

Rancang Bangun Dan Evaluasi Quick Tester Sensor Berbasis Arduino Mega 2560 Untuk Praktikum Mikrokontroler

Laily Ratnaningtyas ^{1*)}, Aziz Putra Prima², Winda Rachmawati ³, Fauziah Sholikhatus Nisa⁴,
Amal Karim Tri Cahya Utama⁵.

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

* Penulis Korespondensi, e-mail: laily.ratnaningtyas@polinema.ac.id

Received:17/08/2026

Revised:20/09/2026

Accepted:28/09/2026

ABSTRAK

Penelitian ini merancang dan mengevaluasi Quick Tester Sensor berbasis Arduino Mega 2560 untuk verifikasi fungsional sensor DHT11/DHT22, HC-SR04, LDR, dan PIR sebelum digunakan pada praktikum Mikrokontroler. Perangkat mengintegrasikan soket sensor, tombol navigasi, LCD 20x4 I2C, LED, dan buzzer untuk menampilkan status hasil pengujian. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan durasi pemeriksaan menggunakan metode manual berbasis breadboard dengan pengujian menggunakan Quick Tester Sensor. Waktu rata-rata pengujian per sensor berkurang dari 42,85 detik menjadi 5,15 detik. Berdasarkan kedua nilai tersebut, reduksi waktu pengujian adalah 87,98% dengan rasio durasi 8,32 kali. Pada evaluasi operasional, durasi layanan per kelas yang dilaporkan berubah dari 15-20 menit menjadi 2-3 menit. Evaluasi persepsi pengguna menghasilkan skor 4,55/5,00 untuk navigasi dan antarmuka, 4,75/5,00 untuk efisiensi layanan, dan 4,65/5,00 untuk persepsi keandalan alat. Hasil pengujian mendukung penggunaan perangkat sebagai alat verifikasi fungsional awal dan percepatan proses pemeriksaan sensor. Evaluasi ini tidak digunakan untuk menyimpulkan akurasi metrologis setiap sensor.

Kata Kunci: Quick Tester Sensor, Arduino Mega 2560, verifikasi fungsional, sensor, efisiensi waktu

ABSTRACT

This study designs and evaluates an Arduino Mega 2560-based Quick Tester Sensor for functional verification of DHT11/DHT22, HC-SR04, LDR, and PIR sensors before their use in microcontroller laboratory sessions. The device integrates sensor sockets, navigation buttons, a 20x4 I2C LCD, LEDs, and a buzzer to display the test status. Evaluation was performed by comparing the inspection duration of a manual breadboard-based method with the Quick Tester Sensor. The average testing time per sensor decreased from 42.85 s to 5.15 s. Based on these two values, the testing-time reduction was 87.98%, corresponding to a duration ratio of 8.32. In the operational evaluation, the reported service duration per class changed from 15-20 min to 2-3 min. User-perception scores were 4.55/5.00 for navigation and interface, 4.75/5.00 for service efficiency, and 4.65/5.00 for perceived device reliability. These results support the use of the device as an initial functional-verification tool that accelerates sensor inspection. The evaluation is not intended to establish the metrological accuracy of each sensor.

Keywords: Quick Tester Sensor, Arduino Mega 2560, functional verification, sensor, time efficiency

1. PENDAHULUAN

Sensor DHT11/DHT22, HC-SR04, LDR, dan PIR merupakan komponen yang digunakan pada praktikum sistem berbasis mikrokontroler di Laboratorium Mikrokontroler Politeknik Negeri Malang [1]. Pada alur peminjaman yang berjalan, kondisi fungsional sensor belum selalu diverifikasi sebelum komponen digunakan. Kondisi ini dapat menyebabkan mahasiswa melakukan troubleshooting pada rangkaian atau program ketika sumber gangguan sebenarnya berasal dari sensor yang tidak berfungsi sebagaimana mestinya [2], [5], [6].

