

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI TEMPAT SAMPAH PEMILAH OTOMATIS MENGGUNAKAN GOOGLE DATABASE

Design and Implementation of Automatic Sorting Trash Using The Google Database

Dita Andina¹, Ir. Agus Ganda Permana, M.T.², Dadan Nur Ramadan, S.Pd., M.T.³

¹ Prodi D3 Teknologi Telekomunikasi, ²Fakultas Ilmu Terapan, ³Universitas Telkom

Jl. Telekomunikasi No.1 Terusan Buah Batu Bandung 40257 Indonesia

ditaandina@student.telkomuniversity.ac.id, aguganda@tass.telkomuniversity.ac.id, dadan.nr@tass.telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat Berdasarkan riset yang dilakukan Sustainable Waste Indonesia (SWI), sampah organik merupakan sampah yang paling banyak dihasilkan sebesar 60%, diikuti sampah kertas (9%), metal (4,3%) dan bahan lainnya (12,7%). Dari riset yang dilakukan katadata insight center, Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) yang dilakukan terhadap 354 keluarga di lima kota terbesar di Indonesia hasilnya adalah 79% memiliki alasan tidak ingin repot dalam pemilahan sampah.

Dengan adanya permasalahan tersebut maka diperlukan sebuah perangkat yang dapat memilah sampah dengan otomatis yang datanya dapat dikirimkan secara realtime. Perangkat ini merupakan tempat sampah pemilah otomatis dengan menggunakan Metal Detector, Sensor VOC berjenis TGS2602, dan Sensor Ultrasonik. Dimana terdapat dua sensor utama untuk mendeteksi jenis sampah yaitu Metal Detektor dan Sensor VOC. Untuk data ketinggian tempat sampah menggunakan sensor Ultrasonik. Seluruh komponen dihubungkan pada board Arduino UNO R3 dan menggunakan Modul Wi-Fi pada NodeMCU yang telah terhubung dengan internet untuk mengirimkan data kapasitas sampah ke Firebase Realtime Database.

Tempat sampah pemilah otomatis yang telah dibuat dapat mempermudah masyarakat luas untuk membedakan jenis sampah ataupun memilah sampah sehingga dapat dimanfaatkan dengan baik. Mengirimkan data kapasitas sampah setiap 30 menit ke Firebase Realtime Database. Dengan tingkat error pada pemilah sampah sebesar 23,3%. Besar data yang digunakan sebesar 225B. Ketahanan daya pada Hardware selama 69 jam. Sehingga tempat samah pemilah otomatis dapat berfungsi dengan baik.

Kata kunci: Pemilah Sampah, Sensor Metal, Sensor VOC, NodeMCU ESP8266, Firebase Realtime Database

ABSTRACT

Waste is a daily activity of humans and / or natural processes in the form of solid. Based on research conducted by Indonesia Sustainable Waste (SWI), organic waste that produces the most is 60%, paper waste (9%), metal (4.3%) and other ingredients (12.7%). From research conducted by the katadata insight center, the Ministry of Environment and Forestry (KLHK) conducted on 354 families in the five largest cities in Indonesia, resulting in 79% having no reason to bother with waste sorting. While waste that has been sorted properly can provide benefits that create a better economy and can also be used as energy.

With these considerations, a device that can sort waste automatically can be sent can be sent in realtime. This device is an automatic garbage bin using a Metal Detector, TGS2602 VOC Sensor, and Ultrasonic Sensor. Where there are two main sensors to allow the type of waste, namely Metal Detectors and VOC Sensors. For data on the height of the bin using Ultrasonic sensors. All components are approved on the Arduino UNO R3 board and use the Wi-Fi Module on the internet-connected NodeMCU to send junk capacity data to the Firebase Realtime Database.

Automatic sorting bins that have been made can make it easier for the wider community to distinguish types of waste or sort waste so that it can be put to good use. Sending garbage capacity data every 30 minutes to Firebase Realtime Database. With an error rate of waste sorting of 23.3%. The amount of data used is 225B. Power resistance in Hardware for 69 hours. So that the automatic sorting place can function properly.

