



The 7th Conference on Innovation and Application of Science and Technology
(CIASTECH)

Website Ciastech 2024 : <https://ciastech.net>
Open Conference Systems : <https://ocs.ciastech.net>
Proceeding homepage : <https://ciastech.net>

P-ISSN : 2622-1276
E-ISSN: 2622-1284

PENGEMBANGAN ALAT PENGUKUR TINGGI BADAN DIGITAL BERBASIS SENSOR ULTRASONIK HY-SRF05 DAN ARDUINO UNO

Hanif Farras Ibrahim^{1*}, Robi Hidayat Putra²⁾, Pitoyo Winarko Darusalam³⁾, Diky Siswanto⁴⁾

^{1, 2, 3, 4)} Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Widyagama Malang

INFORMASI ARTIKEL

Data Artikel :

Naskah masuk, 11 November 2024
Direvisi, 6 Desember 2024
Diterima, 20 Desember 2024

Email Korespondensi :

dsiswanto@widyagama.ac.id

ABSTRAK

Tinggi badan merupakan parameter penting dalam evaluasi status kesehatan dan ergonomi. Metode konvensional pengukuran tinggi badan memiliki kelemahan seperti ketergantungan pada operator manusia dan potensi kesalahan baca. Penelitian ini bertujuan mengembangkan alat pengukur tinggi badan digital berbasis sensor ultrasonik HY-SRF05 dan Arduino Uno untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi pengukuran. Metodologi yang digunakan adalah "Engineering Design Process" yang meliputi identifikasi kebutuhan, pengembangan prototipe, serta pengujian alat. Sistem dirancang untuk mengukur tinggi badan dalam rentang 50–200 cm dengan toleransi kesalahan ± 1 cm. Komponen utama meliputi sensor HY-SRF05 untuk pengukuran jarak, Arduino Uno sebagai pengolah data, dan layar LCD sebagai antarmuka pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat mampu menghasilkan pengukuran dengan tingkat akurasi rata-rata ± 1 cm. Sistem berhasil mengurangi ketergantungan pada operator manusia melalui proses otomatisasi yang konsisten. Kesimpulan penelitian menunjukkan bahwa alat ini merupakan solusi praktis, efisien, dan akurat untuk pengukuran tinggi badan, cocok untuk aplikasi di rumah, sekolah, atau fasilitas kesehatan. Penelitian ini merupakan luaran wajib dari mata kuliah "Capstone Design" yang bertujuan mengintegrasikan teori dan praktik dalam pengembangan teknologi terapan.

Kata Kunci : *pengukuran otomatis, capstone design, engineering design process, sensor jarak, sistem otomatisasi*

1. PENDAHULUAN

Tinggi badan merupakan salah satu parameter penting dalam berbagai aspek kehidupan, mulai dari penilaian status kesehatan, pengaturan ergonomi, hingga kebutuhan dalam industri tertentu. Secara khusus, tinggi badan sering digunakan dalam kombinasi dengan berat badan untuk

menentukan status gizi seseorang melalui indeks massa tubuh (IMT), yang berperan dalam memantau kesehatan dan mencegah risiko penyakit kronis seperti obesitas atau malnutrisi [1]. Oleh karena itu, alat pengukur tinggi badan yang akurat menjadi kebutuhan esensial dalam dunia kesehatan dan kehidupan sehari-hari.

Alat ukur tinggi badan yang umum tersedia di pasaran sering kali masih menggunakan metode manual. Sebagai contoh, pengukuran tinggi badan di klinik atau rumah sakit sering dilakukan menggunakan meteran yang ditempelkan secara vertikal pada dinding, atau dengan meteran gulung tarik yang diletakkan di atas kepala pengguna [2]. Meskipun sederhana, metode ini memiliki kelemahan seperti ketergantungan pada operator, potensi kesalahan baca, dan kurangnya kemampuan untuk mendokumentasikan hasil secara otomatis.

