



Digitalisasi sistem *monitoring* sampah rumahan berbasis *Internet of Things*

Mochamad Sonda Nur Pasha^{1*}, Tata Supriyadi², Rifa Hanifatunnisa³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung
Jalan Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kecamatan Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Indonesia
^{1*}nurpasha2711@gmail.com, ²tata.supriyadi@polban.ac.id, ³rifahani@polban.ac.id

ABSTRAK

Pengelolaan sampah yang baik menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi terciptanya lingkungan bersih dan sehat. Disamping itu, dikala pandemi Covid-19 ini banyak sekali masyarakat menjadi korban salah satunya adalah berkurangnya mata pencaharian dan kehilangan pekerjaan. Penelitian ini bertujuan untuk membuat digitalisasi sistem *monitoring* sampah rumahan berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat mencegah terjadinya tempat sampah *overload* dan menjadikan sampah bernilai ekonomis sehingga menjadi mata pencaharian tambahan bagi masyarakat. Perancangan sistem ini menggunakan modul mikrokontroler Arduino Mega, sensor infrared, sensor induktif *proximity*, modul HX711, sensor *load cell*, dan NodeMCU untuk mengirim data melalui *local server*. Hasil dari alat yang dimana sensor *loadcell* untuk sampah logam memiliki rata-rata kesalahan sebesar 2,89% dan rata-rata selisih dengan timbangan konvensional sebesar 0,83 gram, sedangkan sensor *load cell* untuk sampah non logam memiliki rata-rata kesalahan sebesar 2,47% dengan rata-rata selisih berat dengan timbangan konvensional sebesar 0,9 gram. Pengujian pada perangkat lunak dan perangkat keras dapat beroperasi dengan baik dan sesuai dengan perencanaan sehingga data pengujian dari perangkat keras dapat didokumentasikan di perangkat lunak secara digital.

Kata kunci: tempat sampah, *inductive proximity*, *infrared proximity*, *load cell*, *Internet of Things*

ABSTRACT

Good waste management is one of the factors that influence the creation of a clean and healthy environment. In addition, during the Covid-19 pandemic, many people became victims, one of which was reduced livelihoods and lost their jobs. This study aims to digitize the Internet of Things (IoT) based household waste monitoring system that can prevent the occurrence of overloaded bins and make waste economically valuable so that it becomes an additional livelihood for the community. This system design uses Arduino Mega microcontroller module, infrared sensor, inductive proximity sensor, HX711 module, load cell sensor, and NodeMCU to send data via local server. The results of the tool where the loadcell sensor for metal waste has an average error of 2.89% and the average difference with conventional scales is 0.83 grams, while the load cell sensor for non-metallic waste has an average error of 2.47 % with an average difference in weight with conventional scales of 0.9 grams. Tests on software and hardware can operate properly and according to the plan so that test data from hardware can be documented in software digitally.

Keywords: trash bin, *inductive proximity*, *infrared proximity*, *load cell*, *Internet of Things*

1. PENDAHULUAN

Selama ini, pengelolaan sampah di lingkungan masyarakat tidak terkelola dengan baik. Banyak sekali sampah yang sudah menumpuk pada tempat sampah dan menyebabkan bau serta lingkungan yang tidak sehat dan bersih. Terlebih banyak masyarakat yang memiliki kesadaran rendah untuk membuang sampah pada tempatnya. Sampah-sampah kerap dibuang sembarangan oleh masyarakat yang dapat mencemari lingkungan terlebih sampah anorganik seperti sampah botol plastik yang sulit terurai [1]. Di sisi lain, pada saat terjadi pandemi Covid-19 banyak sekali yang dirugikan misalkan masyarakat yang mengalami kehilangan pekerjaannya. Hal ini berdampak pada menurunnya produktifitas masyarakat sehingga diperlukan sektor ekonomi alternatif agar masyarakat dapat tetap mendapatkan penghasilan yang layak. Salah satu solusi yang dapat ditawarkan adalah dengan memanfaatkan sampah untuk dijadikan nilai rupiah atau biasa disebut bank sampah.

