

Smart Trash Bin Berbasis Internet Of Things Menggunakan Suplai dari Panel Surya

Rizky Agung Ramadhan¹, Giganta Rose Kakke², I Nur Fajar³, Soni Prayogi^{4✉}

^{1,2,3,4} Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pertamina, Jakarta, Indonesia

Informasi Artikel

Riwayat Artikel

Diserahkan : 19-06-2023

Direvisi : 27-06-2023

Diterima : 05-07-2023

Kata Kunci:

Arduino IDE, Hybrid, Photovoltaic, Tempat sampah otomatis.

Keywords:

Arduino IDE, hybrid, photovoltaic, automatic trash can.

ABSTRAK

Tempat sampah otomatis adalah sebuah alat yang mempermudah seseorang dalam membuang sampah. Tutup tempat sampah yang dapat membuka dan menutup secara otomatis memiliki tujuan agar menghindari terinfeksi bakteri pada tutup. Penumpukan sampah dapat menyebabkan bau tidak sedap hingga polusi udara. Tempat sampah otomatis di luar ruangan sangat sulit terakses listrik sehingga diperlukan penyuplai listrik portable. Perancangan ini bertujuan untuk pembuatan tempat sampah otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan sistem *PV-grid*. Sistem ini menambahkan fungsi dari tempat sampah otomatis yaitu untuk memberikan notifikasi terhadap petugas kebersihan jika tempat sampah telah penuh. Sistem suplai listrik menggunakan hybrid dua penyulungan yaitu *photovoltaic* (PV) dan listrik konvensional (*grid*). Perancangan sistem kontrol tempat sampah otomatis menggunakan sensor ultrasonik, modul mikrokontroler Arduino IDE, dan Blynk. Hasil pengujian menunjukkan pengisian baterai hingga penuh membutuhkan waktu 5 jam dan mengirimkan notifikasi jika sensor ultrasonik mendeteksi sampah dengan jarak 15 cm selama 5 detik. Sistem pemberitahuan notifikasi juga berhasil dikirimkan menggunakan media e-mail.

ABSTRACT

An automatic trash can is a tool that makes it easier for someone to dispose of trash. The lid of the trash can that can open and close automatically aims to avoid infection with bacteria on the lid. Garbage buildup can cause bad odors to air pollution. Outdoor automatic trash cans are very difficult to access electricity, so a portable power supply is needed. This design aims to manufacture Internet of Things (IoT) based automatic trash cans using a PV-grid system. This system adds the function of an automatic trash can, namely to provide notifications to cleaning staff when the trash can is full. The electricity supply system uses a hybrid of two feeders: photovoltaic (PV) and conventional electricity (grid). An automatic trash can control system was designed using ultrasonic sensors, Arduino IDE microcontroller modules, and Blynk. The test results show that fully charging the battery takes 5 hours and sends a notification if the ultrasonic sensor detects trash at a distance of 15 cm for 5 seconds. The notification system was also successfully sent using e-mail media.

Corresponding Author:

Soni Prayogi

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pertamina

Alamat: Jl. Teuku Nyak Arief, Simprug, Kebayoran Lama, Jakarta 12220

Email: soni.prayogi@universitaspertamina.ac.id

PENDAHULUAN

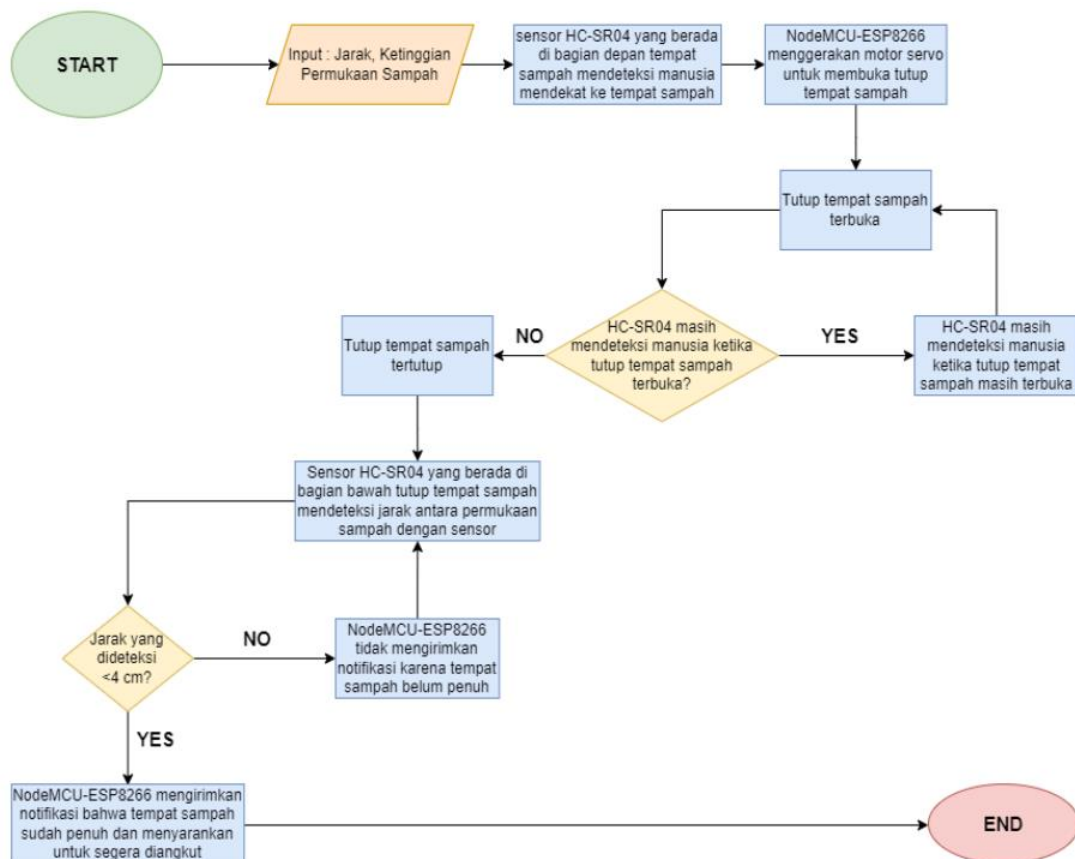
Transformasi digital merupakan proses evolusi yang bertumpu pada teknologi digital untuk mengubah proses bisnis sehingga menciptakan kesatuan nilai (Avsar Erumit et al., 2021). Melalui beberapa pengertian tersebut, bahwa transformasi digital merupakan suatu proses pemanfaatan teknologi digital yang menghasilkan keluaran tertentu, pemanfaatan teknologi yang harus memperhatikan dari segala sisi terutama pada konsep *Smart Environment*, yang terkait dengan konsep *Smart Environment* yaitu tempat sampah pintar (Wu et al., 2021). Menurut permasalahan yang terjadi di Jakarta yaitu permasalahan pada sampah yang menumpuk. Permasalahan tentang sampah yang menumpuk dapat terjadi dikarenakan beberapa faktor, dimulai dari pertumbuhan penduduk yang semakin cepat berbanding lurus dengan kegiatan manusia (Ghufron & Prayogi, 2023). Kegiatan manusia di suatu tempat dapat berdampak pada kondisi lingkungan, kegiatan manusia menghasilkan residu berupa sampah (Olitsky, 2021). Sampah yang tidak dimobilisasi mengakibatkan pencemaran lingkungan seperti bau yang tidak sedap, rusaknya ekosistem, dan penumpukan material residu (Chassereau, n.d.). Masalah sampah di seluruh penjuru dunia menjadi salah satu pusat perhatian, sama halnya yang terjadi di Jakarta. Permasalahan sampah di daerah ibu khusus Jakarta menurut badan lingkungan hidup Jakarta pada tahun 2014 jumlah sampah yang dihasilkan oleh aktivitas manusia setiap hari sebesar 7165 ton. Dari residu sampah yang dihasilkan tidak semua sampah dimobilisasi ke tempat pembuangan akhir (Amrozi et al., 2020). Berdasarkan sumber data yang sama, mobilisasi residu sampah setiap hari mencapai 6500 ton. Ada sebesar 665-ton sampah yang tidak terangkut ke tempat pembuangan akhir yang mengakibatkan tertimbunnya sampah di suatu tempat (Utari et al., 2023).