Seiring dengan perkembangan teknologi, khususnya di bidang mikrokontroler dan sensor, berbagai inovasi telah dikembangkan untuk mendukung pengukuran secara digital. Salah satu teknologi yang menarik perhatian adalah sensor ultrasonik, seperti HC-SR04 [3]. Sensor ultrasonik tipe lain, yaitu HY-SRF05, mampu mengukur jarak dengan tingkat akurasi lebih tinggi melalui prinsip pemantulan gelombang suara [4]. Teknologi ini memungkinkan pengukuran dilakukan secara otomatis dan tanpa kontak fisik langsung, sehingga mengurangi potensi kesalahan dan meningkatkan kenyamanan pengguna.

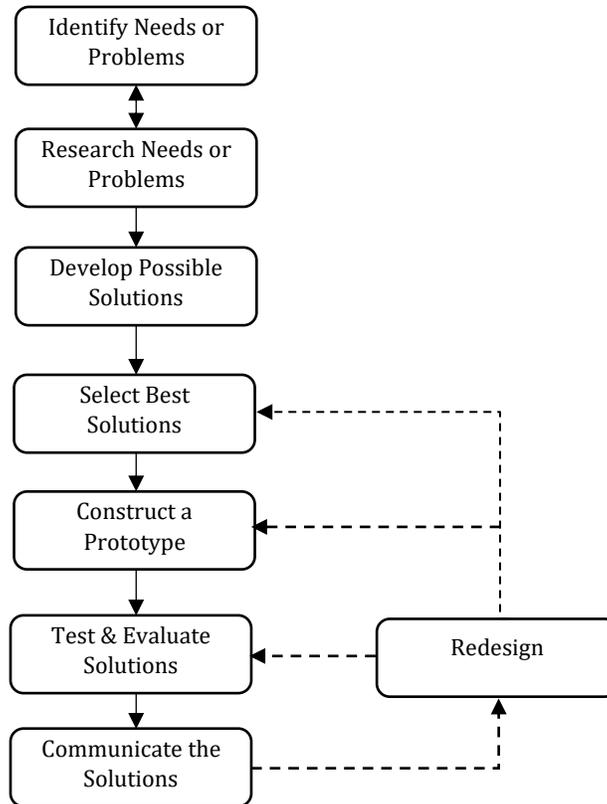
Penelitian terdahulu telah merancang alat pengukur tinggi badan digital berbasis sensor ultrasonik HC-SR04 dengan mikrokontroler Arduino Uno [5]. Sistem tersebut dilengkapi dengan LCD sebagai antarmuka pengguna dan output suara untuk menginformasikan hasil pengukuran. Prototipe tersebut menunjukkan keberhasilan dalam memberikan solusi otomatis untuk pengukuran tinggi badan, dengan interval pengukuran antara 110 cm hingga 197 cm. Namun, hasil pengujian menunjukkan adanya keterbatasan. Sistem gagal mengenali beberapa hasil pengukuran tertentu, misalnya tinggi badan 154 cm. Hal ini mengindikasikan bahwa akurasi pengukuran dan kehandalan sistem dalam menangani variasi data masih perlu ditingkatkan. Selain itu, penggunaan sensor HC-SR04 yang memiliki karakteristik spesifik dapat memengaruhi performa dalam situasi tertentu, seperti dalam lingkungan dengan gangguan suara atau permukaan reflektif yang tidak ideal.

Sebagai respon atas kelemahan tersebut, penelitian ini mengusulkan penggunaan sensor ultrasonik HY-SRF05 yang memiliki spesifikasi teknis kompetitif dibandingkan HC-SR04, tingkat akurasi lebih baik [6], dan interval pengukuran yang lebih lebar [7]. Dengan memanfaatkan HY-SRF05, diharapkan sistem pengukuran yang dikembangkan dapat memperbaiki kekurangan pada penelitian sebelumnya. Selain itu, fokus penelitian ini juga mencakup pengembangan algoritma yang lebih adaptif dan integrasi antarmuka pengguna yang lebih intuitif, sehingga meningkatkan keandalan dan kemudahan penggunaan alat dalam berbagai konteks aplikasi. Upaya ini tidak hanya menjawab tantangan dari penelitian terdahulu tetapi juga berpotensi memberikan kontribusi baru dalam pengembangan teknologi pengukuran tinggi badan digital berbasis sensor ultrasonik.