Keywords: Waste Sorting, Metal Sensor, VOC Sensor, NodeMCU ESP8266, Firebase Realtime Database

1. Pendahuluan

Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat [1] Berdasarkan riset yang dilakukan *Sustainable Waste Indonesia* (SWI), sampah organik merupakan sampah yang paling banyak dihasilkan sebesar 60%, diikuti sampah kertas (9%), metal (4,3%) dan bahan lainnya (12,7%) [2]. Dari riset yang dilakukan katadata insight center, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) yang dilakukan terhadap 354 keluarga di lima kota terbesar di Indonesia hasilnya adalah 79% memiliki alasan tidak ingin repot dalam pemilahan sampah [3]. Padahal sampah yang telah dipilah dengan baik dapat memberikan keuntungan yaitu menciptakan ekonomi yang lebih baik dan juga dapat dimanfaatkan sebagai energi [4]. Pemilah sampah yang umum beredar di Indonesia seperti Gambar 1.1 dapat dilihat tempat sampah dibedakan menjadi 3 bagian yaitu sampah organik, sampah non organik dan sampah organik.

Berdasarkan pernyataan Menteri Perindustrian Airlangga Hartarto pada acara Sosialisasi Roadmap Implementasi Industry 4.0 di Jakarta menyatakan bahwa sektor manufaktur nasional harus siap menuju perubahan besar dalam menghadapi revolusi industri keempat atau Industry 4.0. *Internet of Things* (IoT) sebagai salah satu teknologi 15 utama dalam pembangunan sistem Industry 4 [5]. Internet of Things (IoT) yaitu menghubungkan perangkat fisik yang ditanami dengan elektronik, perangkat lunak, sensor, dan aktuator ke penyimpanan awan (*cloud computing*) dan ke antar perangkat [6]. Berdasarkan fenomena yang terjadi maka proyek akhir ini merealisasikan “Perancangan dan Impelementasi Tempat Sampah Pemilah Otomatis Menggunakan Google Database”.

2. Dasar Teori

2.1. Pemilahan Sampah

Pemilahan sampah adalah kegiatan mengelompokkan dan memisahkan sampah sesuai dengan jenis, jumlah dan/atau sifat sampah [7]. Pemilah sampah telah diatur di dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 81 tahun 2012. Adapun manfaat memilah sampah yaitu :

1. Sampah metal atau barang yang masih dimanfaatkan tidak terbuang sia-sia
2. Sampah organik dapat menjadi kompos
3. Sampah anorganik dapat didaur ulang atau dijual
4. Sampah yang telah dipilah mempunyai nilai jual, sehingga memberikan penghasilan tambahan bagi masyarakat dan para pelaku daur ulang
5. Menjaga kesehatan dan keselamatan bagi para petugas pengelola sampah dan masyarakat pada umumnya.
6. Untuk lingkungan: mengurangi pencemaran dan menciptakan lingkungan tempat tinggal yang lebih bersih.
7. Sampah dapat diubah menjadi energi listrik seperti di negara maju.

Dengan adanya pemilahan sampah bisa jadi potensi ekonomi akan lebih baik serta dapat dimanfaatkan sebagai energi listrik jika mau dikelola dengan baik [4]. Di Indonesia, penggolongan sampah yang sering digunakan adalah sebagai :

1. Sampah Organik Sampah organik adalah sampah yang dihasilkan dari bahan – bahan hayati yang dapat didegradasi oleh mikroba atau bersifat biodegradable. Sampah ini dengan mudah dapat diuraikan melalui proses alami. atau disebut sebagai sampah basah, yang terdiri atas daun-daunan, kayu, kertas, karton, tulang, sisa-sisa makanan ternak, sayur, buah, dan lain-lain.
2. Sampah Anorganik Sampah anorganik adalah sampah yang dihasilkan dari bahan-bahan nonhayati atau bersifat non-biodegradable, baik berupa produk sintetik maupun hasil proses teknologi pengolahan bahan tambang atau disebut sebagai sampah kering yang terdiri atas kaleng, plastik, besi dan logam-logam lainnya, gelas, kertas, mika, dan lain-lain.
3. Sampah Metal Sampah Metal adalah sampah yang dihasilkan dari barang-barang elektronik bekas, logam bekas wadah minuman ringan, dll. Dimana sampah tersebut dapat didaur ulang (recycle). Berdasarkan penggolongan sampah berikut tabel perbedaan sifat dari sampah tersebut.