Tertimbunnya sampah yang tidak termobilisasi salah satunya terjadi di kecamatan Kebayoran Baru khususnya area Sinabung. Sampah yang tidak terangkut dibiarkan dalam penampungan sementara rumahan yaitu tempat sampah. Sampah yang melebihi kapasitas penyimpanan sementara tempat sampah menyebabkan timbulnya bau yang tidak sedap. Melihat permasalahan yang terjadi membuat tim penulis merancang tempat penyimpanan sementara berupa *smart trash bin* berbasis *internet of things* dengan suplai dayanya menggunakan sel surya (Ardi, 2018). Perancangan tempat penyimpanan sementara sampah sebelum diangkut ke tempat pembuangan akhir sampah berupa tempat sampah yang dapat membantu pengguna dalam menggunakan tempat sampah itu sendiri karena tempat sampah dapat terbuka dan tertutup otomatis (Logan et al., 2020). Tidak hanya itu perancangan *smart trash bin* juga akan terhubung dengan *internet of things* sehingga mempermudah pengolah sampah, dalam memantau kondisi kapasitas tempat sampah (Prayogi, Silviana, et al., 2023). *Internet of things* yang kami gunakan dalam perancangan ini berbasis aplikasi Blynk (Rismawan & Toifur, 2018). Blynk merupakan aplikasi yang dapat berfungsi sebagai media koneksi antara perangkat dalam hal ini *smart trash bin* dengan petugas kebersihan yang bertugas (Afandi et al., 2021). Dengan adanya koneksi antara perangkat dan manusia maka permasalahan tempat sampah yang penuh di tempat umum dapat diatasi (Zainuddin et al., 2022). Pengawasan masalah dilakukan oleh sistem dengan menghubungi petugas sesaat setelah tempat sampah diindikasikan penuh (Baharuddin et al., 2022). Perancangan *smart trash bin* berbasis *internet of things* ini dapat memudahkan petugas pembersih tersebut untuk mengetahui jika sampah sudah penuh sehingga dapat mengatur jadwal pengambilan sampah dengan tepat waktu (Hakim et al., 2020).

Dengan dilakukannya perancangan *smart trash bin* berbasis *internet of things* ini diharapkan permasalahan sampah di area Sinabung dapat terselesaikan karena permasalahan sampah di area Sinabung yaitu petugas pembersih yang bertugas untuk mengambil sampah tersebut sering kali terlambat sehingga terjadinya penumpukan, dan hal tersebut dapat terjadi karena petugas pembersih tersebut tidak dapat mengetahui jika sampah pada Sinabung sudah menumpuk, sehingga dengan perancangan *smart trash bin* berbasis *internet of things* ini dapat memudahkan petugas pembersih tersebut untuk mengetahui jika sampah sudah penuh sehingga dapat mengatur jadwal pengambilan sampah dengan tepat waktu.

METODE

Metode yang digunakan dari pelaksanaan kegiatan ini adalah merancang *smart trash bin* berbasis *internet of things* dengan suplai daya dari sel surya. Pada Gambar 1 dapat diketahui bahwa data input yang digunakan yaitu jarak antara manusia dengan tempat sampah dan ketinggian permukaan sampah yang ada di dalam tempat sampah. Pada awalnya sensor HC-SR04 yang berada di bagian depan tempat sampah akan mendeteksi manusia yang akan membuang sampah (Addo et al., 2022). Setelah terdeteksi ada seseorang yang akan membuang sampah, NodeMCU-ESP8266 akan memerintahkan motor servo untuk membuka tutup tempat sampah (Prayogi et al., 2022). Selama tutup tempat sampah terbuka, apabila sensor HC-SR04 yang berada di bagian depan tempat sampah masih mendeteksi adanya manusia, maka tutup tempat sampah akan tetap terbuka (Strohmaier & Zwierzchowski, 2011). Sedangkan, apabila setelah tutup tempat sampah terbuka dan sensor HC-SR04 tidak lagi mendeteksi adanya manusia, maka tutup tempat sampah akan tertutup. Setelah itu sensor HC-SR04 yang berada di bagian bawah tutup tempat sampah akan terus mendeteksi jarak ketinggian permukaan sampah dengan sensor (Munazilah & Yulianto, 2021). Apabila jarak yang dideteksi masih lebih dari 5 cm, maka NodeMCU-ESP8266 tidak akan mengirimkan notifikasi apapun. Namun, apabila jarak yang dideteksi kurang dari 5 cm, maka NodeMCU-ESP8266 akan mengirimkan notifikasi ke petugas kebersihan bahwa tempat sampah sudah penuh, dan menyarankan untuk segera diangkut.



Gambar 1. Diagram alir atau flowchart dari cara kerja sistem smart trash bin

Secara sederhana, konsep dari IoT sendiri adalah menghubungkan mesin dengan mesin lainnya. Manusia hanya berperan untuk memonitor dan mengawasi cara kerja IoT secara berkala, bukan secara terus-menerus. Dalam cara kerja IoT, setidaknya ada 3 hal yang harus ada, yakni perangkat, konektivitas internet, dan cloud data center. Pertama dimulai dengan sensor dalam perangkat IoT yang mengumpulkan data dan bereaksi berdasarkan data yang terkumpul. Sensor dalam perangkat IoT bisa mengenali perubahan temperatur, suara, sentuhan, dan lain sebagainya (Prayogi, Ayunis, et al., 2023). Kemudian, data yang terkumpul akan dikirimkan menggunakan

koneksi internet menuju cloud data center. Setiap fitur dalam perangkat IoT memerlukan kapasitas energi, ketentuan jarak, serta bandwidth yang berbeda-beda. Jadi, sangat krusial untuk memiliki konektivitas internet yang stabil demi bisa mengaplikasikan teknologi IoT dengan optimal. Selanjutnya, data akan diproses oleh software. Proses ini cukup krusial karena akan menentukan reaksi dari perangkat.