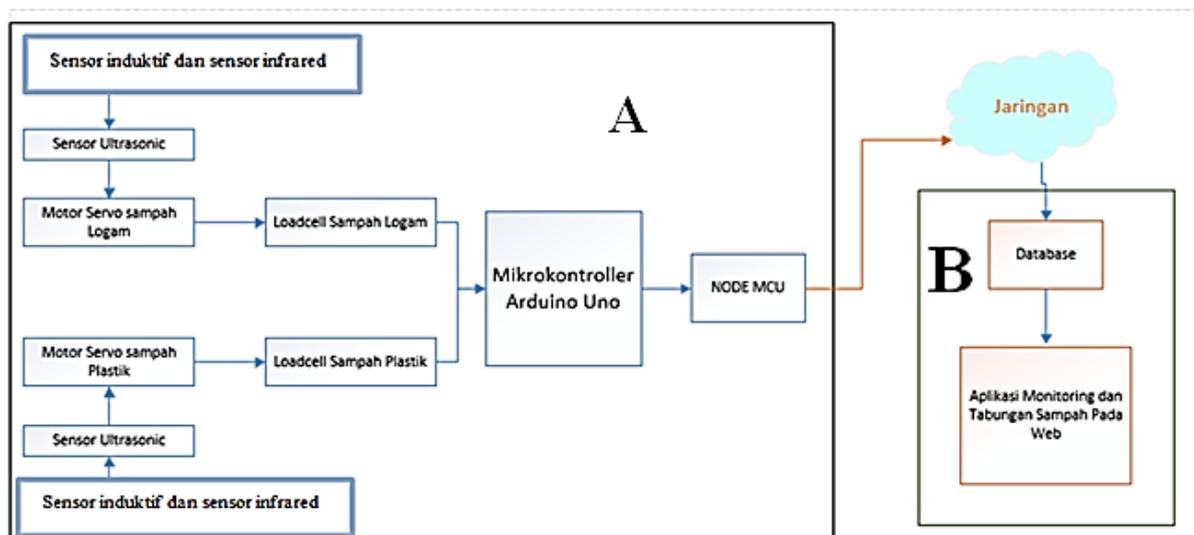
Beberapa sistem dan teknologi yang berkaitan dengan sampah telah dilakukan dalam beberapa penelitian sebelumnya. *Monitoring* ketinggian sampah dari jarak jauh dapat dilakukan melalui aplikasi

berbasis web seperti pada penelitian [2]. Sistem dari prototipe yang dibangun memanfaatkan mikrokontroler Arduino untuk mengambil data ketinggian sampah dari penangkapan sensor ultrasonik HC-SR04 dan akan dikirimkan ke *server* aplikasi *website* menggunakan Wemos D1 Mini. Penelitian yang serupa juga dilakukan dengan membuat sistem tempat sampah pintar yang memanfaatkan sensor ultrasonik sebagai komponen elektronika untuk memonitor kapasitas sampah dan juga memanfaatkan jaringan wifi untuk mengirimkan informasi kapasitas sampah apabila tempat sampah tersebut telah penuh dengan menggunakan komponen NodeMCU. Namun alat tersebut hanya bisa memantau ketika tempat sampah penuh saja [3]-[6], serta hanya sebagai tempat sampah untuk memilah dan memilih sampah sesuai dengan jenisnya [5]-[10]. Dari sisi catu daya, penelitian [11] juga merancang tempat sampah cerdas yang dilengkapi panel surya sebagai sumber energinya. Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, tempat sampah pintar sudah banyak dikembangkan. Akan tetapi, sistem yang dibuat oleh beberapa peneliti sebelumnya masih ada kelemahan dimana tidak menjadikan sampah mempunyai nilai jual.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang *prototype* tempat sampah yang dirancang sedemikian rupa sehingga dapat membantu petugas sampah dalam memonitor kapasitas sampah dan menjadikan sampah bernilai ekonomis. Dengan sistem ini diharapkan dapat membantu masyarakat untuk mengumpulkan dan menjual kepada bank sampah dan menghasilkan nilai jual untuk membantu mata pencaharian tambahan. Perbedaan dari sistem tempat sampah sebelumnya antara lain tempat sampah ini dapat memilah sampah logam dan non-logam, serta dapat menjadikan sampah bernilai ekonomis yang nantinya berat sampah akan dikonversi menjadi tabungan nasabah yang dapat diakses di aplikasi web. Kemudian juga tempat sampah dapat memonitor kapasitas sampah yang berada di dalam tempat sampah tersebut.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Perancangan Sistem