Pengembangan ini tidak hanya diharapkan dapat memenuhi kebutuhan pengukuran individu dalam konteks sehari-hari tetapi juga dapat diaplikasikan secara lebih luas, misalnya di fasilitas kesehatan, sekolah, atau pusat kebugaran. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menjadi upaya untuk menjawab keterbatasan alat konvensional, tetapi juga berkontribusi pada pemanfaatan teknologi modern untuk meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat applied research yang bertujuan memecahkan masalah praktis di masyarakat atau institusi terkait. Metode yang digunakan adalah metode Engineering Design Process yang lebih sesuai untuk memecahkan masalah yang melibatkan desain sebuah produk. Berikut Langkah-langkah yang dilakukan. Proses ini bisa tersusun sebagai berikut (lihat Gambar 1.) [8]: (1) identify needs or problems, (2) research needs or problems, (3) develop possible solutions, (4) select best possible solutions, (5) construct a prototype, (6) test and evaluate solutions, (7) communicate the solutions, and (8) redesign.



Gambar 1. Tahapan Engineering Design Process

2.1. Identify Needs or Problems

Proses pertama dimulai dengan memahami kebutuhan utama dari alat pengukur tinggi badan digital. Tantangan utama yang diidentifikasi adalah kebutuhan akan akurasi tinggi dalam pengukuran tinggi badan menggunakan sensor ultrasonik. Analisis dilakukan terhadap presisi alat, termasuk faktor-faktor eksternal seperti posisi pengguna dan lingkungan (suhu, dan kelembapan). Faktor internal seperti spesifikasi sensor, stabilitas perangkat keras, dan perangkat lunak juga diperhitungkan. Langkah ini bertujuan memastikan alat dapat memenuhi standar akurasi yang diperlukan untuk penggunaan praktis di masyarakat atau institusi terkait.

2.2. Research Needs or Problems

Penelitian dimulai dengan mempelajari metode konvensional pengukuran tinggi badan, seperti penggaris dinding atau stadiometer [2]. Metode ini memiliki keterbatasan, termasuk ketergantungan pada operator manusia dan tingkat akurasi yang kurang konsisten (sitasi diperlukan). Selanjutnya,

prinsip kerja sensor ultrasonik HY-SRF05 dipelajari, terutama mekanisme pengukuran jarak berdasarkan waktu pantulan gelombang suara [9]. Platform Arduino juga ditinjau sebagai komponen inti sistem, mengingat fleksibilitas dan kemudahan penggunaannya untuk pengembangan prototipe sistem berbasis IoT [10][11][12].

2.3. Develop Possible Solutions

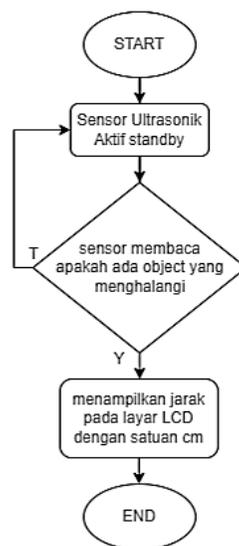
Dalam tahap ini, cara kerja alat dan kebutuhan spesifik sistem dirumuskan. Sistem dirancang untuk mengukur tinggi badan dalam rentang 50–200 cm dengan toleransi kesalahan maksimal ± 1 cm. Komponen utama meliputi sensor ultrasonik HY-SRF05 untuk pengukuran jarak, Arduino Uno sebagai pengolah data, layar LCD untuk menampilkan hasil, dan sumber daya listrik. Perangkat lunak dirancang menggunakan algoritma yang menghitung tinggi badan berdasarkan data sensor. Selain itu, biaya produksi dioptimalkan dengan prioritas pada komponen lokal yang mudah diperoleh.