Tabel 1 Penggolongan Jenis Sampah

Sampah Organik	Sampah Anorganik	Sampah Metal
Biodegradable	Non-biodegradable	Non-biodegradable
Cepat Membusuk	Tidak Membusuk atau <i>Refuse</i>	Tidak Membusuk
Bau Tidak Enak (Seperti amonia dan asam-asam volatil lainnya)	Sampah Kering atau Tidak Mengeluarkan Bau.	Sampah Besi, Logam atau barang elektronik
Limbah Rumah Tangga	Non Logam	Sampah Logam

2.2. Tempat Sampah

Menurut KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia), tempat merupakan sesuatu yang dapat digunakan untuk menaruh, menyimpan, meletakkan, dan sebagainya. Sampah adalah sesuatu berupa barang atau benda yang bekas yang dibuang karena sudah tidak digunakan lagi. Jadi, tempat sampah adalah sesuatu wadah yang digunakan untuk menaruh barang atau benda yang dibuang [9].

Tempat sampah merupakan salah satu kebutuhan esensial dalam kehidupan manusia. Dengan sifat manusia yang konsumtif sehingga menghasilkan sampah setiap harinya. Tempat sampah tidak hanya sebagai wadah sementara dari suatu sampah. Namun, tempat sampah juga berperan penting dalam menjaga keindahan lingkungan sekitarnya. Seringkali ditemukan juga tempat sampah yang terbagi atas dua bagian yaitu organik dan non organik. Tetapi, sedikit orang yang mementingkan pembagian tempat sampah tersebut. Padahal dampak dari pembagian tempat sampah sangatlah penting dalam pengolahan di tempat pembuangan akhir sampah.

2.3. Firebase Realtime Database

Firebase Realtime Database merupakan database yang di-host di cloud. Data yang terdapat pada Firebase realtime disimpan sebagai JSON dengan sinkronisasi data secara realtime ke setiap klien yang terhubung. Firebase realtime database merupakan database NoSQL yang memiliki kemampuan pengoptimalan dan fungsionalitas yang berbeda. API Realtime database dirancang hanya untuk pengoperasian data dengan cepat [12].

2.4. NodeMCU

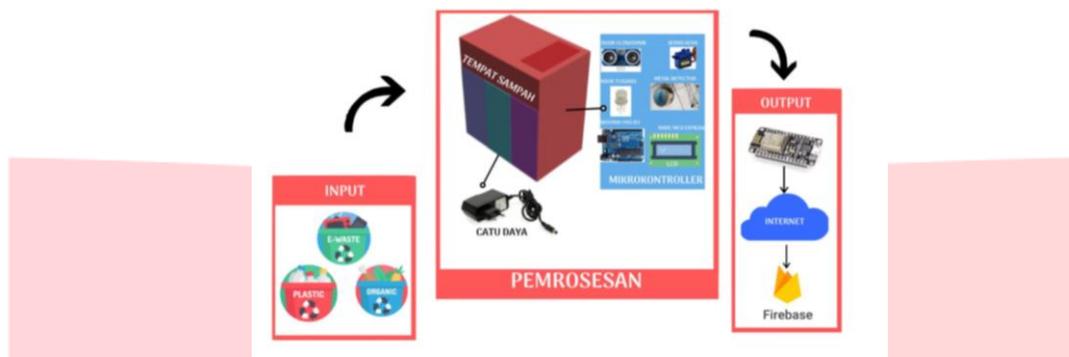
NodeMCU ESP8266 merupakan platform IoT yang bersifat *open source*. NodeMCU dikembangkan dengan menggunakan bahasa pemrograman Lua untuk membantu dalam membuat *prototype* produk *Internet of Things* (IoT) atau bisa dengan menggunakan sketch dengan ArduinoIDE.

3. Perancangan dan Implementasi Sistem

3.1. Blok Diagram Pemilah Sampah Otomatis

Pada proyek akhir ini dibuat tempat sampah yang dapat memilah sampah secara otomatis yang akan terintegrasi dengan *Firebase Realtime Database*. Pemograman menggunakan *software* Arduino IDE 1.8.4. Kemudian hardware tersebut akan diintegrasikan dengan *Firebase Realtime*. Sehingga, semua data ketiggian sampah organik, anorganik dan metal akan tersimpan di *Firebase Realtime* dan juga akan ditampilkan melalui lcd yang terdapat pada tempat sampah. Hal ini bertujuan untuk mempermudah susunan database agar terlihat rapi dan mudah untuk proses pengambilan data.

