

Integrasi Sensor Loadcell dan Ultrasonik untuk Pemantauan Berat dan Kapasitas Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT

1st Erwin Alfandi

Telecommunications Engineering
Telkom University
Jakarta, Indonesia

erwinalfandi@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Kamelia Quzwain

Telecommunications Engineering
Telkom University
Jakarta, Indonesia

kquzwain@telkomuniversity.ac.id

3rd Yudiansyah

Telecommunications Engineering
Telkom University
Jakarta, Indonesia

yudiansyah@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Pemantauan kapasitas dan berat sampah secara akurat menjadi faktor penting dalam mendukung pengelolaan limbah yang efisien. Penelitian ini mengembangkan sistem pemantauan berbasis Internet of Things (IoT) dengan memanfaatkan sensor loadcell untuk mengukur berat dan sensor ultrasonik untuk mendeteksi kapasitas tempat sampah. Data hasil pengukuran dikirim secara real-time ke Firebase dan divisualisasikan melalui aplikasi Android. Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu memberikan informasi keterisian dan beban secara tepat, serta mengirimkan notifikasi ketika kapasitas mendekati penuh. Integrasi kedua sensor ini terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi pemantauan dan membantu optimalisasi pengosongan tempat sampah.

Kata kunci : Internet of Things, loadcell, sensor ultrasonik, kapasitas sampah, berat sampah.

I. PENDAHULUAN

Pengelolaan sampah telah menjadi masalah besar di banyak negara, termasuk Indonesia. Volume sampah terus meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan aktivitas konsumsi. Dalam situasi seperti ini, sulit untuk menjaga lingkungan bersih, menghindari pencemaran, dan memastikan proses daur ulang berjalan lancar[1]. Keterbatasan data tentang kapasitas dan berat isi tempat sampah adalah hambatan utama dalam pengelolaan sampah, yang sering menyebabkan keterlambatan dalam pengosongan dan penumpukan sampah berlebih[2].

Teknologi yang dapat berfungsi secara andal dan berkesinambungan diperlukan untuk pengelolaan limbah yang efektif. Penggunaan perangkat IoT di tempat sampah pintar untuk memantau tingkat isi dan berat sampah secara real-time adalah salah satu metode yang berkembang[3]. Dengan bantuan IoT, proses pemantauan dapat dilakukan secara otomatis melalui integrasi sensor dan sistem komunikasi data.

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang dan memaparkan ide untuk sistem pemantauan berat dan kapasitas tempat sampah berbasis Internet of Things (IoT) yang menggabungkan sensor load cell dan ultrasonik. Sistem ini diharapkan dapat memberikan informasi keterisian yang akurat, membantu dalam pengambilan keputusan tentang penjadwalan pengosongan, dan meningkatkan efisiensi

operasional pengelolaan sampah, khususnya di lingkungan perkantoran dan kampus.

II. KAJIAN TEORI

A. Internet of Things (IoT)

Perangkat fisik seperti sensor dan mikrokontroler dapat terhubung satu sama lain dan bertukar data melalui jaringan internet tanpa interaksi manual karena Internet of Things (IoT)[4]. Dalam pengelolaan sampah, IoT membantu pengelola mengoptimalkan pengumpulan dan pengosongan dengan memberikan informasi tentang status tempat sampah secara real-time menggunakan sensor load cell dan ultrasonik yang dikoneksikan ke *Firestore* dan antarmuka aplikasi Android untuk memantau berat dan kapasitas sampah secara efisien

B. ESP8266

Melalui integrasi dengan mikrokontroler ESP8266, penggunaan sensor load cell untuk pengukuran berat dan sensor ultrasonik untuk deteksi kapasitas dapat dioptimalkan. ESP8266 berfungsi sebagai pengendali utama sekaligus modul komunikasi nirkabel, yang mengirimkan data hasil pembacaan sensor ke basis data cloud seperti *Firestore*. Kelebihan ESP8266 termasuk konsumsi daya yang rendah, kompatibilitas yang kuat dengan platform IoT lainnya, dan konektivitas Wi-Fi[5]. Melalui aplikasi, sistem ini memungkinkan pemantauan kondisi tempat sampah secara real-time dengan informasi tentang tingkat kepenruhan dan beban. Ini membantu pengelola membuat keputusan penjadwalan pengosongan yang tepat.