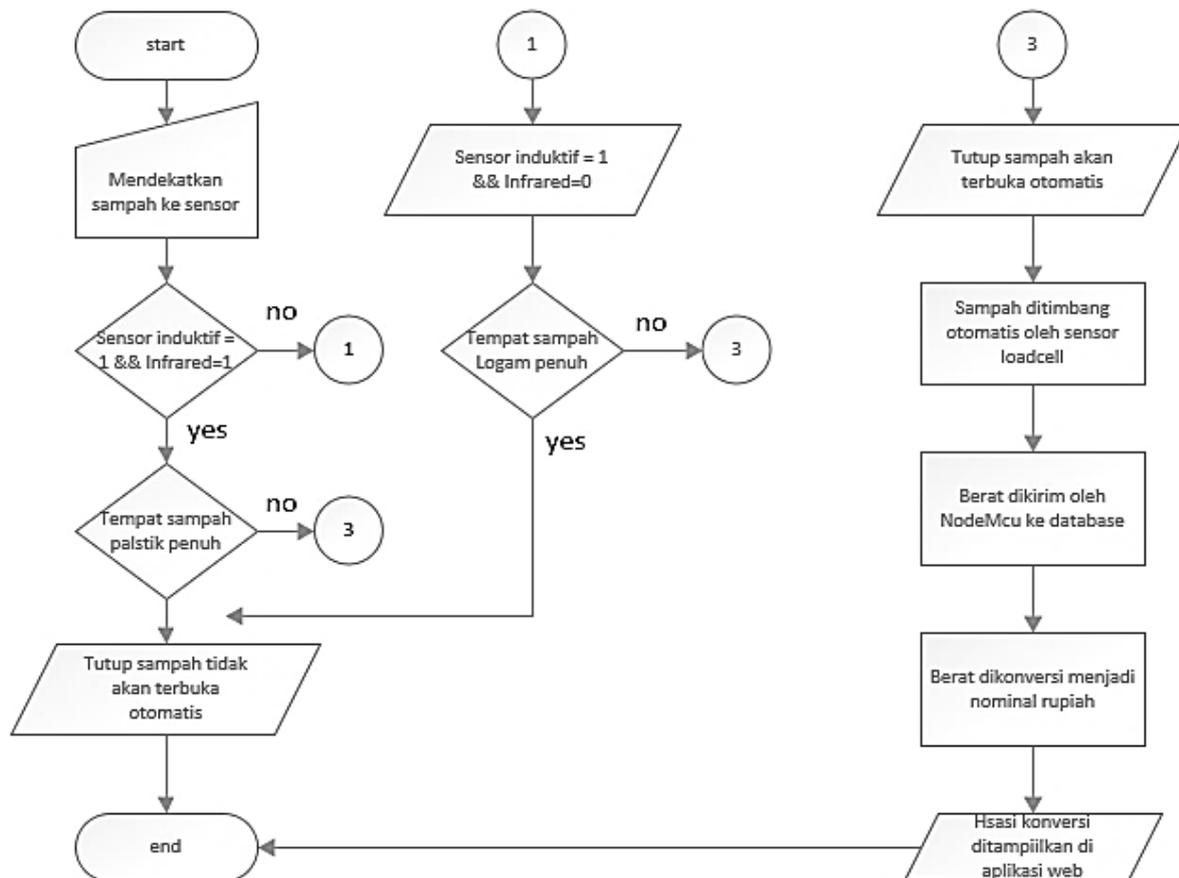
Gambar 1. Diagram blok sistem

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancang bangun dalam bentuk *prototype*. Pada Gambar 1 merupakan perancangan blok sistem terbagi menjadi 2 sub sistem yaitu pengontrol pemilahan sampah (A) dan blok *monitoring* hingga pengolahan data tabungan sampah (B). Pada blok sistem pengontrol menggunakan 2 jenis sampah sebagai obyek yaitu sampah logam dan sampah non-logam. Kedua jenis sampah tersebut selanjutnya dideteksi dengan cara mendekati sampah ke sensor *proximity* induktif dan sensor *infrared*. Selanjutnya terdapat sensor ultrasonik yang akan mendeteksi apabila sampah penuh dan apabila tempat sampah tersebut tidak penuh maka motor servo akan bergerak untuk membuka tutup tempat sampah masing-masing jenis sampah jika sampah terdeteksi oleh sensor. Selanjutnya sampah yang berada di tempat sampah akan ditimbang dengan sensor *load cell* yang disimpan di dalam masing masing tempat sampah sesuai dengan jenisnya. Kemudian data

tersebut diproses oleh Arduino Uno dan akan dikirimkan ke *database* melalui NodeMCU dan tentunya harus terhubung dengan jaringan.

Pada blok sistem *monitoring* serta pengolahan data tabungan sampah akan memonitor kapasitas tempat sampah menggunakan sensor ultrasonik berdasarkan isi sampah yang ada di dalam tempat sampah tersebut dan akan mengolah data sampah berupa berat sampah yang dikirim oleh NodeMCU ke *database*. Selanjutnya berat sampah tersebut diolah agar berat sampah yang masuk dikonversi ke nominal Rupiah yang nantinya akan masuk ke dalam saldo tabungan pengguna aplikasi tersebut dan dapat dilihat oleh pengguna tersebut di aplikasi web.