Adapun blok diagram sistem keseluruhan dari pemilah sampah otomatis Gambar 3.1 berikut ini:



Gambar 3.1 Blok Diagram Pemilah Sampah

Pada Gambar 3.1 blok diagram menjelaskan bahwa tempat sampah pintar terhubung dengan jaringan internet melalui Wi-Fi. Pada perangkat keras menggunakan mikrokontroler Arduino Uno R3 dan menggunakan NodeMCU ESP8266 untuk sebagai modul Wi-Fi. Sampah sebagai input dari perangkat keras yang akan diproses di dalam tempat sampah yang terdapat dua sensor untuk mendeteksi jenis sampah yaitu metal detector sebagai sensor pendeteksi pertama (S1) dan sensor VOC pendeteksi kedua (S2). Dengan cara kerja deteksi sampah terdapat pada tabel berikut :

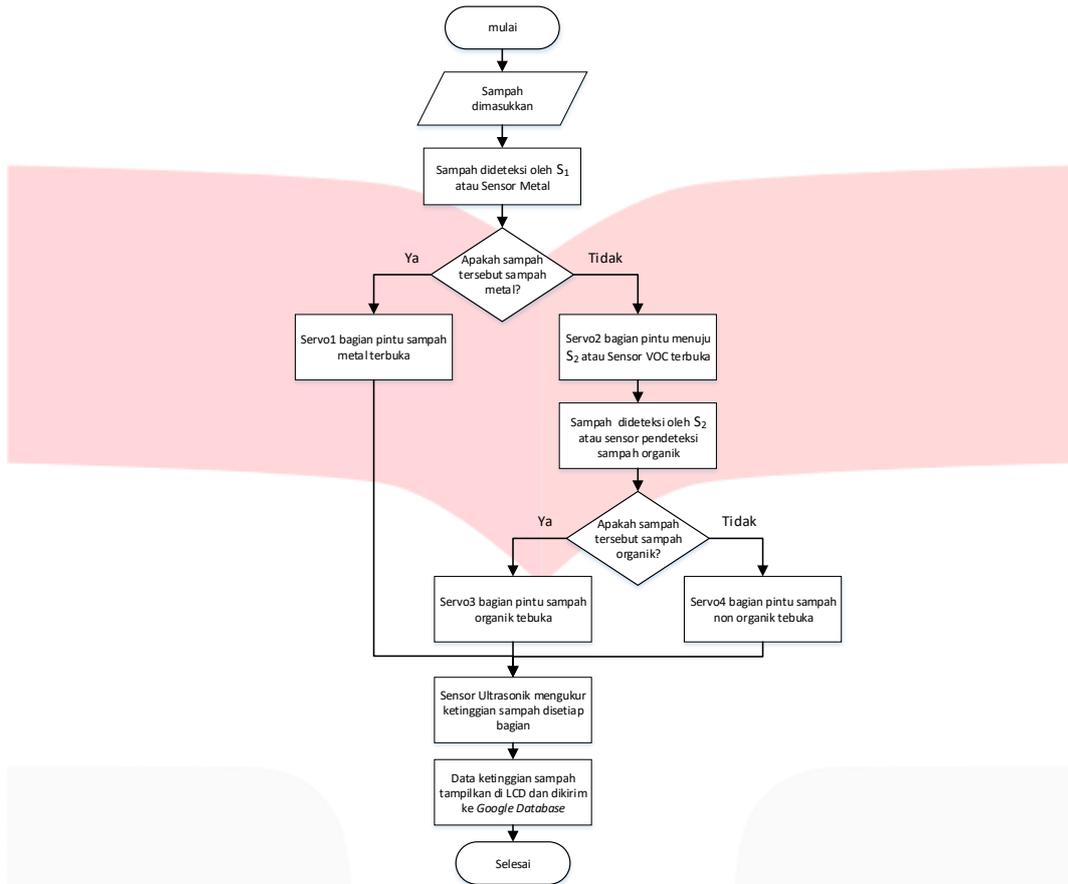
Tabel 2 Logika Kerja Sensor

S ₂ \ S ₁	0 (bukan metal)	1 (metal)
0(bukan organik)	00 (sampah anorganik)	01 (sampah metal)
1 (organik)	10 (sampah organik)	