2.4. Select Best Possible Solutions

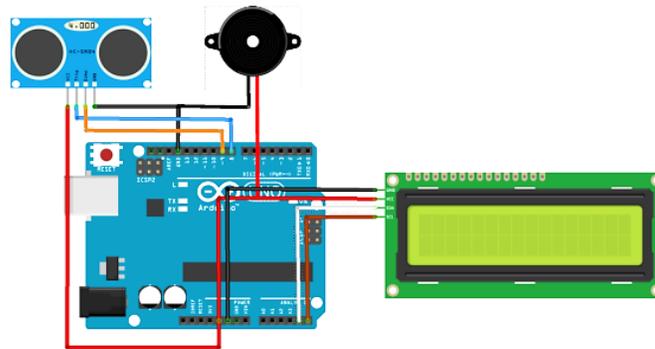
Solusi terbaik dipilih melalui diskusi tim dan evaluasi kriteria seperti efisiensi, akurasi, biaya, kemudahan implementasi, dan daya tahan alat. Alternatif desain dipertimbangkan, termasuk konfigurasi sensor dan algoritma pengolahan data. Setelah evaluasi, dipilih desain yang menawarkan keseimbangan optimal [13] antara akurasi dan biaya. Pelatihan tim dilakukan untuk memastikan semua anggota memahami spesifikasi sensor HY-SRF05, pemrograman Arduino, dan prosedur pengujian.

2.5. Construct a Prototype

Prototipe dirancang dengan memadukan komponen utama sesuai spesifikasi. Desain algoritma pengukuran diuji menggunakan simulasi sebelum diimplementasikan pada perangkat keras (lihat Gambar 2.). Rangkaian elektronik dibuat untuk menghubungkan sensor HY-SRF05, Arduino, dan layar LCD (lihat Gambar 3.). Struktur fisik alat dirancang untuk memastikan stabilitas dan kemudahan penggunaan. Setelah perakitan selesai (lihat Gambar 4.), antarmuka pengguna pada layar LCD dirancang agar hasil pengukuran dapat dibaca dengan jelas dan akurat.



Gambar 2. Diagram Alir Cara Kerja Alat Ukur Tinggi Badan Digital



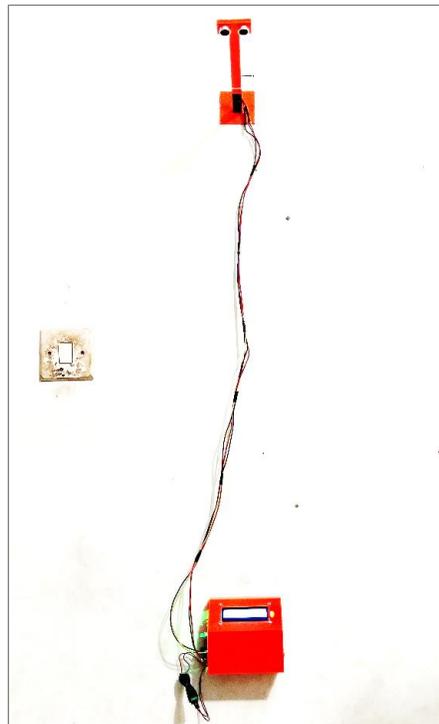
Gambar 3. Diagram Pengkabelan Rangkaian Alat Pengukur Tinggi Badan Digital

2.6. Test and Evaluate Solutions

Prototipe diuji untuk memastikan semua komponen berfungsi sesuai harapan (lihat Gambar 5.). Sensor ultrasonik HY-SRF05 diuji pada berbagai jarak untuk mengevaluasi akurasi dan responsivitasnya. Sistem otomatisasi pengukuran diuji dengan membandingkan hasilnya dengan pengukuran manual. Hasil pengujian dianalisis untuk memastikan alat memenuhi spesifikasi desain.

2.7. Communicate the Solution and Redesign

Hasil uji coba disampaikan kepada tim dan pengguna potensial untuk mendapatkan umpan balik. Berdasarkan masukan tersebut, dilakukan perbaikan pada desain alat. Perbaikan ini mencakup peningkatan stabilitas perangkat keras, optimasi algoritma pengukuran, dan penyempurnaan antarmuka pengguna. Langkah ini bertujuan untuk meningkatkan keandalan dan keberlanjutan alat sebelum diterapkan secara luas.



Gambar 4. Alat Ukur Tinggi Badan Digital Berbasis Sensor Ultrasonik

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Identifikasi Masalah dan Tantangan Presisi

Pada tahap awal, dilakukan identifikasi masalah untuk menentukan tantangan utama dalam pengembangan alat pengukur tinggi badan berbasis digital. Tantangan utama adalah memastikan akurasi pengukuran tinggi badan menggunakan sensor ultrasonik HY-SRF05 dalam berbagai kondisi lingkungan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa akurasi sensor ultrasonik dipengaruhi oleh karakteristik sensor dan kondisi eksternal seperti suhu dan kelembapan [7].