2.2 Perangkat Lunak



Gambar 2. Diagram alir sistem

Pada Gambar 2 dapat dijelaskan bahwa pembuang sampah akan membuang sampah dan mendekatkan sampahnya ke sensor yang telah disediakan yaitu sensor induktif *proximity* dan sensor *infrared*. Ketika sensor induktif *proximity* berlogika 1 (aktif) dan sensor *infrared* berlogika 1 (aktif) dan juga kondisi tempat sampah untuk logam penuh, maka tutup sampah untuk sampah logam tidak akan terbuka otomatis dan langsung mengirimkan informasi “PENUH” di aplikasi web. Sebaliknya jika tempat sampah logam tidak penuh maka tutup tempat sampah logam akan terbuka otomatis dan sampah akan dimasukkan dan ditimbang oleh sensor *loadcell* yang ada di dalam tempat sampah dan hasil timbangan berupa berat akan dikirimkan oleh NodeMCU ke *database* dan akan dikonversi menjadi nominal rupiah yang ditampilkan di aplikasi web sebagai saldo nasabah.

Jika keadaan sensor berbeda dengan kondisi sebelumnya dimana sensor induktif *proximity* berlogika 1 (aktif) dan sensor *infrared* berlogika 1 (aktif) dan juga tempat sampah untuk plastik penuh, maka tutup sampah tidak akan terbuka otomatis dan akan langsung mengirimkan informasi “PENUH” di aplikasi web. Sebaliknya jika tempat sampah untuk plastik itu tidak penuh maka tutup sampah akan terbuka otomatis dan sampah akan dimasukkan dan ditimbang oleh sensor *loadcell* yang ada di dalam

tempat sampah. Hasil timbangan berupa berat akan dikirimkan oleh NodeMCU ke *database* dan akan dikonversi menjadi nominal rupiah yang ditampilkan di aplikasi web sebagai saldo nasabah.