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



Ketiadaan instrumen penguji instan pada meja layanan juga menyulitkan pemeriksaan kondisi sensor secara konsisten dan dapat mengurangi waktu efektif praktikum [3], [4]. Oleh karena itu, diperlukan perangkat yang dapat melakukan verifikasi fungsional awal secara cepat sebelum sensor didistribusikan. Kebutuhan tersebut sejalan dengan pengelolaan kesiapan alat laboratorium [7], tugas Pranata Laboratorium Pendidikan [8], serta prinsip dokumentasi dan pengendalian kegiatan pengujian yang relevan dengan lingkungan laboratorium [9].

Penelitian ini mengembangkan Quick Tester Sensor sebagai satu platform untuk memeriksa empat kelompok sensor, yaitu DHT11/DHT22, HC-SR04, LDR, dan PIR. Kontribusi teknis yang dievaluasi dibatasi pada realisasi perangkat, verifikasi fungsional, perbandingan durasi pengujian manual dan menggunakan tester, serta persepsi pengguna sebagai evaluasi tambahan. Dengan batas tersebut, hasil penelitian diarahkan pada fungsi verifikasi awal dan efisiensi proses pemeriksaan, bukan pada klaim kalibrasi atau akurasi metrologis sensor [10], [11].

1.1 Kebutuhan Verifikasi Sensor dalam Layanan Laboratorium

Pada layanan peminjaman laboratorium, kesiapan operasional sensor perlu diketahui sebelum komponen digunakan. Pemeriksaan manual menggunakan breadboard memerlukan pemasangan ulang koneksi dan proses pengecekan untuk setiap jenis sensor, sehingga waktu layanan bergantung pada proses wiring dan verifikasi yang dilakukan [2], [5]. Integrasi perangkat uji fungsional pada meja layanan dapat mempersingkat langkah pemeriksaan dan membuat status fungsi sensor lebih mudah diketahui sebelum komponen dipinjamkan [7], [12]. Dalam penelitian ini, aspek layanan diposisikan sebagai konteks implementasi perangkat, sedangkan keluaran utama yang dianalisis adalah fungsi tester dan durasi pemeriksaan.

1.2 Sensor yang Didukung Quick Tester

Quick Tester Sensor dirancang untuk memeriksa respons fungsional empat jenis sensor yang digunakan pada praktikum. Status "layak" atau "tidak layak" pada artikel ini merujuk pada hasil pemeriksaan fungsi oleh perangkat pada skenario uji yang diterapkan. Status tersebut tidak dimaknai sebagai hasil kalibrasi, sertifikasi akurasi, atau karakterisasi metrologis sensor. Jenis sensor yang didukung adalah sebagai berikut:

- Sensor Suhu dan Kelembaban (DHT11/DHT22): Modul sensor digital terintegrasi yang digunakan untuk membaca parameter suhu dan kelembaban lingkungan sekitar secara simultan melalui satu jalur kabel data.

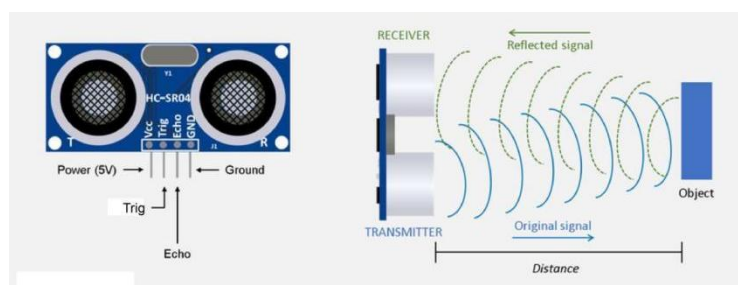


DHT11		DHT22	
0°C-50°C	↓	Pengukuran Suhu	↑ -40°C-80°C
2°C	↓	Akurasi Pengukuran Suhu	↑ 0.5°C
20%-80%	↓	Pengukuran Kelembaban	↑ 0%-100%
5%	↓	Akurasi Pengukuran Kelembaban	↑ 2-5%
1 detik sekali (1Hz)	↑	Kecepatan Update Data	↓ 2 detik sekali (0.5 Hz)