Dibandingkan dengan sensor lain seperti HC-SR04 dan JSN-SR04T, sensor HY-SRF05 memiliki tingkat akurasi yang kompetitif, dengan rata-rata kesalahan pengukuran sebesar 1,44 % dan interval pengukuran 2 cm - 4.5 m [7]. Hal ini menjadikannya pilihan terbaik untuk sistem ini. Namun, akurasi tersebut tetap dipengaruhi oleh lingkungan pengujian. Sebagai contoh, suhu sekitar yang berkisar antara 25,3°C hingga 26,9°C [14] dapat memengaruhi propagasi gelombang ultrasonik [15], sehingga penting untuk memastikan stabilitas kondisi saat alat dioperasikan.

Selain itu, kemampuan prosesor Arduino Uno yang digunakan sebagai pengolah data juga menjadi pertimbangan. Dengan prosesor ATmega328P, kecepatan 16 MHz, dan kapasitas memori yang terbatas (32 kB Flash, 2 kB SRAM) [16], efisiensi kode program menjadi faktor kritis untuk menjaga kinerja sistem. Pengoptimalan perangkat lunak dan manajemen penggunaan memori dilakukan untuk menghindari masalah runtime dan memastikan stabilitas alat dalam penggunaan jangka panjang [17].



Gambar 5. Pengujian Alat Ukur Tinggi Badan Digital

3.2. Kebutuhan Masyarakat dan Solusi yang Dikembangkan

Penelitian dimulai dengan mempelajari kebutuhan masyarakat terhadap alat pengukur tinggi badan yang praktis, otomatis, dan akurat. Metode konvensional seperti stadiometer atau penggaris dinding sering kali kurang efisien, memerlukan operator manusia, dan berpotensi menghasilkan pengukuran yang inkonsisten. Dengan menggunakan sensor ultrasonik HY-SRF05, alat ini

menawarkan solusi yang mengotomatisasi proses pengukuran dengan tingkat akurasi tinggi dan kemudahan penggunaan.

Sistem dirancang untuk mengukur tinggi badan dalam rentang 50–200 cm dengan toleransi kesalahan maksimal ± 1 cm. Selain sensor ultrasonik HY-SRF05, digunakan Arduino Uno sebagai pengolah data, layar LCD untuk menampilkan hasil pengukuran, dan sumber daya listrik untuk operasional alat. Algoritma pengukuran dikembangkan untuk menghitung tinggi badan berdasarkan data jarak dari sensor dengan kompensasi sederhana untuk faktor-faktor lingkungan seperti suhu [9], [18].

3.3. Pengujian dan Evaluasi Prototipe

Setelah prototipe selesai dirakit, dilakukan serangkaian uji coba untuk mengevaluasi kinerja alat. Sensor ultrasonik diuji pada berbagai jarak untuk memastikan akurasi, dan hasilnya dibandingkan dengan pengukuran manual menggunakan stadiometer. Berdasarkan pengujian ini, alat menunjukkan tingkat akurasi yang sangat baik yang dikomparasi dengan hasil pengukuran manual. Sistem otomatisasi juga berhasil mengurangi ketergantungan pada operator manusia, sehingga meningkatkan konsistensi hasil pengukuran.

3.4. Keunggulan dan Tantangan

Alat pengukur tinggi badan berbasis Arduino ini menawarkan beberapa keunggulan utama, seperti akurasi tinggi, kemudahan penggunaan, biaya yang terjangkau, dan kemampuan untuk mengotomatisasi proses pengukuran. Integrasi antarmuka pengguna pada layar LCD juga dirancang agar mudah dibaca dan intuitif, sehingga cocok digunakan oleh berbagai kalangan, baik di rumah, sekolah, maupun institusi kesehatan.