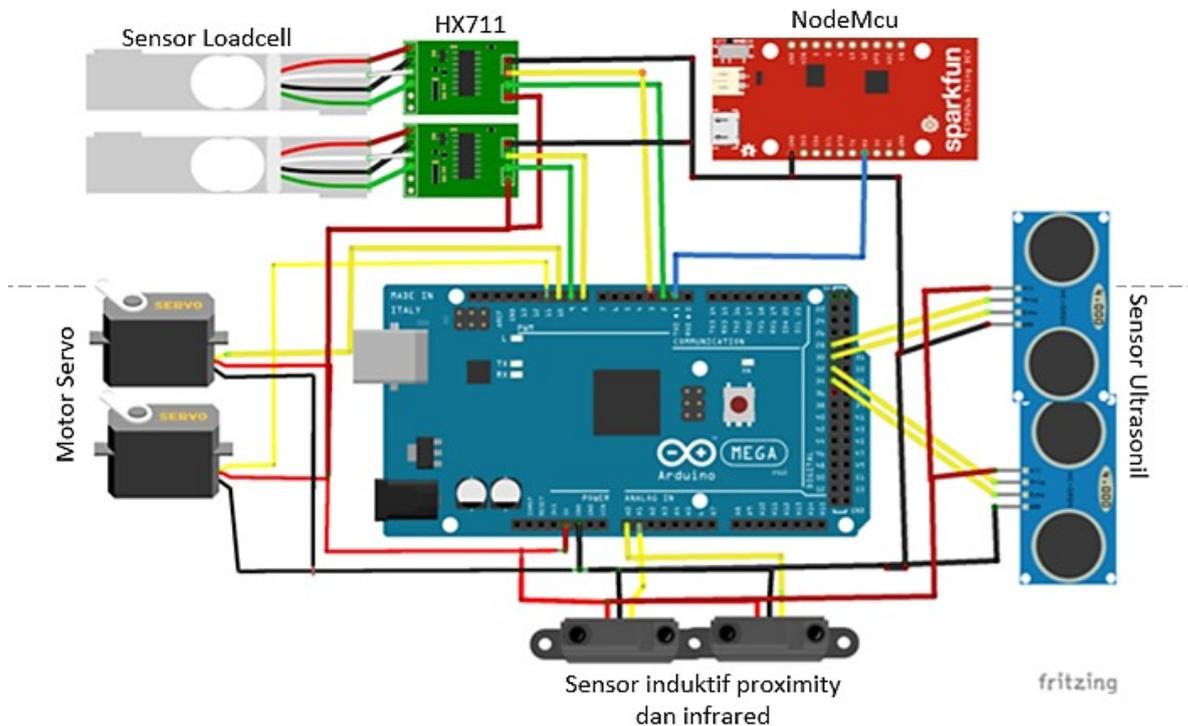
2.3 Perangkat Keras

Tabel 1 menunjukkan spesifikasi dari setiap perangkat keras yang digunakan. Perangkat keras pada bagian masukan terdiri dari sensor *load cell* untuk mendeteksi berat, sensor ultrasonik untuk mendeteksi jarak, sensor induktif dan sensor *infrared* untuk mendeteksi jenis sampah. Pada bagian proses digunakan Arduino Mega 2560 untuk memproses data dari sensor dan juga modul NodeMCU untuk pengiriman data ke internet. Pada bagian keluaran terdapat motor servo sebagai penggerak yang berfungsi membuka dan menutup tempat sampah sesuai jenisnya.

Table 1. Spesifikasi perangkat keras

No.	Nama Komponen	Spesifikasi
1	Arduino Mega	- Tegangan operasi: 5 V - Tegangan masukan: 7-12 V - Jumlah pin I/O digital: 54 (15 pin digunakan sebagai <i>output</i> PWM) - Jumlah pin input analog: 16 - <i>Flash memory</i> : 256 KB (8 KB digunakan untuk <i>bootloader</i>)
2	<i>Load cell</i>	- Tegangan suplai: max DC 10 V - Beban: max 5000 gr (5 Kg) - Tegangan keluaran: 0,1 mV ~ 1,0 mV - Suhu operasional: -20 ~ +65°C
3	Sensor ultasonik	- Tegangan: 5 VDC - <i>Level output</i> : 5 V – 0 V - Sudut sensor: < 15 derajat - Jarak deteksi: 2 cm – 450 cm (4,5 m) - Tingkat keakuratan: <i>up to</i> 0,3 cm (3 mm)
4	Sensor induktif	- Tegangan: DC 6-36 V - Arus keluaran: 300 mA - Jarak deteksi: 4 mm - Polaritas: NPN - Objek deteksi: Konduktor - Jenis kawat: 3 jenis kawat (coklat, biru, hitam)
5	Sensor <i>infrared</i>	- Tegangan masukan : 3-5 V - Konsumsi arus: 23 mA saat 3 V dan 43 mA saat 5 V - Jarak pembacaan: 2 - 30 cm (diatur dengan potensiometer) - Keluaran sensor : Digital LOW
6	Motor servo	- Tegangan operasi: 4,8 V hingga 7,2 V - Torsi maks: 11 kg/cm (6 V) - Kecepatan pengoperasian: 0,2 d/60° (4,8 V); 0,16 d/60° (6 V) - Rotasi: 0° - 180° - Berat motor: 55 gram

