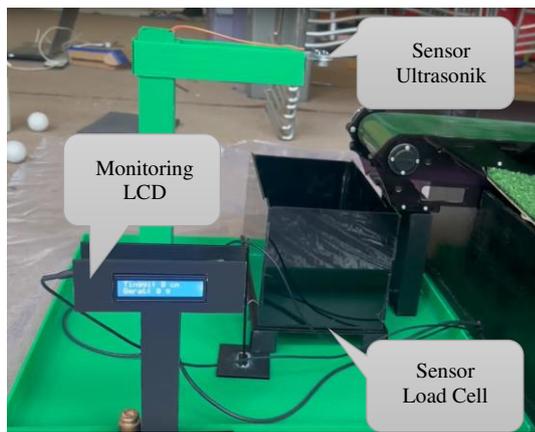
GAMBAR 3 Flowchart Monitoring Ketinggian Sampah

Pembuatan desain aplikasi monitoring menggunakan MIT App Inventor. Aplikasi monitoring terintegrasi dengan *platform* IoT Firebase yang menyimpan data pembacaan dari kedua sensor.



GAMBAR 4 Display Aplikasi Monitoring pada Ponsel

Berikut adalah hasil akhir rancangan prototipe monitoring ketinggian dan berat sampah di bak penampungan sampah.



GAMBAR 5
Hasil Integrasi Akhir Sistem

B. Uji Jarak Jangkauan IoT

Pengujian jarak jangkauan IoT dilakukan untuk mengamati kesamaan angka yang ditangkap oleh sensor ultrasonik dan sensor *load cell* dengan tampilan pada aplikasi. Setelah seluruh tahap pengujian telah dilakukan, data angka level ketinggian dan berat sampah yang terbaca oleh sensor yang terpasang pada bak penampungan sampah akan ditampilkan pada aplikasi MIT App Inventor.

TABEL 1
Pengujian Jarak Jangkauan IoT

| Percobaan ke- | Jarak (m) | Keterangan |
|---------------|-----------|------------|
| 1 | 1 | Terhubung |
| 2 | 40,86 | Terhubung |
| 3 | 93,12 | Terhubung |
| 4 | 131,08 | Terhubung |
| 5 | 191,95 | Terhubung |
| 6 | 206,37 | Terhubung |
| 7 | 228,57 | Terhubung |
| 8 | 220,74 | Terhubung |

C. Uji Monitoring Berat Sampah

Pengujian monitoring berat sampah dilakukan untuk membandingkan data berat sampah secara *real* dengan yang ditampilkan pada *platform* IoT Firebase. Hasil pengujian monitoring dengan lima kali percobaan menunjukkan tingkat akurasi hasil pengujian adalah 100%. Untuk mendapatkan angka tingkat akurasi dari pengujian, maka digunakan beberapa rumus mulai dari mencari persentase error hingga rata-rata error yang kemudian dimasukkan ke dalam rumus.

$$\% \text{ Error} = \frac{\text{Actual Value} - \text{Read Value}}{\text{Actual Value}} \times 100\% \quad (1)$$

Rumus mencari rata-rata error yaitu:

$$\% \text{ Average Error} = \frac{\sum \text{Testing Error}}{\text{Number Test}} \times 100\% \quad (2)$$

Sehingga didapatkan rumus untuk mencari persentase akurasi yaitu:

$$\% \text{ Accuracy Error} = 100\% - \text{Error Tinggi} \quad (3)$$

TABEL 2
Pengujian Monitoring Berat Sampah

| Percobaan ke - | Berat Sampah Secara Real (kg) | Berat Sampah pada Platform IoT (kg) | Akurasi (%) | Keterangan |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------|------------|
| 1 | 0,05 | 0,05 | 100 | Sesuai |
| 2 | 0,1 | 0,1 | 100 | Sesuai |
| 3 | 0,2 | 0,2 | 100 | Sesuai |
| 4 | 0,5 | 0,5 | 100 | Sesuai |
| 5 | 1 | 1 | 100 | Sesuai |
| Rata-rata | | | 100 | - |
| Akurasi | | | 100 | - |

D. Uji Monitoring Ketinggian Sampah

Pengujian monitoring ketinggian sampah dilakukan untuk membandingkan data ketinggian sampah yang sebenarnya dengan data yang ditampilkan pada *platform* IoT Firebase. Hasil perbandingan data tersebut memiliki tingkat akurasi sebesar 100% dengan rumus yang sama dengan pengujian monitoring berat sampah.