C. Sensor Load Cell

Load cell mengubah gaya mekanis menjadi sinyal listrik dengan menggunakan perubahan resistansi pada strain gauge[6]. Sensor ini dipasang di bawah wadah tempat sampah pintar untuk mengukur berat sampah dengan tepat. Data berat membantu menjaga keamanan struktural sistem dan merencanakan jadwal pengosongan.

D. Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik seperti HC-SR04 memancarkan gelombang suara frekuensi tinggi dan mengukur waktu pantulan kembali dari permukaan sampah[2]. Ini dapat secara *real-time* menghitung ketinggian atau persentase keterisian tempat sampah, membantu mendeteksi status "penuh" secara otomatis.

E. Kombinasi Load Cell dan Ultrasonik (Konsep Complementary)

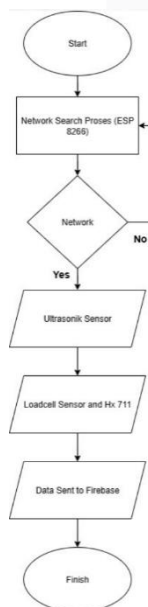
Pendekatan komplementer untuk pengelolaan sampah yang menggabungkan sensor load cell dan ultrasonik. Teknologi ini dapat digunakan bersama dengan mikrokontroler ESP32, database cloud Firebase, dan bagian pendukung lainnya, seperti sensor gas untuk deteksi lingkungan dan servo motor untuk kontrol otomatis. Ini menghasilkan sistem monitoring menyeluruh untuk area publik. Sinergi antara parameter berat dan kapasitas menghasilkan informasi multidimensi yang memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat dan respons yang lebih cepat terhadap kondisi operasional tempat sampah.

III. METODE

A. Desain Penelitian

Pendekatan perancangan dan pengujian prototipe digunakan sebagai metode eksperimen dalam penelitian ini. Tujuan utama adalah membuat sistem yang menggunakan mikrokontroler ESP8266 untuk memantau berat dan kapasitas tempat sampah secara *real-time*. Data dikumpulkan melalui sensor load cell untuk berat dan sensor ultrasonik untuk kapasitas, yang kemudian diproses oleh mikrokontroler dan ditampilkan pada media pemantauan.

B. Alur Penelitian

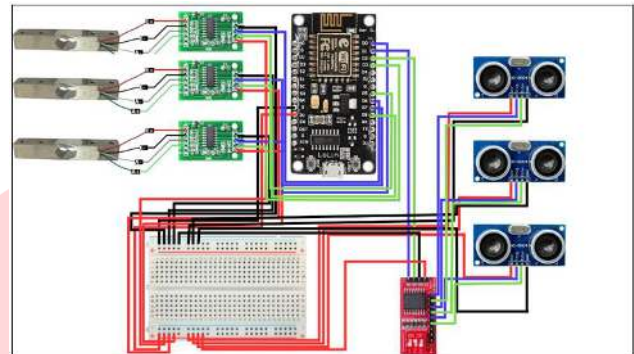


GAMBAR 2 Flowcart Sistem

Alur kerja sistem pada Gambar 1 pemantauan berat dan kapasitas tempat sampah berbasis mikrokontroler ESP8266 digambarkan dalam diagram flowchart. Ketika sistem diaktifkan, ESP8266 memulai proses dengan mencari jaringan nirkabel untuk memastikan bahwa itu terhubung. Sistem akan mengulang proses pencarian hingga koneksi

jaringan berhasil. Sensor ultrasonik mengukur kapasitas terisi dengan mengukur jarak antara permukaan sampah dan sensor setelah terhubung ke jaringan. Selanjutnya, sensor beban sel yang terhubung ke modul HX711 mengukur berat sampah secara akurat. Selanjutnya, data dari kedua sensor dikirim ke basis data Firebase agar dapat dipantau secara *real-time*. Setelah data dikirim, sistem kembali ke proses pemantauan berikutnya pada interval yang telah ditetapkan.