Gambar 3 merupakan gambar pengkabelan dari penelitian yang dibuat. Perangkat sensor dan modul yang digunakan dirangkai sesuai diagram skematik rangkaian. seluruh perangkat terhubung pada pin *input/output* Arduino Mega dan sistem akan berjalan sesuai program yang diberikan pada Arduino.



Gambar 3. Diagram skematik

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi penelitian ini dilakukan sesuai dengan diagram skematik yang dijelaskan dibagian metode penelitian. Adapun hasil implementasi dari sistem *hardware* dapat dilihat pada Gambar 4. Setelah dilakukan integrasi seluruh sensor, mikrokontroler, dan NodeMCU ditempatkan di tempat sampah yang telah dirancang, langkah selanjutnya dilakukan pengujian dari sistem tersebut dengan menguji kehandalan dari alat dan tingkat akurasi dari sensor.



Gambar 4. Realisasi sistem

3.1 Pengujian Sensor Sistem Sensor

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi dari sensor *load cell*, sensor *proximity*, dan sensor *infrared* yang digunakan pada sistem. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan data pengukuran berat oleh sensor *load cell* dengan timbangan konvensional. Kemudian, dihitung untuk mengetahui kesalahan rata-ratanya dengan persamaan berikut.

$$\text{Error (\%)} = \frac{\text{Nilai pengukuran manual} - \text{Nilai pengukuran alat}}{\text{Nilai pengukuran manual}} \times 100\% \quad (1)$$

Adapun hasil pengukuran berat oleh masing-masing sensor *load cell* untuk sampah logam dan sampah non-logam ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Table 1. Hasil pengujian sensor *load cell* pada tempat sampah logam

Berat sampah (gram)				
Sampah	Pengukuran alat	Pengukuran manual	Selisih pengukuran	Error (%)
Besi	574	575	1	0,17
Tang	322	320	2	0,62
Kaleng besar	164	165	1	0,60
Batu	141	140	1	0,71
Zippo	95	95	0	0
Mie	65	65	0	0
Kardus	55	55	0	0
Korek logam	54	55	1	1,81
Kaleng kecil	24	25	1	4,16
Botol minum plastik	14	15	1	6,66
Botol soda	12	10	2	20
Kaleng soda	10	10	0	0
Rata-rata			0,83 gram	2,89%

Table 2. Hasil pengujian sensor *load cell* pada tempat sampah non-logam

Berat sampah (gram)				
Sampah	Pengukuran alat	Pengukuran manual	Selisih pengukuran	Error (%)
Besi	575	575	0	0
Tang	324	320	4	1,25
Kaleng besar	165	165	0	0
Batu	141	140	1	0,71
Zippo	95	95	0	0
Mie	67	65	2	3,07
Kardus	55	55	0	0
Korek logam	55	55	0	0
Kaleng kecil	14	15	1	6,66
Botol minum plastik	23	25	2	8
Botol soda	11	10	1	10
Kaleng soda	10	10	0	0
Rata-rata			0,9 gram	2,47%

Berdasarkan Tabel 1, pada tempat sampah logam dapat diketahui bahwa nilai toleransi rata-rata kesalahan pada pengukuran berat dengan sampah yang bervariasi dan diuji oleh alat sebesar 2,89% dengan selisih rata-rata pengukuran antara alat dengan pengukuran manual sebesar 0,89 gram. Pada tempat sampah non-logam seperti pada Tabel 2, dapat diketahui bahwa toleransi rata-rata kesalahan pada pengukuran berat oleh alat sebesar 2,47% dengan selisih rata-rata pengukuran antara alat dengan pengukuran manual sebesar 0,9 gram. Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa sensor *load cell* yang digunakan mampu mendeteksi berat sampah dengan rata-rata kesalahan yang relatif kecil.