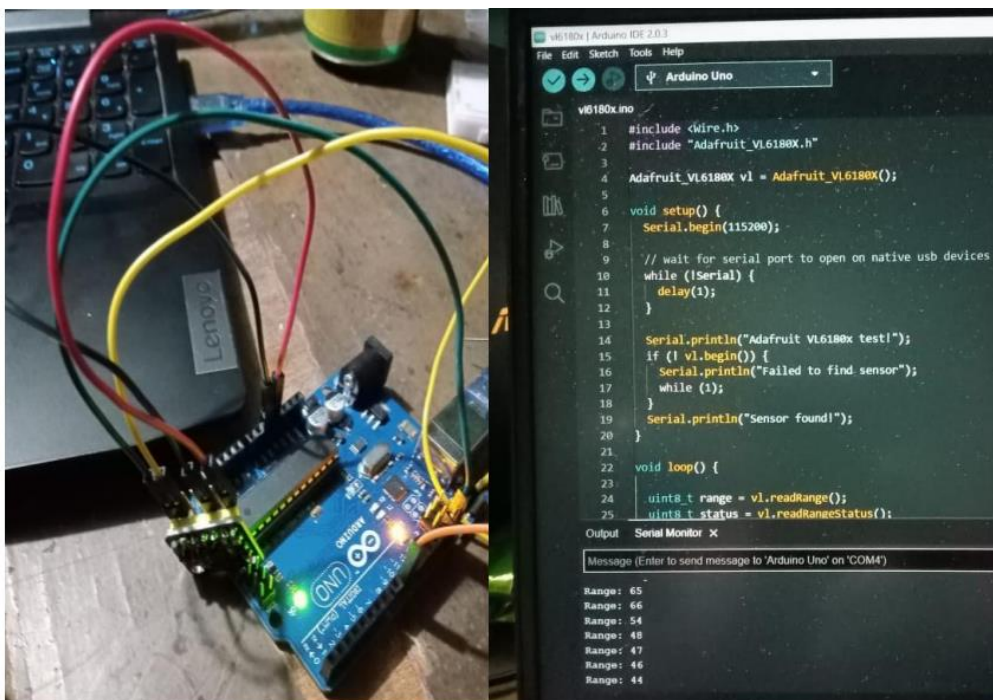
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian awal berisikan tentang pengujian-pengujian peralatan yang digunakan. Kemudian dilanjutkan dengan implementasi perangkat lunak berupa sketch atau rancangan program yang digunakan beserta bentuk *flowchart* dari sistem. Lalu diakhiri dengan implementasi perangkat keras berupa kinerja sistem secara keseluruhan.

Pengujian Peralatan

Pengujian Sensor VL6180X

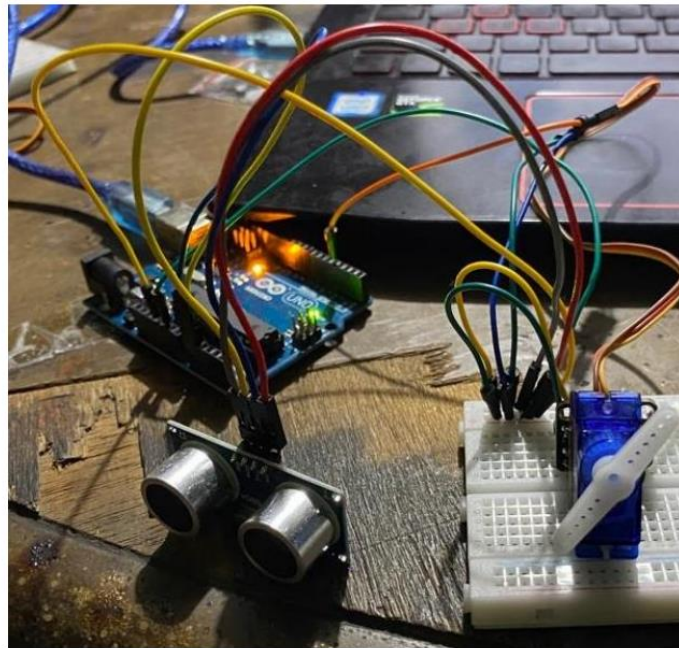
Pengujian sensor VL6180X ini dilakukan dengan cara mengkoneksikan sensor VL6180X ke Arduino Uno. Sensor ini akan membaca jarak yang dideteksi dalam satuan milimeter (mm). Gambar 2 memperlihatkan hasil pengujian sensor VL6180X.