Gambar 1: Perbedaan DHT11 dan DHT22

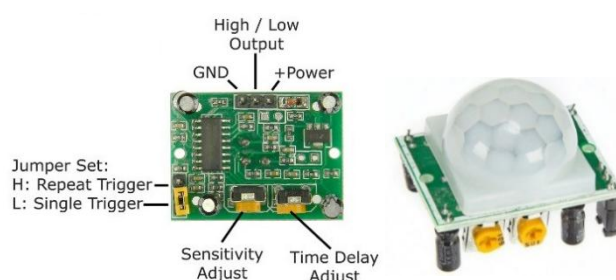


- Sensor Jarak Ultrasonik (HC-SR04): Modul sensor yang memanfaatkan prinsip pancaran dan pantulan gelombang suara ultrasonik untuk mendeteksi keberadaan objek atau mengukur jarak fisik



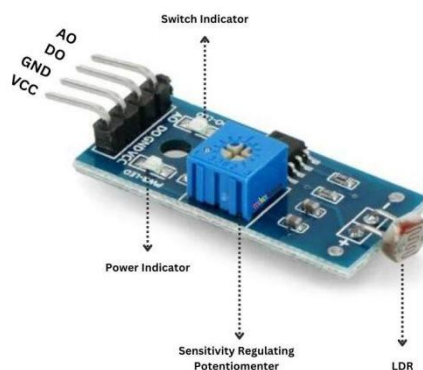
Gambar 2: Prinsip Kerja Sensor Ultrasonik HC-SR04

- Sensor Gerak (PIR Motion Sensor): Modul sensor yang digunakan untuk mendeteksi pergerakan melalui pembacaan pancaran radiasi inframerah pasif, seperti radiasi panas dari tubuh manusia.



Gambar 3: Sensor PIR (Passive Infrared Receiver)

- Sensor Cahaya (LDR): Komponen elektronika yang nilai resistansinya berubah-ubah dan sangat bergantung pada intensitas cahaya yang diterima di permukaannya.



Gambar 4: Modul Sensor LDR (Light Dependent Resistor)

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian terapan (applied research) untuk merancang, merealisasikan, dan mengevaluasi purwarupa Quick Tester Sensor pada lingkungan Laboratorium Mikrokontroler, Gedung AJ - Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Malang. Tahapan yang digunakan mencakup observasi proses peminjaman, identifikasi kebutuhan, perancangan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195



mikrokontroler, pengujian fungsional, pengukuran durasi pemeriksaan, serta evaluasi penggunaan. Evaluasi teknis pada artikel ini dibatasi pada fungsi perangkat dan efisiensi waktu pemeriksaan berdasarkan data yang tersedia.

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian disusun secara sistematis dan berurutan sebagai berikut:

1. Studi Awal & Perumusan Konsep: Observasi alur peminjaman sensor untuk merumuskan konsep *Quick Tester* sebagai solusi percepatan layanan.
2. Identifikasi Kebutuhan & Pengumpulan Data: Observasi, wawancara, dan dokumentasi untuk menentukan parameter uji serta spesifikasi alat.
3. Perancangan & Pembuatan Prototipe: Perancangan perangkat keras (rangkaiian uji) dan perangkat lunak (program mikrokontroler) untuk *Quick Tester*.
4. Penyusunan SOP Uji Kelayakan: Pembuatan panduan langkah-langkah pengujian fungsional sensor secara terstandar.
5. Pengujian Fungsional & Validasi: Uji coba terbatas prototipe untuk memeriksa kemampuan perangkat membaca respons sensor dan menampilkan status hasil pengujian.
6. Evaluasi & Analisis Data: Analisis deskriptif kuantitatif terhadap durasi pemeriksaan dan analisis deskriptif terhadap evaluasi pengguna.
7. Penyusunan Laporan: Pendokumentasian seluruh rangkaian kegiatan ke dalam bentuk laporan ilmiah.
8. Publikasi Hasil: Diseminasi inovasi alat melalui Jurnal Elkolind sebagai bentuk pertanggungjawaban ilmiah.