Pada Tabel 2 dapat menjelaskan bahwa sensor mendeteksi secara bergantian S1 jika terdeteksi memiliki metal otomatis sensor mengirim data digital 1 (HIGH) maka otomatis pintu bagian sampah metal akan terbuka sehingga sampah dikategorikan sebagai sampah metal jika tidak terdeteksi sensor mengirimkan data digital 0 (LOW) maka otomatis pintu untuk menuju S2 akan terbuka lalu dideteksi oleh sensor VOC jika sampah tersebut dideteksi memiliki kandungan amonia maka pintu bagian sampah organik akan terbuka dan sampah akan dikategorikan sebagai sampah organik. Jika S2 tidak dapat mendeteksi sampah tersebut maka dikategorikan sebagai sampah anorganik dan pintu menuju sampah anorganik akan terbuka secara otomatis. Setelah itu, sensor Ultrasonik akan mengukur ketinggian sampah dan data ketinggian akan ditampilkan pada lcd lalu data ketinggian dikirim ke *Firestore Realtime Database*.

3.2. Diagram Alir Sistem

Pada Gambar 3.2 sistem dari hardware dimulai ketika sampah dimasukkan lalu dideteksi oleh sensor pertama (S1) yaitu sensor metal jika dideteksi sampah tersebut adalah sampah metal maka pintu bagian metal otomatis terbuka dan sampah tersebut jatuh ke bagian sampah metal, jika sampah tersebut bukan sampah metal maka pintu bagian jalan menuju sensor TGS2602 atau VOC akan terbuka lalu dideteksi oleh sensor kedua (S2) jika termasuk dalam sensor organik maka pintu bagian sampah organik terbuka dan sampah tersebut jatuh kebagian organik, jika sampah tersebut bukan sampah organik maka pintu bagian sampah anorganik akan terbuka lalu sampah tersebut jatuh ke bagian sampah anorganik.

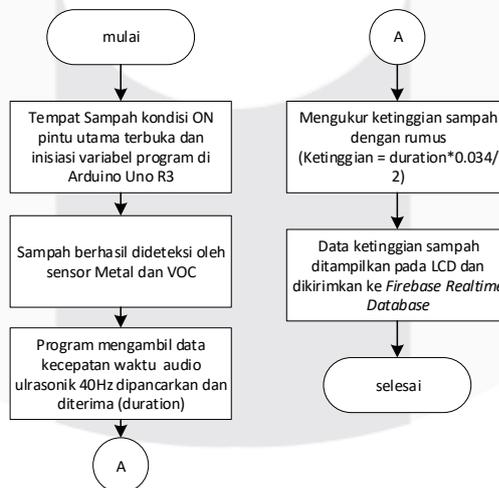


Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem Pemilah Sampah

Setelah itu, ketinggian sampah akan diukur oleh sensor ultasonik dan data ketinggian akan ditampilkan pada lcd dan dikirimkan ke *Firestore Realtime Database*.

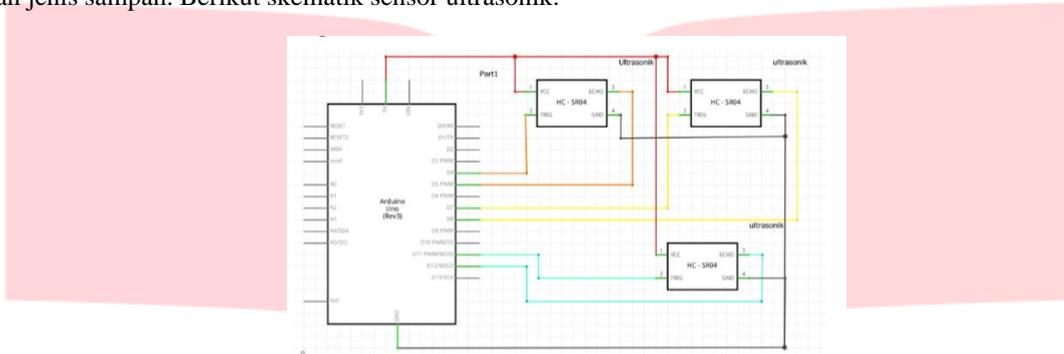
3.3. Diagram Alir Sistem Pengukur Ketinggian Sampah

Tempat sampah pemilah otomatis dapat mengukur ketinggian sampah pada setiap bagian jenis sampah antara lain sampah metal, sampah organik, dan sampah anorganik. Berikut diagram alir sistem pengukur ketinggian sampah.