Gambar 2. Pengujian Sensor VL6180X

Pengujian Sensor HC-SR04 + Servo Motor

Pengujian selanjutnya dilakukan dengan menguji sensor HC-SR04 dengan servo motor. Sensor HC-SR04 ini akan bertugas untuk mendeteksi manusia yang akan mendekat ke tempat sampah. Apabila manusia yang mendeteksi sudah berada pada jarak ≤ 5 cm maka motor servo akan bekerja dan membuka tutup tempat sampah. Gambar 3 memperlihatkan hasil pengujian HC-SR04 dan servo motornya.



Gambar 3. Pengujian HC-SR04+Servo

Pengujian LCD

Pengujian ini dilakukan dengan ditambahkan sensor VL6180X. Sensor VL6180X bekerja sebagai sensor yang mendeteksi ketinggian permukaan sampah. Apabila sensor ini mendeteksi ketinggian sampah $\leq 50\text{mm}$ yang berjarak dari sensor, maka lcd akan menampilkan kata “TEMPAT SAMPAH PENUH”. Gambar 4 memperlihatkan hasil pengujian LCD.

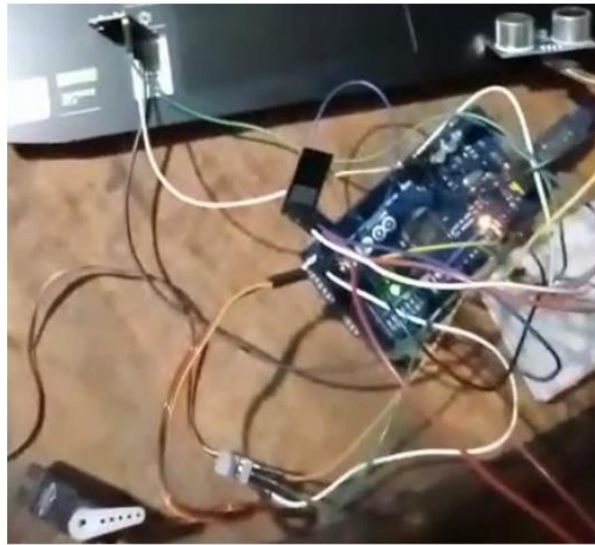


Gambar 4. Pengujian LCD

Pengujian Total + Blynk

Pengujian ini dilakukan dengan merangkai semua peralatan yang dibutuhkan. Peralatan yang dirangkai yaitu VL6180X, HC-SR04, motor servo 2 buah, LCD 16x4, dan ESP8266. Secara singkat program ini akan dimulai dengan sensor ESP8266 mengkoneksikan ke internet dan Blynk. Setelah itu VL6180X akan mendeteksi ketinggian tempat sampahnya, apabila jarak yang dideteksi masih belum kurang dari 50 mm maka tempat sampah belum penuh, dan HC-SR04 dapat bekerja. Apabila ada manusia yang mendekat dalam jarak 5 cm, maka sensor akan mendeteksi dan menjalankan servo motor untuk membuka tutup tempat sampah. Namun, apabila sensor VL6180X telah mendeteksi ketinggian sampah kurang dari 50 mm maka akan mengindikasikan bahwa tempat sampah penuh. Kemudian LCD akan menampilkan kalimat “Kapasitas Sampah:

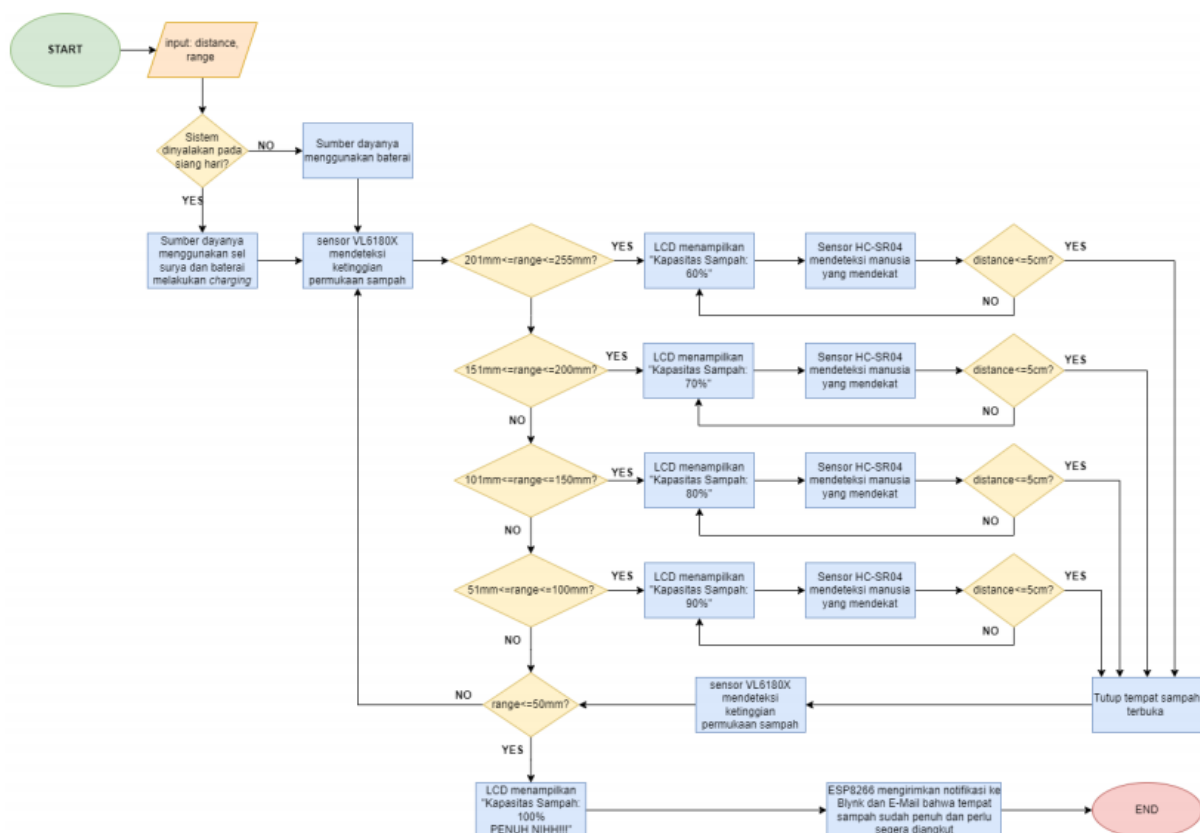
100% PENUH NIH!!!". Apabila tempat sampah penuh, ESP8266 juga akan mengirimkan notifikasi ke Blynk dan e-mail. Gambar 5 memperlihatkan hasil pengujian Pengujian Sensor Total + Blynk.



Gambar 5. Pengujian Sensor Total + Blynk

Implementasi Perangkat Lunak

Program sistem keseluruhan dari alat yang dirancang menggunakan perangkat lunak Arduino IDE dengan ilustrasi diagram dari sistem seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema implementasi sistem

Pada implementasi ini dapat diketahui bahwa sistem tempat sampah dapat bekerja setiap hari dan tanpa perlu mengganti baterainya. Hal ini dikarenakan terdapatnya sel surya yang sebagai daya inputnya (Prayogi, 2023). Pada siang hari sistem akan bergantung pada daya dari sel surya dan baterai akan melakukan proses pengisian. Pada malam hari atau mendung sistem akan bergantung pada baterai sebagai daya suplainya (Pawarangan & Jefriyanto, 2021). Penggantian penyuplai ini dapat dilakukan secara otomatis oleh *solar charge controller*. Sensor VL6180X akan selalu bekerja untuk mendeteksi isi dari tempat sampah (Obeidat et al., 2021). Hasil pembacaan sensor VL6180X masuk ke *variabel range*. Apabila range berkisar 201 sampai 255 mm maka lcd akan menampilkan “Kapasitas Sampah: 60%”. Apabila range berkisar 151 sampai 200 mm maka lcd akan menampilkan “Kapasitas Sampah: 70%”. Apabila range berkisar 101 sampai 150 mm maka lcd akan menampilkan “Kapasitas Sampah: 80%”. Apabila range berkisar 51 sampai 100 mm maka lcd akan menampilkan “Kapasitas Sampah: 90%”. Selama kapasitas sampah belum 100% maka sensor HC-SR04 masih dapat bekerja, dan servo motor masih dapat bekerja untuk membuka tutup tempat sampah apabila sensor HC-SR04 mendeteksi manusia mendekat dalam jarak 5 cm. Namun, apabila range berkisar kurang dari 50 mm maka lcd akan menampilkan “Kapasitas Sampah: 100% PENUH NIH!!!”. Pada kondisi penuh ini sensor HC-SR04 tidak akan bekerja dan servo motor tidak akan membuka tutup tempat sampah (Hamdani et al., 2022). Pada kondisi tempat sampah penuh, ESP8266 akan mengirimkan notifikasi ke Blynk dan e-mail ke petugas kebersihan.