Gambar 5: Diagram Alir Kegiatan Penelitian

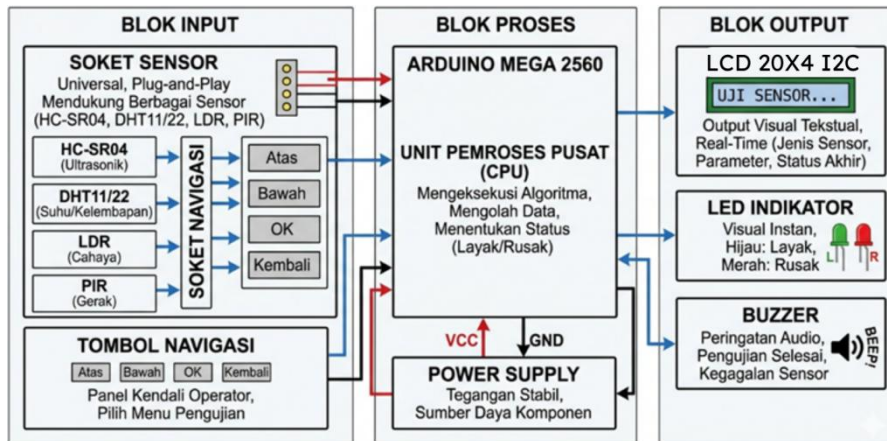
2.2 Perancangan Sistem Elektrik dan Blok Diagram

Arsitektur elektrik perangkat dibagi menjadi tiga blok, yaitu blok masukan, blok proses, dan blok keluaran. Pemisahan ini digunakan untuk menunjukkan aliran koneksi sensor menuju mikrokontroler dan penyajian status hasil uji kepada pengguna, yaitu:

- Blok Masukan (*Input*): Terdiri dari soket pin universal untuk menghubungkan modul sensor yang diuji serta tombol navigasi menu (*push button*).
- Blok Proses: Menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai unit pemroses pusat untuk membaca respons sensor, menjalankan logika pengujian, dan menentukan status hasil pemeriksaan.

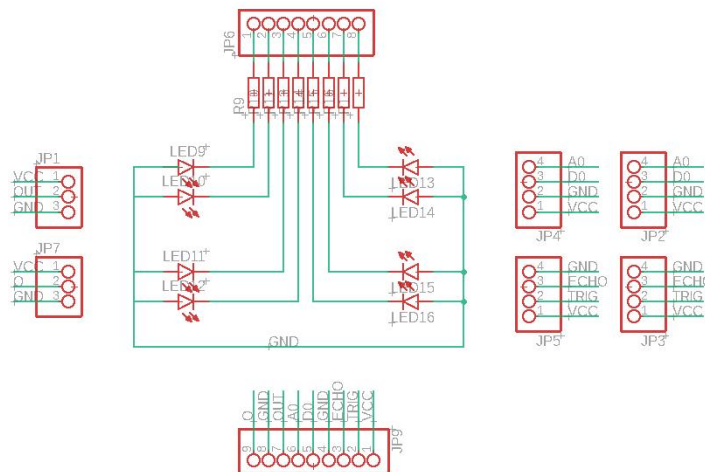


- Blok Keluaran (Output): Menampilkan hasil pembacaan dan status pengujian melalui LCD 20x4 I2C, LED indikator hijau/merah, dan buzzer.



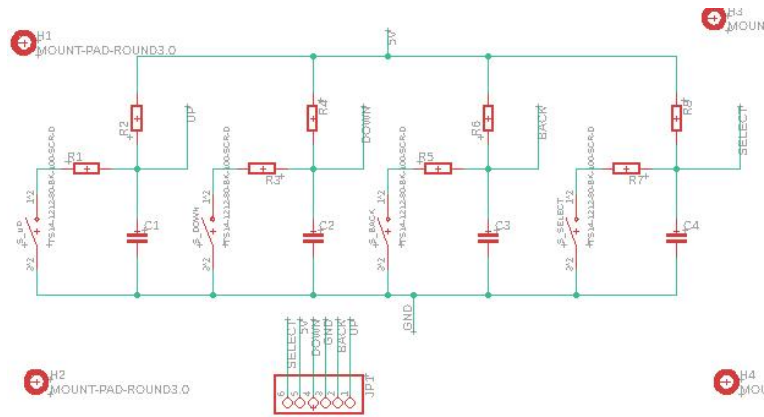
Gambar 6: Diagram Blok Sistem Rangkaian Quick Tester Sensor

Pada proses desain elektrik dilakukan pembuatan *layout* / gambar rangkaian elektrik secara keseluruhan, serta *layout* / desain PCB skematik dari alat uji Quick Tester Sensor.