Gambar 3.3 Sistem Pengukur Ketinggian Sampah

Berdasarkan gambar 3.3 sistem pengukur ketinggian sampah pada *hardware* secara *Realtime* yang dimulai ketika pintu utama tempat sampah keadaan terbuka dan inisiasi variable program di Arduino Uno. Setelah proses inisiasi maka hardware akan menghubungkan ke internet melalui modem Wi-Fi pada NodeMCU ESP8266 v3 Lolin. Setelah itu, sensor ultrasonik akan mengirimkan data hasil ketinggian sampah disetiap bagian jenis sampah. Berikut skematik sensor ultrasonik:



Gambar 3. 4 Skematik Sensor Ultrasonik

Pada sensor ultrasonik, gelombang ultrasonik dibangkitkan melalui sebuah material yang disebut dengan piezoelektrik dengan frekuensi tertentu. Piezoelektrik ini akan menghasilkan gelombang ultrasonik (umumnya berfrekuensi 40kHz) ketika sebuah osilator diterapkan pada sensor tersebut. Secara umum, alat ini akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau suatu target. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima. Mekanisme pengukuran jarak dengan sensor ultrasonic. Untuk mendapatkan nilai ketinggian menggunakan sensor ultrasonik berikut perhitungan ketinggian (cm) :

$$S = \frac{0.034 \times t}{2} \quad (3.1)$$

Keterangan:

S (distance) : Jarak antara sensor ultrasonik dengan benda (bidang pantul)
 t (duration) : Selisih antara waktu dipancarkan dan diterima
 kecepatan suara : 340m/s = 0.034cm/s

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil

Perangkat Keras ini diterapkan di Fakultas Ilmu Terapan Telkom University. Ukuran perangkat keras atau tempat sampah pemilah otomatis ini sebesar 82 cm x 41 cm x 100 cm Sedangkan tinggi Hardware bertambah 5 cm setelah proses pemasangan roda. Seperti pada Gambar 4.1 berikut ini:



Gambar 4.1 Tempat Sampah Pemilah Otomatis

4.2 Pengujian Fungsionalitas

Pengujian Perangkat Keras ini dilakukan untuk mengetahui dan mengamati hasil dari perancangan sistem Hardware secara keseluruhan sesuai dengan perancangan awal Hardware.

4.2.1 Pengujian Kebenaran Data Tiap Sensor Ultrasonik yang dikirimkan ke Firebase Realtime Database

Pada pengujian ini, setiap sensor ultrasonik diuji dengan melakukan percobaan sebanyak 5 kali untuk melihat ketepatan data yang dikirim ke Firebase Realtime dengan data yang didapat oleh Hardware dengan ditampilkan pada LCD. Pengujian ketepatan data sensor seperti Tabel 3 berikut ini:

Tabel 3 Pengujian Sensor Ultrasonik

Pengujian	Ketinggian (cm)	Data ESP8266 & LCD	Data Firebase	Status	Waktu	Delay (detik)
SAMPAH METAL						
pengujian 1	11	29%	29	Sesuai	17:30:02	3
pengujian 2	15,2	40%	40	Sesuai	17:00:03	2
pengujian 3	12,16	32%	32	Sesuai	16:30:03	3
pengujian 4	3,42	9%	9	Sesuai	20:00:02	2
pengujian 5	4,56	12%	12	Sesuai	16:00:02	2
SAMPAH ORGANIK						
pengujian 1	7,6	20%	20	Sesuai	16:00:02	2
pengujian 2	8,74	23%	23	Sesuai	17:30:03	3
pengujian 3	4,56	12%	12	Sesuai	18:25:59	1
pengujian 4	2,28	6%	6	Sesuai	20:00:02	2
pengujian 5	7,6	20%	20	Sesuai	16:00:02	2
SAMPAH ANORGANIK						
pengujian 1	1,14	3%	3	Sesuai	15:13:02	2
pengujian 2	1,14	3%	3	Sesuai	18:30:03	3
pengujian 3	16,34	43%	43	Sesuai	19:00:02	2
pengujian 4	1,14	3%	3	Sesuai	17:00:02	2
pengujian 5	2,28	6%	6	Sesuai	17:30:02	3
Rata - rata delay pengiriman data						2,27

Berdasarkan Tabel 3 menjelaskan bahwa pengujian ketepatan data sensor yang digunakan pada Hardware telah berfungsi dengan baik untuk menjalankan sistem dimana rata-rata delay pengiriman data dari NodeMCU ke Firebase Realtime Database sebesar 2,28 detik dan untuk data kapasitas tempat sampah yang memiliki tinggi 39,5 cm sedangkan pada sensor dideteksi 38 cm. Maka terjadi kesalahan sebesar 1,5 cm.