Implementasi Perangkat Keras

Hasil akhir dari seluruh proses perancangan ini yaitu *smart trash bin* yang bisa membuka tutup otomatis, memantau kapasitas sampah, dan memberitahu apabila tempat sampah sudah penuh (Darminto et al., 2023). Alat ini tentu juga mengandalkan energi baru terbarukan yaitu energi surya. Gambar 7 memperlihatkan tempat sampah tampak dari belakang beserta sel surya dan *solar charge controller*.



Gambar 7. Tempat Sampah pada bagian depan +PV

Hasil yang didapatkan pada sistem yang dirancang adalah data pembacaan sensor setiap saat secara *real time* dengan melihat pada aplikasi Blynk yang digunakan pada sistem ini sebagai

tempat memantau hasil pembacaan sensor. Gambar 8 memperlihatkan hasil pembacaan yang terjadi pada aplikasi Blynk.



Gambar 8. Tampilan pada aplikasi blynk saat tempat sampah sudah penuh

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari perancangan tempat sampah berbasis *internet of things* dengan suplai daya dari panel surya yang telah dilakukan diperoleh *smart trash bin* berbasis *internet of things* yang terintegrasi dengan panel surya sehingga daya yang dibutuhkan oleh *smart trash bin* diperoleh langsung dari panel surya jika di siang hari yang cerah memerlukan waktu selama 2-3 jam yang disimpan ke baterai untuk penggunaan selama 1 hari. Tidak hanya itu panel surya juga berfungsi sebagai sumber daya listrik alternatif bagi seseorang yang membutuhkan *charging station* dan berada disekitar tempat sampah. Pada *Smart trash bin* ini juga menyediakan layanan Wi-Fi gratis bagi khalayak umum.

Saran

Pada pengaplikasian tempat sampah dapat dilakukan dengan menggunakan tempat sampah dengan dimensi yang lebih besar. Pemetaan sensor LIDAR VL6180X agar lebih akurat membutuhkan perangkat lunak Processing. Komunikasi IoT dapat diganti dengan metode komunikasi yang lebih baik, atau menggunakan aplikasi sosial media lainnya seperti Whatsapp, Telegram, dll.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada program studi Teknik elektro, Fakultas Teknik Industri, Universitas Pertamina atas dukungan dana dan fasilitas melalui program DST-A.

REFERENSI

- Addo, P. A., Dwomoh, L., & Ofori, C. (2022). Automatic Maintenance Alert System for Heavy Duty Haulage Machines. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*. <https://doi.org/10.25077/jnte.v11n2.1002.2022>
- Afandi, M. A., Hikmah, I., & Agustinah, C. (2021). Microcontroller-based Artificial Lighting to Help Growth the Seedling Pakcoy. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*. <https://doi.org/10.25077/jnte.v10n3.943.2021>
- Amrozi, Y., Wardani, S. D. K., & Ramadhan, R. (2020). Quo Vadis Pengembangan Rekayasa Perangkat Lunak. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 3(2), 237–244. <https://doi.org/10.33379/gtech.v3i2.427>
- Ardi, P. (2018). Pengembangan Media Pembelajaran Microcontroler Plug And Play Pada Mata Kuliah Microcontroler S1 Pendidikan Teknik Elektro Unipma. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 1(2), 90–92. <https://doi.org/10.33379/gtech.v1i2.274>
- Avsar Erumit, B., Akerson, V. L., & Buck, G. A. (2021). Multiculturalism in higher education: Experiences of international teaching assistants and their students in science and math classrooms. *Cultural Studies of Science Education*, 16(1), 251–278. <https://doi.org/10.1007/s11422-020-09996-2>
- Baharuddin, Hidayat, A. A., Andre, H., & Angraini, R. (2022). The Design of Soil Temperature and Humidity Monitoring Systems with IoT-Based LoRa Technology. *JURNAL NASIONAL TEKNIK ELEKTRO*. <https://doi.org/10.25077/jnte.v11n3.1074.2022>
- Chassereau, K. D. (n.d.). *The Cultural Studies of Science Education*.
- Darminto, D., Asih, R., Priyanto, B., Baqiya, M. A., Ardiani, I. S., Nadiyah, K., Laila, A. Z., Prayogi, S., Tunmee, S., Nakajima, H., Fauzi, A. D., Naradipa, M. A., Diao, C., & Rusydi, A. (2023). Unrevealing tunable resonant excitons and correlated plasmons and their coupling in new amorphous carbon-like for highly efficient photovoltaic devices. *Scientific Reports*, 13(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31552-5>
- Ghufron, S., & Prayogi, S. (2023). Cooling System in Machine Operation at Gas Engine Power Plant at PT Multidaya Prima Elektrindo. *Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)*, 1(2), Article 2. <https://doi.org/10.31004/riggs.v1i2.21>
- Hakim, I. N., Amdrian, A. L., Pradana, A. B., & Wardana, A. N. I. (2020). Pengembangan Electronic Load Controller untuk Self-Excited Induction Generator Berbasis Penyearah Tiga Fase Menggunakan Raspberry Pi. *JURNAL NASIONAL TEKNIK ELEKTRO*, 159–170. <https://doi.org/10.25077/jnte.v9n3.802.2020>
- Hamdani, D., Prayogi, S., Cahyono, Y., Yudoyono, G., & Darminto, D. (2022). The influences of the front work function and intrinsic bilayer (i1, i2) on p-i-n based amorphous silicon solar cell's performances: A numerical study. *Cogent Engineering*, 9(1), 2110726. <https://doi.org/10.1080/23311916.2022.2110726>
- Logan, B. E., Rossi, R., Baek, G., Shi, L., O'Connor, J., & Peng, W. (2020). Energy Use for Electricity Generation Requires an Assessment More Directly Relevant to Climate Change. *ACS Energy Letters*, 5(11), 3514–3517. <https://doi.org/10.1021/acsenergylett.0c02093>