Namun, terdapat beberapa tantangan yang perlu diatasi. Ketidakpastian akurasi akibat variasi kondisi lingkungan masih menjadi perhatian [15], meskipun dampaknya dapat diminimalkan dengan kalibrasi rutin. Selain itu, rentang pengukuran sensor ultrasonik yang terbatas pada 2 cm hingga 6 m [7] membuatnya kurang cocok untuk beberapa aplikasi khusus yang membutuhkan rentang lebih panjang. Rekomendasi lebih lanjut mencakup penggunaan filter untuk mengurangi noise, serta pengembangan algoritma kompensasi yang lebih kompleks untuk menghadapi kondisi lingkungan yang ekstrem.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan prototipe alat pengukur tinggi badan digital berbasis sensor ultrasonik HY-SRF05 dan Arduino Uno, yang dirancang untuk mengatasi keterbatasan metode konvensional. Alat ini menunjukkan keunggulan dalam akurasi pengukuran dengan rata-rata kesalahan ± 1 cm, kemudahan penggunaan melalui antarmuka layar LCD yang intuitif, serta kemampuan untuk mengotomatisasi proses pengukuran tanpa keterlibatan operator manusia. Dengan rentang pengukuran 50–200 cm, alat ini cocok untuk aplikasi di rumah, sekolah, fasilitas kesehatan, maupun pusat kebugaran. Penggunaan sensor ultrasonik HY-SRF05 terbukti memberikan hasil pengukuran yang konsisten, meskipun tetap dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti suhu dan kelembapan. Pengujian menunjukkan bahwa algoritma pengolahan data yang dikembangkan pada Arduino Uno berhasil memanfaatkan sumber daya mikrokontroler yang terbatas secara optimal, memastikan stabilitas alat dalam berbagai kondisi penggunaan. Namun, beberapa tantangan masih perlu diatasi, seperti sensitivitas terhadap kondisi lingkungan dan rentang pengukuran sensor

yang terbatas. Untuk meningkatkan performa di masa depan, disarankan adanya kalibrasi rutin, penggunaan filter untuk meminimalkan noise, dan pengembangan algoritma kompensasi yang lebih kompleks. Dengan penyempurnaan lebih lanjut, alat ini memiliki potensi untuk menjadi solusi inovatif yang mendukung kebutuhan pengukuran tinggi badan secara praktis, efisien, dan akurat, sekaligus menjadi bukti implementasi teknologi modern dalam meningkatkan kualitas hidup masyarakat.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel ini berhasil disusun ulang berdasarkan Proyek Akhir dari Mata Kuliah (MK) Karya Inovatif Tim (Capstone Design). Terima kasih kepada Dosen Pengampu MK, Bapak Dr. Diky Siswanto, atas dedikasi, motivasi, bimbingan, dan pencerahannya selama mengampu MK di atas. Terima kasih juga kami sampaikan kepada pihak-pihak yang berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini, teman-teman anggota tim, laboran Prodi Teknik Elektro dan segenap pimpinan UWG. Sehingga berhasil menyelesaikan Proyek Akhir Capstone Design serta publikasi artikel ini.

6. REFERENSI

- [1] N. M. Sukanty, "The Importance of Nutritious Food Consumption Patterns in Adolescents to Maintain Body Mass Index (BMI) within the Normal Range," *Alamtana: Jurnal Pengabdian Masyarakat UNW Mataram*, vol. 5, no. 1, pp. 10–16, May 2024.
- [2] D. Y. Fitranti, H. S. Wijayanti, A. F. A. Tsani, and B. Panunggal, *Panduan Praktikum Penilaian Status Gizi*, I. Semarang, Indonesia: Fakultas Kedokteran, Universitas Diponegoro, 2020.
- [3] S. Djumingan, D. Siswanto, and M. U. Subhan, "Monitoring dan Controlling pada Proses Bunkering di Kapal berbasis Internet of Things," *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, vol. 5, no. 1, pp. 25–37, 2024, doi: 10.31328/jasee.v5i1.498.
- [4] M. Bima, S. Kharissena, A. D. Santoso, and D. Ratnaningsih, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Volume Bahan Bakar Minyak di Atas Kapal berbasis ESP32," *Globe: Publikasi Ilmu Teknik, Teknologi Kebumihan, Ilmu Perkapalan*, vol. 2, no. 3, pp. 258–272, 2024, doi: <https://doi.org/10.61132/globe.v2i3.518>.
- [5] I. U. Putra, S. Saefulloh, M. Bakri, and D. Darwis, "Pengukur Tinggi Badan Digital Ultrasonik berbasis Arduino dengan LCD dan Output Suara," *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer*, vol. 2, no. 2, pp. 1–14, 2022, doi: 10.33365/jtikom.v2i2.69.
- [6] A. Rifa'i, "Komparasi Kinerja Sensor Ultrasonik HC-SR04 dan Ultrasonik HY-SRF05 untuk Sistem Pengukuran Jarak pada Automatic Hand Washing Machine Station," Institut Teknologi Kalimantan, 2021.
- [7] A. Amrullah, "Perbandingan Tingkat Akurasi Pengukuran Ketinggian Air pada Sensor HC-SR04, HY-SRF05, dan JSN-SR04T," *Jurnal Infomedia: Teknik Informatika, Multimedia & Jaringan*, vol. 7, no. 1, pp. 1–5, 2022, doi: <http://dx.doi.org/10.30811/jim.v7i1.2955>.
- [8] K. Y. Lin, Y. T. Wu, Y. T. Hsu, and P. J. Williams, "Effects of infusing the engineering design process into STEM project-based learning to develop preservice technology teachers' engineering design thinking," *International Journal of STEM Education*, vol. 8, no. 1, pp. 1–15, 2021, doi: <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00258-9>.
- [9] H. Amrulloh, "Pembuatan Alat Pengukur Tinggi Badan Otomatis berbasis Arduino Uno Output LCD dan Suara," Universitas Bina Sarana Informatika, 2019.