Oleh karena itu perhitungan ketinggian sampah pada sensor dalam bentuk persen adalah :

$$\frac{1}{100} \times 38 \text{ cm} = 0.38 \text{ cm}$$

Jadi dalam 1% yang ditampilkan pada LCD atau Firebase bernilai 0.38 cm data kapasitas sampah yang terisi.

4.2.2 Pengujian Sistem Pemilah Sampah Metal

Pengujian Sistem Pemilah Sampah Metal bertujuan untuk mengetahui pemilahan sampah dibagian sampah logam/metal. Sensor Metal Detector telah tersambung ke board Arduino Uno dan hasilnya berupa pintu otomatis yang mengarahkan sampah kebagian sampah metal yang memiliki nilai treshold yang ditampilkan pada serial monitor. Pengujian dilakukan menggunakan beberapa jenis sampah metal/logam dari yang tingkat kelogamannya rendah hingga tingkat kelogaman tinggi. Adapun hasil pengujian sistem pemilah sampah metal pada Tabel 4 dibawah ini :

Sampah	Status
Kawat	Terdeteksi
Kaleng Minuman	Terdeteksi
Kaleng Buah	Terdeteksi
Penutup Botol Kaca	Tidak Terdeteksi
Sendok Logam	Terdeteksi
Piring Logam	Terdeteksi
Besi Berkarat	Terdeteksi

Tabel 4 Pengujian Sampah Metal

Berdasarkan Tabel di atas Pengujian Sampah Metal menghasilkan sampah metal yang tingkat kelogamannya tinggi dapat terdeteksi oleh sensor metal detector. Tetapi, sampah yang tingkat kelogamannya rendah tidak dapat terdeteksi oleh sensor.

4.2.3 Pengujian Sistem Pemilah Sampah Organik

Pengujian Sistem Pemilah Sampah Organik bertujuan untuk mengetahui pemilahan sampah dibagian sampah organik. Sensor VOC telah tersambung ke board Arduino Uno dan hasilnya berupa pintu otomatis yang mengarahkan sampah kebagian sampah organik yang memiliki nilai treshold yang ditampilkan pada serial monitor. Pengujian dilakukan menggunakan beberapa jenis sampah organik. Adapun hasil pengujian sistem pemilah sampah organik pada Tabel 5 dibawah ini :

Sampah	Status
Tangkai buah	Terdeteksi
Jeruk	Terdeteksi
Wortel	Terdeteksi
Tomat	Terdeteksi
Apel	Terdeteksi
Sayur	Terdeteksi
Pisang	Terdeteksi
Jagung	Terdeteksi
Lemon	Terdeteksi

Tabel 5 Pengujian Sampah Organik

Berdasarkan Tabel 5 Pengujian Sampah Organik menghasilkan sampah organik dapat terdeteksi oleh sensor VOC. Dengan sampah yang telah terjadi reaksi kimia akan mempermudah sensor VOC untuk mendeteksinya.

4.2.4 Pengujian Sistem Pemilah Sampah Anorganik

Pengujian Sistem Pemilah Sampah Anorganik bertujuan untuk mengetahui pemilahan sampah dibagian sampah anorganik. Pengujian dilakukan menggunakan beberapa jenis sampah anorganik. Adapun hasil pengujian sistem pemilah sampah anorganik pada Tabel 6 dibawah ini :

Sampah	Status
Gelas Plastik	Terdeteksi
Botol Kaca	Terdeteksi
Kardus	Terdeteksi
Tisu	Terdeteksi
Kertas	Terdeteksi
<i>Sterofom</i>	Terdeteksi
Bungkus permen	Terdeteksi
Kotak minuman	Terdeteksi
Sendok Plastik	Terdeteksi

Tabel 6 Pengujian Sampah Anorganik

Berdasarkan Tabel 5 Pengujian Sampah anorganik menghasilkan seluruh sampah anorganik dapat terdeteksi dengan baik berdasarkan hasil pengukuran sensor metal detektor dan sensor VOC.