C. Skema Sistem



GAMBAR 1 Skema Sistem

Gambar 2 menunjukkan rangkaian sistem pemantauan berat dan kapasitas tempat sampah berbasis ESP8266 yang menggabungkan sensor beban sel dan sensor ultrasonik. Tiga beban sel terhubung ke modul HX711 sebagai konverter sinyal dan kemudian disambungkan ke mikrokontroler ESP8266 untuk menghitung nilai berat. Sebaliknya, tiga sensor ultrasonik HC-SR04 digunakan untuk mengukur tinggi atau jarak sampah di dalam wadah. Sensor ini dihubungkan ke modul ekspansi I/O (PCF8574) sebelum masuk ke ESP8266, yang memungkinkan pengelolaan yang efektif dari berbagai sensor. Breadboard digunakan sebagai media distribusi daya dan jalur sinyal untuk menghubungkan semua komponen. Rangkaian ini dimaksudkan untuk mengumpulkan data kapasitas dan berat secara bersamaan. Setelah itu, data tersebut dapat diproses dan dikirim ke ESP8266 untuk pemantauan tambahan.

D. Metode Pengukuran Akurasi Sistem

Metode pengukuran akurasi sistem digunakan untuk menilai sejauh mana hasil pembacaan sensor sesuai dengan nilai sebenarnya. Pada penelitian ini, data yang dihasilkan oleh sensor load cell dan sensor ultrasonik dibandingkan dengan alat ukur yang sangat presisi [8]. Tujuan dari proses ini adalah untuk memastikan bahwa sistem dapat memberikan informasi berat dan kapasitas secara tepat, sehingga data yang dihasilkan dapat diandalkan untuk membantu mengelola tempat sampah dengan baik, untuk menghitung akurasi pengukuran beban diperlukan Langkah perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Rata - rata hasil} = \frac{\text{Hasil 1} + \text{Hasil 2} + \text{Hasil 3}}{3} \quad (1)$$

Kemudian setelah menemukan nilai dari rata-rata hasil sesuai dengan perhitungan (1) maka selanjutnya :

$$\text{Rata - rata keberhasilan} = \frac{\text{Rata-rata hasil}}{\text{Beban sebenarnya}} \times 100\% \quad (2)$$

Sedangkan Error (%) :

$$\text{Error} = 100\% - \text{Rata-rata keberhasilan} \quad (3)$$

Selanjutnya dalam upaya memantau kapasitas tempat sampah, digunakan metode konversi data ketinggian partisi terdeteksi menjadi persentase kapasitas terisi. Prinsipnya, semakin kecil tinggi ruang kosong yang terdeteksi oleh sensor, maka semakin besar nilai kapasitas terisi, sehingga kondisi tempat sampah dapat dipantau secara real time dan akurat. Perhitungan ini penting agar sistem dapat mengklasifikasikan status tempat sampah, Perhitungan dilakukan dengan rumus[9]

$$\text{Presentase Kapasitas} = \frac{\text{Tinggi Total} - \text{Tinggi Terukur}}{\text{Tinggi Total}} \times 100\% \quad (4)$$

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Akurasi Sensor Beban

Kemampuan sistem untuk mendeteksi berat dan kapasitas terisi melalui cell load dan ultrasonik adalah fokus pengujian. Parameter ini dipilih karena keduanya memiliki peran penting dalam menentukan kondisi tempat sampah saat ini. Kondisi ini dapat digunakan sebagai referensi untuk proses pengambilan keputusan mengenai pengosongan dan pengelolaan sampah yang efektif. Hasil disajikan dalam bentuk deskripsi data dan analisis hubungan beban-kapasitas untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang kinerja sistem, pada pengujian loadcell pada setiap jenis sampah penelitian ini mempertimbangkan tingkat keberhasilan dan eror seperti pada tabel berikut:

TABEL 1. Sensor Beban Sampah Logam

No	Nama Benda	Beban Aktual (g)	Hasil 1 (g)	Hasil 2 (g)	Hasil 3 (g)	Rata-rata Keberhasilan (%)	Error (%)
1	Kaleng cat	136	136.20	136.26	135.95	99.875%	0.125 %
2	Kaleng minum	60	60.23	60.22	60.16	99.661%	0.339 %
3	Sendo k	30	30.12	30.02	30.10	99.733%	0.267 %
4	Engsel pintu	88	88.12	88.08	88.02	99.917%	0.083 %
5	obeng	62	62.34	62.32	62.17	99.554%	0.446 %

Berdasarkan Tabel 1 yang menunjukkan hasil pengujian sensor beban sampah logam menunjukkan bahwa sistem loadcell dengan HX711 memiliki performa yang sangat baik dengan tingkat akurasi di atas 99% dan error rate di bawah 0,5%. Sistem menunjukkan konsistensi pengukuran yang tinggi pada berbagai rentang berat, dari benda ringan hingga berat.

TABEL 2. Sensor Beban Sampah Organik

No	Nama Benda	Beban Aktual (g)	Hasil 1 (g)	Hasil 2 (g)	Hasil 3 (g)	Rata-rata Keberhasilan (%)	Error (%)
1	Buah pir	106	106.29	106.32	106.15	99.764%	0.236 %
2	Daun kering	50	50.22	50.32	50.65	99.21%	0.79%
3	sawi	125	125.08	125.32	124.93	99.88%	0.12%
4	kertas	27	27.57	27.82	26.56	97.74%	2.26%
5	Tulang ayam	15	14.32	16.31	15.23	95.07%	4.93%

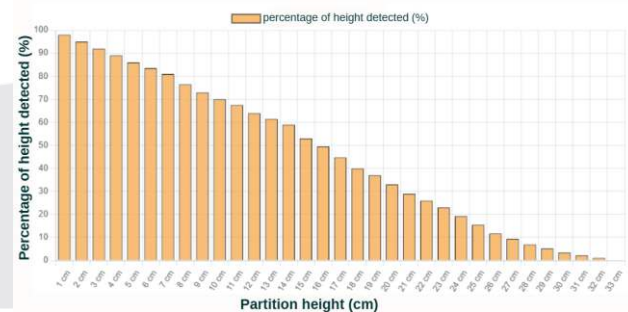
Berdasarkan Tabel 2 yang menunjukkan hasil pengujian terhadap berbagai jenis sampah organik menggunakan sensor beban, diperoleh tingkat keberhasilan yang relatif tinggi dengan rata-rata di atas 95%. Selisih antara hasil pembacaan sensor dengan beban sebenarnya menunjukkan bahwa sensor memiliki akurasi yang cukup baik, meskipun terdapat sedikit fluktuasi pada beberapa jenis sampah seperti tulang ayam dan kertas. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh kabel yang tersambung pada loadcell dan modul hx711, bentuk, tekstur, atau distribusi massa dari masing-masing objek yang mempengaruhi titik tumpu pada sensor. Secara keseluruhan, sistem menunjukkan performa yang layak dalam mendeteksi beban sampah organik secara otomatis.

TABEL 3. Sensor Beban Sampah Anorganik

No	Nama Benda	Beban Aktual (g)	Hasil 1 (g)	Hasil 2 (g)	Hasil 3 (g)	Rata-rata Keberhasilan (%)	Error (%)
1	Gelas minum plastik	90	91.10	90.05	91	99.204%	0.796 %
2	Bungkus makanan	64	64.2	64.37	64.17	99.615%	0.385 %
3	Kabel bekas	92	92.98	93.22	92.03	99.192%	0.808 %
4	Lap	42	41.23	41.04	41.04	97.865%	2.135 %
5	Kaset	16	15.48	17.04	16.23	96.271%	3.729 %

Berdasarkan Tabel 3 yang menunjukkan pengujian sensor beban terhadap berbagai jenis sampah non-organik menunjukkan performa yang cukup akurat dengan tingkat keberhasilan umumnya berada di atas 96% jika mengacu pada OIML R 60-1. Jenis sampah seperti gelas plastik, bungkus makanan, dan kabel bekas menunjukkan deviasi kecil antara hasil pengukuran sensor dengan berat sebenarnya, menandakan konsistensi pembacaan yang baik.