Pengujian selanjutnya dilakukan untuk menguji sistem sensor induktif *proximity* dan sensor *infrared*. Pada Tabel 3 dapat diketahui jika jenis sampah logam, maka sensor induktif yang di dalamnya terdapat koil elektromagnetik akan mendeteksi menggunakan medan listrik untuk mengetahui kehadiran suatu objek (logam). Sementara itu, sensor *infrared* akan bekerja yang dimana akan memancarkan sinar *infrared* ke objek (logam/non logam) dan akan menangkap kembali pantulan sinar *infrared* dari objek tersebut. Maka dari itu jika kedua sensor tersebut aktif maka akan terdeteksi adanya bahan logam yang akan menyebabkan tutup sampah untuk sampah logam membuka otomatis. Sebaliknya jika yang terdeteksi hanya bahan non-logam maka hanya sensor *infrared* saja yang aktif sehingga tutup sampah untuk sampah non-logam akan terbuka otomatis.

Table 3. Pengujian sensor induktif *proximity* dan sensor *infrared*

Sampah	Jenis sampah		Terdeteksi sensor		Tutup sampah terbuka	
	Logam	Non-logam	<i>Infrared</i>	Induktif	Logam	Non-logam
Kaleng	✓	✗	✓	✓	✓	✗
Plastik	✗	✓	✓	✗	✗	✓
Gelas	✗	✓	✓	✗	✗	✓
Masker	✗	✓	✓	✗	✗	✓
Gadget	✓	✗	✓	✓	✓	✗
Zippo	✓	✗	✓	✓	✓	✗
Mie	✗	✓	✓	✗	✗	✓
Kardus	✗	✓	✓	✗	✗	✓
Tang	✓	✗	✓	✓	✓	✗
Besi	✓	✗	✓	✓	✓	✗

3.2 Pengujian Aplikasi *Website*

Pengujian dilakukan bertujuan untuk mengetahui hasil konversi setiap berat sampah baik sampah logam maupun non-logam ke nominal rupiah. Gambar 5 dan Gambar 6 merupakan hasil konversi berat sampah logam ke rupiah dengan data berat yang bervariasi dimana setiap 1 gram diberi harga sebesar Rp. 5. Hasil konversi tersebut menjadi nominal rupiah dan ditampilkan di aplikasi *website* untuk nasabah. Pada Gambar 7 dan Gambar 8 terdapat hasil konversi berat sampah non-logam ke rupiah dimana diuji menggunakan data berat yang bervariasi dan setiap 1 gram diberi harga sebesar Rp. 3. Hasil konversi tersebut menjadi nominal rupiah dan dapat ditampilkan juga di aplikasi *website* untuk nasabah.

Dashboard

Show entries

ID	Jenis Sampah	Berat Terhitung (Gram)
1	logam	10
2	plastik	0

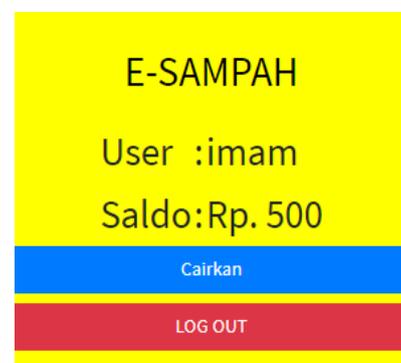
**Gambar 5. Hasil pengujian konversi berat sampah 10 gram pada tempat sampah logam**

Dashboard

Show entries

ID	Jenis Sampah	Berat Terhitung (Gram)
1	logam	100
2	plastik	0

Showing 1 to 2 of 2 entries

**Gambar 6. Hasil pengujian konversi berat sampah 100 gram pada tempat sampah logam**



Gambar 7. Hasil pengujian konversi berat sampah 10 gram pada tempat sampah non-logam