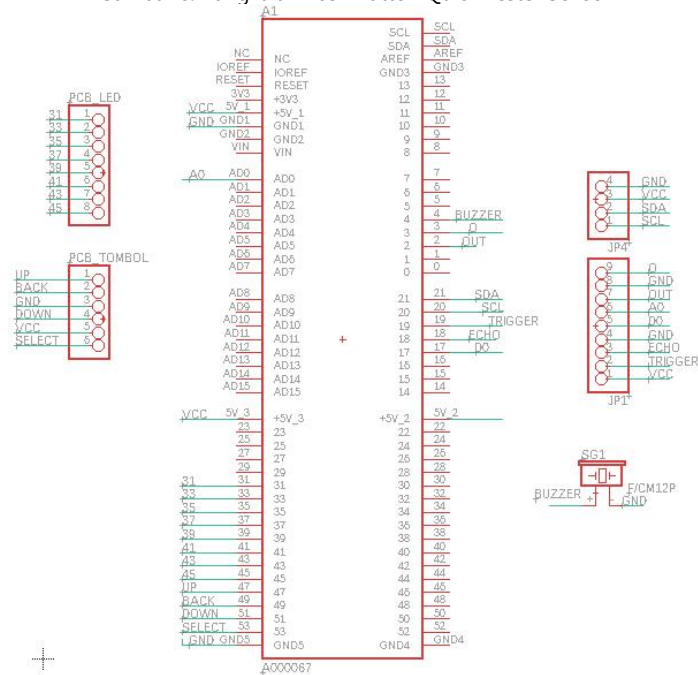


Gambar 7: Skematik Rangkaian Quick Tester Sensor



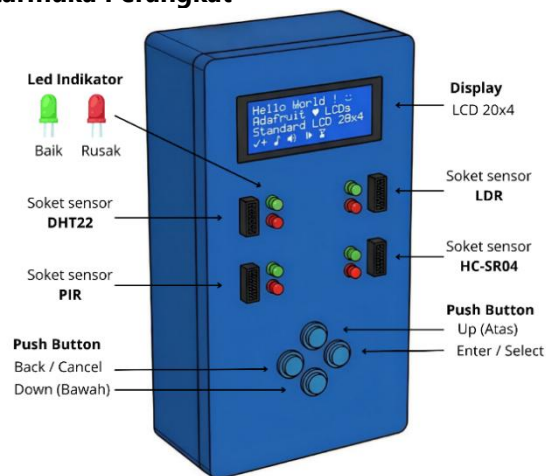


Gambar 8: Rangkaian Push Button Quick Tester Sensor



Gambar 9: Skematik Rangkaian Pengendali Quick Tester Sensor

2.3 Desain Mekanik dan Antarmuka Perangkat



Gambar 10: Desain Quick Tester Sensor

Perangkat menggunakan boks akrilik transparan 3 mm berukuran 14 x 26 x 10 cm dengan struktur dua tingkat. Bagian bawah digunakan untuk unit pemrosesan, sedangkan bagian atas berfungsi sebagai panel antarmuka yang memuat LCD, LED indikator, tombol navigasi, dan konektor untuk DHT22, PIR, LDR, serta HC-SR04 sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 10.

2.4 Metode Verifikasi Fungsional dan Pengukuran Durasi

Evaluasi dilakukan dengan membandingkan durasi pemeriksaan antara metode manual menggunakan breadboard dan pengecekan visual dengan metode menggunakan Quick Tester Sensor. Variabel yang digunakan adalah rata-rata durasi pengujian per sensor pada masing-masing metode. Persentase reduksi waktu dihitung menggunakan Persamaan (1), dengan W_{manual} sebagai rata-rata durasi metode manual dan W_{tester} sebagai rata-rata durasi menggunakan Quick Tester Sensor. Analisis dilakukan secara deskriptif berdasarkan nilai rata-rata yang tersedia pada naskah.

$$\text{Efisiensi Waktu (\%)} = \left(\frac{W_{\text{manual}} - W_{\text{tester}}}{W_{\text{manual}}} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