4.2 Pengujian Kesalahan Sistem Pemilah Sampah

Pengujian dilakukan melakukan sebanyak 10 kali percobaan pembuangan sampah ke tempat sampah pemilah otomatis yang ditampilkan pada Serial Monitor. Hal ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kesalahan Hardware dalam menjalankan sistem pemilah sampah. Berikut rumus yang digunakan untuk mengukur tingkat keberhasilan pemilah sampah :

$$\%Keberhasilan = \frac{\text{total pengujian ketepatan pemilah sampah}}{\text{banyak pengujian pemilah sampah}} \times 100\%$$

Jenis Sampah	Jumlah Percobaan	Gagal	Berhasil	Keberhasilan (%)
Sampah Metal	10 kali	3	7	70%
Sampah Organik	10 kali	4	6	60%
Sampah Anorganik	10 kali	0	10	100%
Rata-rata keberhasilan				76.67%
Tingkat Error				23.3%

Tabel 3 Tingkat Keberhasilan Alat

Berdasarkan Tabel 6 Tingkat Keberhasilan Alat memilah sampah sesuai dengan jenis sampah sebesar 76,67% dalam 10 kali percobaan dengan tinggal kegagalan sebesar 23.3%.

4.3 Pengujian Ketahanan Hardware

Pengujian ketahanan Hardware dilakukan untuk mengetahui lama waktu hidup Hardware dengan menggunakan Powerbank 10000 mAH. Pengujian dilakukan dengan menghidupkan Hardware lalu membiarkannya hingga Hardware tersebut kehabisan sumber tegangan. Pengujian Ketahanan Hardware sesuai dengan Tabel 7 berikut ini:

Percobaan Ke-	Waktu	Hitungan Hari
1	69 Jam	2 Hari 21 Jam
2	69 Jam	

Tabel 4 Pengujian Ketahanan Hardware

Berdasarkan hasil pengujian ketahanan Hardware yang dilakukan sebanyak dua kali pengujian menghasilkan ketahanan hardware selama 69 jam atau 2 Hari 21 Jam.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dipaparkan pada buku proyek akhir ini, bahwa dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Hardware dapat memilah sampah secara otomatis dan dibagi menjadi tiga bagian yaitu sampah metal, sampah organik, dan sampah anorganik dengan tingkat keberhasilan alat dalam memilah sampah sebesar 76,67%
2. Kapasitas tempat sampah pada sensor dan menggunakan alat ukur pembanding memiliki perbedaan 1.5cm.
3. Sistem Pemilah Sampah Otomatis telah berjalan dengan baik berdasarkan pengujian fungsionalitas dengan delay 2,27 detik dan besar data yang digunakan sebesar 225 Byte.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pemerintah Indonesia, "Undang-undang No. 18 tentang Pengelolaan Sampah," Sekretariat Negara, 2008.
- [2] Kementerian Dalam Negeri, "Riset: 24 Persen Sampah di Indonesia Masih Tak Terkelola," Badan Litbang, 2018 April 2018. [Online]. Available: <http://litbang.kemendagri.go.id/website/riset-24-persen-sampah-di-indonesia-masih-takterkelola/>. [Accessed 26 November 2019].
- [3] Tim Publikasi Katadata, "Pilah Sampah Jadi Berkah," Katadata, 16 Desember 2019. [Online]. Available: <https://katadata.co.id/infografik/2019/12/16/pilah-sampah-jadi-berkah#>. [Accessed 2019 Desember 26].
- [4] W. H. Wattenburg, "Utility Scale Compressed Air Energy Storage and Clean Power Using Waste Heat from Thermal Power Plants Plus Added Protection for Nuclear Power Plants," IEEE, pp. 1-2, 2018.
- [5] Kementerian Perindustrian, "Making Indonesia 4.0: Strategi RI Masuki Revolusi Industri Ke-4," 20 Maret 2018. [Online]. Available: <https://kemenperin.go.id/artikel/18967/MakingIndonesia-4.0:-Strategi-RI-Masuki-Revolusi-Industri-Ke-4>. [Accessed 30 Agustus 2019].
- [6] Amazon, "Start Building on AWS Today," 2018. [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/>. [Accessed 30 Agustus 2019].
- [7] D. I. A. Firmanti, Modul Pengolahan Sampah Berbasis 3R, Bandung: Kementerian Pekerjaan Umum, 2010.
- [9] Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, Kamus Besar Bahasa Indonesia, Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, 2016.
- [12] Google Developer, "Firebase Realtime Database," [Online]. Available: <https://firebase.google.com/docs/database?hl=id>. [Accessed 30 Agustus 2019].