- Munazilah, S., & Yulianto, A. (2021). Development of I-SETS Thematic Teaching Materials to Improve Student Character. *Phenomenon: Jurnal Pendidikan MIPA*, 11(2), Article 2. <https://doi.org/10.21580/phen.2021.11.2.8428>
- Obeidat, M. A., Qawaqneh, M., Mansour, A. M., & Abdallah, J. (2021). Smart Distribution System using Fuzzy Logic Control. *2021 12th International Renewable Engineering Conference (IREC)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/IREC51415.2021.9427799>
- Olitsky, S. (2021). Identity, agency, and the internal conversations of science and math teachers implementing instructional reforms in high-need urban schools. *Cultural Studies of Science Education*, 16(1), 19–45. <https://doi.org/10.1007/s11422-019-09965-4>
- Pawarangan, I., & Jefriyanto, W. (2021). Identification of Electrical Properties of Bio-battery based on Spent Coffee Grounds. *BULETIN FISIKA*, 23(2), Article 2. <https://doi.org/10.24843/BF.2022.v23.i02.p03>
- Prayogi, S. (2023). Karakteristik Sel Surya Polikristal Pada Sistem Sun Simulator Menggunakan Lampu Halogen Bulm. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(1), 103–108. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i1.1929>
- Prayogi, S., Ayunis, A., Cahyono, Y., & Darminto, D. (2023). N-type H₂-doped amorphous silicon layer for solar-cell application. *Materials for Renewable and Sustainable Energy*. <https://doi.org/10.1007/s40243-023-00232-9>
- Prayogi, S., Cahyono, Y., & Darminto, D. (2022). Electronic structure analysis of a-Si: H p-i1-i2-n solar cells using ellipsometry spectroscopy. *Optical and Quantum Electronics*, 54(11), 732. <https://doi.org/10.1007/s11082-022-04044-5>
- Prayogi, S., Silviana, F., & Saminan, S. (2023). Development of an Inexpensive Spectrometer Tool with a Tracker to Investigate Light Spectrum. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 24(1), Article 1.
- Rismawan, R., & Toifur, M. (2018). Signal processing of C-RTD Sensor output as the input to the instrument of low temperature monitoring using Arduino Uno Rev.3. *Indonesian Review of Physics*, 1(2), Article 2. <https://doi.org/10.12928/irip.v1i2.809>
- Strohmaier, S., & Zwierzchowski, G. (2011). Comparison of ⁶⁰Co and ¹⁹²Ir sources in HDR brachytherapy. *Journal of Contemporary Brachytherapy*, 3(4), 199–208. <https://doi.org/10.5114/jcb.2011.26471>
- Utari, I. D., Meilasari, F., & Arifin. (2023). Analisis Konduktivitas Listrik Lindi Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Batu Layang Terhadap Jarak Pemukiman Masyarakat. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(2), 683–692. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i2.2392>
- Wu, Q., Chen, H., & Liu, B. (2021). Design and Application of Mechanical Control System Based on Computer. *Journal of Physics: Conference Series*, 1992(2), 022063. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1992/2/022063>
- Zainuddin, Z., Syukri, M., Prayogi, S., & Luthfia, S. (2022). Implementation of Engineering Everywhere in Physics LKPD Based on STEM Approach to Improve Science Process Skills. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia (Indonesian Journal of Science Education)*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v10i2.23130>