- W_{manual} = Rata-rata durasi waktu pengujian secara manual (detik)
- W_{tester} = Rata-rata durasi waktu pengujian menggunakan *Quick Tester Sensor* (detik)

2.5 Ruang Lingkup Validasi

Validasi pada penelitian ini bersifat fungsional dan operasional. Data yang tersedia tidak mencantumkan jumlah pengulangan pada setiap titik uji, simpangan baku durasi, ketidakpastian alat ukur, maupun karakterisasi akurasi masing-masing sensor. Oleh karena itu, istilah verifikasi fungsional digunakan untuk menyatakan bahwa tester dapat membaca respons sensor dan memberikan status hasil pengujian pada skenario yang diterapkan; hasil ini tidak digunakan untuk menyimpulkan performa metrologis sensor.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Realisasi Perangkat

Realisasi perangkat menghasilkan Quick Tester Sensor dengan Arduino Mega 2560 sebagai unit pemroses, LCD 20x4 I2C sebagai antarmuka, tombol navigasi, LED dan buzzer sebagai indikator, serta port koneksi khusus untuk DHT11/DHT22, HC-SR04, LDR, dan PIR. Susunan perangkat hasil implementasi ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11: Realisasi Quick Tester Sensor



3.2 Validasi Fungsional dan Efisiensi Waktu Pengujian

Pengujian fungsi dilakukan dengan membandingkan durasi pemeriksaan sensor menggunakan metode konvensional (breadboard dan pengecekan visual) dengan metode menggunakan Quick Tester Sensor. Data rata-rata yang tersedia disajikan pada Tabel 1 dan digunakan untuk menghitung reduksi waktu secara deskriptif.

TABEL I : PERBANDINGAN DURASI PENGUJIAN SENSOR

Metode Pengujian	Waktu Rata-rata per Sensor	Efisiensi Waktu Total
Manual / Konvensional	42,85 detik	-
Menggunakan <i>Quick Tester</i>	5,15 detik	87,98% (rasio durasi 8,32 kali)

Berdasarkan Tabel 1, waktu rata-rata pemeriksaan per sensor turun dari 42,85 detik menjadi 5,15 detik, atau berkurang 37,70 detik. Dengan Persamaan (1), reduksi waktu yang dihitung dari kedua nilai tersebut adalah 87,98%. Rasio 42,85/5,15 menunjukkan bahwa durasi metode manual sekitar 8,32 kali durasi pengujian menggunakan Quick Tester. Hasil ini menunjukkan percepatan proses pemeriksaan pada skenario uji yang dilaporkan. Karena data sebaran dan jumlah pengulangan tidak tersedia, hasil tidak dinyatakan sebagai perbedaan yang signifikan secara statistik.

3.3 Evaluasi Operasional Proses Peminjaman

Evaluasi operasional membandingkan tahapan layanan peminjaman sebelum dan setelah Quick Tester Sensor digunakan pada meja layanan. Data yang tersedia mencakup durasi pencatatan administrasi, pengujian fungsional enam sensor, penanganan kendala, dan durasi layanan per kelas sebagaimana disajikan pada Tabel 2. Hasil pada bagian ini diposisikan sebagai evaluasi proses operasional, bukan sebagai pengukuran akurasi teknis sensor.

TABEL II : PERBANDINGAN DURASI LAYANAN

Tahapan Pelayanan	Peminjaman Manual (Tanpa Alat)	Peminjaman dengan <i>Quick Tester</i>
Pencatatan Administrasi	2 – 3 menit	1 – 2 menit
Pengujian Fungsional (6 Sensor)	12 – 18 menit (<i>wiring</i> manual $\pm 2-3$ menit/sensor)	1 menit (uji instan ± 10 detik/sensor)
Penanganan Kendala (<i>Troubleshooting</i>)	15 – 20 menit (kerusakan baru diketahui saat praktikum berjalan di kelas)	0 menit (komponen rusak langsung terdeteksi & diganti di meja layanan)
Total Waktu Layanan per Kelas	15 – 20 Menit	2 – 3 Menit

Pada metode manual, kerusakan sensor dapat baru diketahui ketika praktikum berlangsung sehingga proses troubleshooting memerlukan waktu tambahan. Pada skenario penggunaan Quick Tester, sensor diperiksa pada meja layanan sebelum digunakan. Perbedaan alur tersebut menjelaskan mengapa perangkat berfungsi sebagai tahap pemeriksaan awal sebelum distribusi sensor.