B. Hasil Konversi Jarak



GAMBAR 3 Presentase Tinggi Partisi Terdeteksi Ultrasonik

Pada grafik tersebut, proses konversi antara tinggi sekat (partition height) dan persentase tinggi yang terdeteksi memperlihatkan tren penurunan yang jelas. Semakin besar tinggi yang terbaca oleh ultrasonik, semakin rendah persentase tinggi yang berhasil dideteksi oleh sistem. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan sampah secara langsung memengaruhi konversi data tinggi yang terukur seperti yang terlihat pada Gambar 3

V. KESIMPULAN

Hasil perancangan dan pengujian menunjukkan bahwa sistem pemantauan berat dan kapasitas tempat sampah berbasis ESP8266 dengan integrasi sensor load cell dan ultrasonik mampu memberikan informasi kondisi wadah secara *real-time* dengan tingkat ketelitian yang cukup. Load cell memberikan data kuantitatif terkait beban, sedangkan sensor ultrasonik memberikan informasi tentang ketinggian atau kapasitas terisi. Hasil pengukuran yang sesuai dengan nilai acuan menunjukkan bahwa sistem dapat diandalkan untuk mengurangi inspeksi manual, mengurangi beban yang berlebihan, dan mengoptimalkan jadwal pengosongan. Oleh karena itu, tujuan penelitian tercapai dengan merancang sistem yang dapat memantau berat dan kapasitas secara bersamaan. Selain itu, ini juga akan membantu menyelesaikan masalah yang dibahas mengenai efisiensi dan akurasi pengelolaan sampah..

REFERENSI

- [1] K. A. Verryando, R. J. Iskandar, A. Yulius, and A. Putra, "Implementasi Sensor Ultrasonik Pada Tempat Sampah Pintar Berbasis Iot."
- [2] T. Gunawan, E. Hernawati, and B. R. Aditya, "IoT-Based Waste Height and Weight Monitoring System," *Journal of Computer Science*, vol. 17, no. 11, pp. 1085–1092, 2021, doi: 10.3844/JCSSP.2021.1085.1092.
- [3] A. Adrian and M. Saleh, "Optimization of trash bin usage based on Internet of Things (IoT)," *Computers, and Electricals Engineering Journal (TELECTRICAL)*, vol. 2, no. 1, pp. 52–64, 2024, doi: 10.26418/telectrical.v2i1.77615.
- [4] A. Pemantauan Tong Sampah berasaskan, F. Hamizah Jailani, H. Kamaludin, and F. Sains Komputer dan Teknologi Maklumat, "IoT-based Garbage Bin Monitoring Application using Ultrasonic Sensor," *Applied Information Technology And Computer Science*, vol. 2, no. 2, pp. 1141–1157, 2021, doi: 10.30880/aitcs.2021.02.02.071.
- [5] "Development of IoT based Garbage Management System using NodeMCU." [Online]. Available: www.ijeat.org
- [6] N. Azman, M. A. Wibowo, and R. A. S. Kusumoputro, "Touchless Recycle Bin Internet Of Things To Preventing Germs Spread And Real-Time Integrated Waste Management", [Online]. Available: www.ijstr.org
- [7] A. Rahman and M. Nawawi, "Perbandingan Nilai Ukur Sensor Load Cell pada Alat Penyortir Buah Otomatis terhadap Timbangan Manual."
- [8] P. Estu Broto, J. Fisika, and U. Islam Negeri Alauddin Makassar, "Perbandingan Persentase Kesalahan Sensor Sonar Pengukur Jarak Berbasis Hc-Sr04 Dan Hy-Srf05," vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2024, [Online]. Available: <http://journal.uin-alauddin.ac.id/index.php/sainfis>