Gambar 8. Hasil pengujian konversi berat sampah 100 gram pada tempat sampah non-logam

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian pada alat dapat disimpulkan sensor *load cell* untuk sampah logam mampu menimbang sampah dengan akurasi yang cukup baik berdasarkan 12 percobaan dengan sampah yang berbeda beratnya dapat diketahui bahwa persentase rata-rata kesalahan sebesar 2,89%. Sensor *load cell* untuk sampah non-logam menghasilkan persentase rata-rata kesalahan sebesar 2,47%. Perangkat yang dibangun dapat mengirim hasil pengujian ke perangkat lunak *website* menggunakan WiFi. Aplikasi *website* dapat memberikan informasi berat sampah, kapasitas tempat sampah dan juga saldo. Data yang ditampilkan oleh aplikasi *website* akurat 100% dengan data yang ada di *database*. Pada realisasi sistem terdapat beberapa kekurangan dan perlu dikembangkan kembali untuk ke depannya. Salah satunya adalah tempat sampah sebaiknya dibuat untuk memilah jenis sampah logam dan sampah non-logam secara otomatis agar dapat mempermudah pengguna.

REFERENSI

- [1] B. N. Widarti, N. Ramadhani, and I. Meicahayanti, "Efektivitas Dalam Mengurangi Sampah dan Nilai Ekonomi Pengelolaan Sampah Di Bank Sampah," *INFO TEKNIK*, vol. 18, no. 2, pp. 171-178, 2017.
- [2] E. Chandra, Y. Sholva, and H. Muhandi, "Perancangan Sistem Pemantau Ketinggian Sampah Menggunakan Mikrokontroler Arduino dan Aplikasi Berbasis Web," *JUSTIN: Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi*, vol. 8, no. 1, pp. 33-40, 2020.
- [3] S. Sohor and Y. Irawan, "RANCANG BANGUN TEMPAT SAMPAH OTOMATIS MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER DAN SENSOR ULTASONIK DENGAN NOTIFIKASI TELEGRAM," *Jurnal Ilmu Komputer*, vol. 9, no. 2, pp. 154-160, 2020. "Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer," vol. 5, no. 2, pp. 50-57, 2019.
- [5] R. Yahya, "Purwarupa Kotak Sampah Pintar Berbasis IoT (Internet Of Things)," *TeknoSAINS FTIE UTY*, 2018.

- [6] M. Yunus, "Rancang Bangun Prototipe Sampah Pintar Pemilah Sampah Organik dan Anorganik Menggunakan Arduino," in *Seminar Teknologi Majalengka 3.0*, Majalengka, 2018.
- [7] F. A. Zhafira, D. Zulherman, and H. Pujiharsono, "Analisis dan Rancang Bangun Sistem Monitoring Tempat Sampah Berbasis IOT menggunakan Protokol MQTT," in *CENTIVE 2018*, Purwokerto, 2018.
- [8] P. Aritonang, E. C. Bayu, and J. Prasetyo, "Rancang Bangun Alat Pemilah Sampah Cerdas Otomatis," *PROSIDING SNITT POLTEKBA*, vol. 2, no. 1, pp. 375-381, 2017.
- [9] M. Mufti and I. Indra, "Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Menimbang dan Mengenali Jenis Sampah Pada Bank Sampah Budi Luhur," *JURNAL BIT*, vol. 13, no. 2, pp. 1-6, 2016.
- [10] H. Mukhtar, D. Perdana, P. Sukarno, and A. Mulyana, "Sistem Pemantauan Kapasitas Tempat Sampah Berbasis IoT (SiKaSiT) untuk Pencegahan Banjir di Wilayah Sungai Citarum Bojongsoang Kabupaten Bandung," *Jurnal Teknologi Lingkungan*, vol. 21, no. 1, pp. 56-67, 2020.
- [11] A. I. Darmansyah, A. Sumardiono, E. Alimudin, and M. Rahayu, "Tempat sampah otomatis berbasis Internet of Things dengan penyulungan hybrid PV-grid," *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga)*, vol. 1, no. 2, pp. 189-200, 2021.