- [10] Dony Apdiana, Felicia A. Stevanie B.K., Handika, Rukmanta Jayawiguna, and Nasri, "Rancang Bangun Smart Trash Bin berbasis Arduino Uno R3 dengan Sensor Ultrasonik HY- SRF05 menggunakan Tenaga Surya," *Dirgamaya: Jurnal Manajemen dan Sistem Informasi*, vol. 04, no. 01, pp. 23–29, 2024.
- [11] M. Attubel, D. Siswanto, and M. Mukhsim, "Sistem Monitoring Perawatan Kendaraan berbasis Internet of Things (IoT)," in *The 2nd Conference on Innovation and Application of Science and Technology (CIASTECH)*, Malang, Jawa Timur, Indonesia: Universitas Widyagama Malang, 2019.
- [12] M. Attubel, D. Siswanto, and M. Mukhsim, "Sistem Pemantauan dan Pengingat Waktu Perawatan Kendaraan berbasis Internet of Things," *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, vol. 1, no. 01, pp. 51–65, 2020, doi: 10.31328/jasee.v1i01.6.
- [13] D. Siswanto, L. Zhang, K. Navaie, and Deepak, "Weighted Sum Throughput Maximization in Heterogeneous OFDMA Networks," *IEEE 83rd Vehicular Technology Conference: VTC2016-Spring*, 2016.
- [14] BPS Yogyakarta, "Suhu Rata-Rata (Celcius), 2022," Badan Pusat Statistik Provinsi DI Yogyakarta. Accessed: Nov. 20, 2024. [Online]. Available: <https://yogyakarta.bps.go.id/id/statistics-table/2/NDU3IzI=/suhu-rata-rata.html>
- [15] R. A. Putra, G. A. Fatoni, M. H. Rifai, E. W. Ahsani, and R. D. Danendra, "Validasi Akurasi Pengukuran terhadap Benda menggunakan Sensor Ultrasonik berbasis NodeMCU 8266," *Mars : Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Ilmu Komputer*, vol. 2, no. 3, pp. 188–195, 2024, doi: <https://doi.org/10.61132/mars.v2i3.187>.
- [16] Arduino, "Arduino Uno R3: Product Reference Manual," Monza, Italy, 2024.
- [17] Arduino Team, "IDE 2.3 is out, and you'll love the new debugging features in it," Blog Home. Accessed: Nov. 20, 2024. [Online]. Available: <https://blog.arduino.cc/2024/02/07/ide-2-3-is-out-and-youll-love-the-new-debugging-features-in-it/#:~:text=We%27ve just released Arduino IDE 2.3%2C and,stable and fully incorporated into the IDE!>
- [18] A. S. Romadhon and F. Umam, *Project Sistem Kontrol berbasis Arduino*, 1st ed. Bangkalan, Indonesia: Media Nusa Creative, 2021.