TABEL 3
Pengujian Monitoring Ketinggi Sampah

| Percobaan ke - | Ketinggian Sampah Secara Real (cm) | Ketinggian Sampah pada Platform IoT (cm) | Error (%) | Keterangan |
|----------------|------------------------------------|--|-----------|------------|
| 1 | 0 | 0 | 0 | Sesuai |
| 2 | 1 | 1 | 0 | Sesuai |
| 3 | 2 | 2 | 0 | Sesuai |
| 4 | 4 | 4 | 0 | Sesuai |
| 5 | 7 | 7 | 0 | Sesuai |
| 6 | 9 | 9 | 0 | Sesuai |
| 7 | 11 | 11 | 0 | Sesuai |
| 8 | 15 | 15 | 0 | Sesuai |
| 9 | 16 | 16 | 0 | Sesuai |
| 10 | 20 | 20 | 0 | Sesuai |
| Rata-rata | | | 0 | - |
| Akurasi | | | 100 | - |

V. KESIMPULAN

Dari hasil perancangan sistem monitoring yang telah dibuat, prototipe monitoring ketinggian dan berat sampah pada bak penampungan sampah dapat terintegrasi satu sama lain dengan baik. Sistem ini mengintegrasikan sensor *load cell* untuk mengukur berat sampah dan sensor ultrasonik untuk mengukur ketinggian sampah. Kedua sensor tersebut sudah cukup memenuhi kebutuhan sistem untuk monitoring kondisi sampah pada bak penampungan sampah. Selanjutnya hasil pembacaan data oleh kedua sensor dikirimkan dari mikrokontroler Wemos D1 Mini menuju *platform* IoT Firebase dan ditampilkan pada aplikasi *smartphone*. Performansi aplikasi monitoring dapat berjalan dengan baik dan dapat digunakan pada jarak jauh yaitu di atas 200 meter selama terkoneksi dengan jaringan internet yang stabil. Tingkat akurasi pembacaan sensor ultrasonik dan sensor *load cell* ialah 100%, sehingga hasil akhir integrasi memiliki tingkat *error* yang minim.

REFERENSI

- [1] D. N. Hayati, "Lewat 'Citarum Harum', Pemprov Jabar Harapkan Dapat Turunkan Emisi Gas CO₂ di Indonesia," 2 November 2021.
- [2] H. Mukhtar, D. Perdana, P. Sukarno, dan A. Mulyana, "Sistem Pemantauan Kapasitas Sampah Berbasis IoT (SiKaSiT) untuk Pencegahan Banjir di Wilayah Sungai Citarum Bojongsoang Kabupaten Bandung," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 21, no. 1, hlm. 56–67, 2020.
- [3] K. Fatmawati, E. Sabna, dan Y. Irawan, "Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Menggunakan Sensor Jarak Berbasis Mikrokontroler Arduino," *Riau Journal Of Computer Science*, vol. 6, no. 2, hlm. 124–134, 2020.
- [4] N. T. Bukit dan I. A. Yusuf, "Beban pencemaran limbah industri dan status kualitas air sungai citarum," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 3, no. 2, hlm. 98–106, 2002.
- [5] "SAMPAH DAS CITARUM CAPAI 15.838 TON/HARI," *Citarum Harum Juara*, 26 Oktober 2021. <https://citarumharum.jabarprov.go.id/sampah-das-citarum-capai-15-838-ton-hari/#:~:text=Dengan%20jumlah%20tersebut%2C%20timbulan%20sampah%20di%20Kawasan%20DAS,sangat%20penting%20baik%20bagi%20lingkungan%20maupun%20bagi%20masyarakat.> (diakses 17 Agustus 2023).
- [6] Admin_AlfStudio, "Wemos D1 Mini," 19 Agustus 2021. <https://www.teknikelektro.com/2021/08/wemos-d1-mini-adalah.html> (diakses 24 Juli 2023).
- [7] M. Safitri, F. Faridi, dan M. R. Zulfian, "Aplikasi Smart Trash Bin Monitoring System Berbasis Internet of Things (IOT)," *JIKA (Jurnal Informatika) Universitas Muhammadiyah Tangerang*, Okt 2021.
- [8] F. A. Rahman, J. R. Simanjuntak, E. Simanjuntak, P. Pangaribuan, dan W. A. Cahyadi, "Sistem Otomatisasi Pengisian Beras dan Air pada Penanak Nasi Berbasis Internet of Things," *Jurnal EECCIS (Electrics, Electronics, Communications, Controls, Informatics, Systems)*, vol. 14, no. 2, hlm. 68–72, Agu 2020, doi: 10.21776/jeeccis.v14i2.641.
- [9] T. D. Hakim dan Y. P. Munthe, "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Sensor Jarak Berbasis Mikrokontroler Pada Tempat Sampah," *Jurnal elektro*, vol. 10, no. 1, hlm. 1–10, 2022.
- [10] J. R. Simanjuntak, P. Pangaribuan, dan W. A. Cahyadi, "Pembuatan Antarmuka Aplikasi Pengatur Massa Beras Dan Volume Air Untuk Penanak Nasi Berbasis IoT," *eProceedings of Engineering*, vol. 7, no. 2, 2020.
- [11] Y. Febryanti, F. M. Wibowo, dan A. Zafia, "Sistem Monitoring Tempat Sampah Pintar Di Pusat Penelitian Konservasi Tumbuhan Dan Kebun Raya-Lipi," *INISTA (Journal of Informatics Information System Software Engineering and Applications)*, vol. 4, no. 1, hlm. 81–90, 2021.
- [12] M. Yunus, "Rancang Bangun Prototipe Tempat Sampah Pintar Pemilah Sampah Organik Dan Anorganik Menggunakan Arduino," *Proceeding STIMA*, vol. 1, no. 1, hlm. 340–343, 2018.