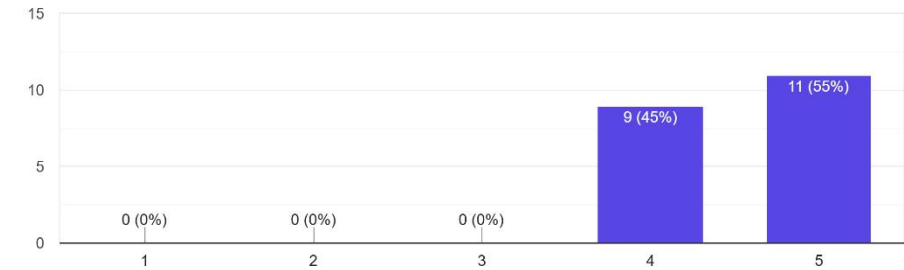
Durasi layanan per kelas yang dilaporkan pada Tabel 2 berubah dari 15-20 menit pada proses manual menjadi 2-3 menit ketika Quick Tester digunakan. Data ini mendukung peran perangkat dalam mempercepat proses layanan pada implementasi yang dievaluasi. Namun, data durasi tersebut tidak digunakan untuk menyimpulkan peningkatan kualitas pembelajaran secara kausal maupun tingkat presisi sensor.



3.4 Evaluasi Persepsi Pengguna

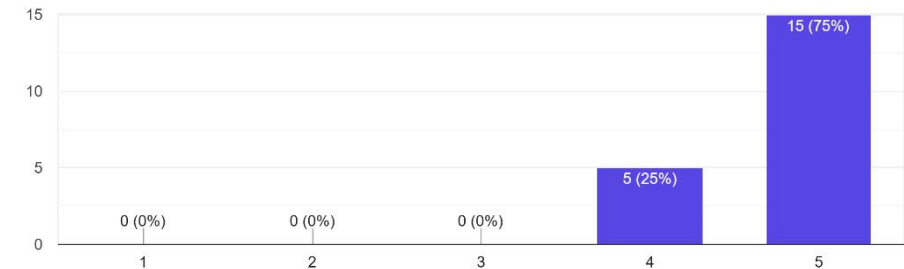
Evaluasi pengguna ditempatkan sebagai hasil tambahan untuk menggambarkan pengalaman penggunaan perangkat. Grafik pada Gambar 12-15 memuat 20 respons pada aspek navigasi dan antarmuka, efisiensi waktu layanan, dan keandalan alat yang dipersepsikan pengguna.

1. Navigasi dan Antarmuka (LCD & Tombol)
20 jawaban



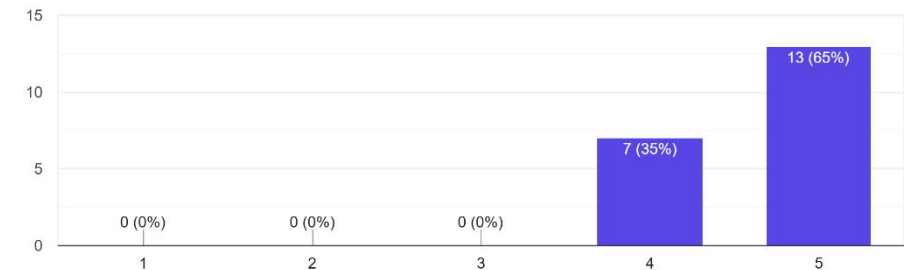
Gambar 12: Grafik Hasil Penilaian Navigasi dan Antarmuka oleh Responden

2. Efisiensi Waktu Layanan
20 jawaban



Gambar 13: Grafik Hasil Penilaian Efisiensi Waktu Layanan oleh Responden

3. Keandalan Alat (Presisi Deteksi)
20 jawaban



Gambar 14: Grafik Hasil Penilaian Keandalan Alat oleh Responden



Form Responses					
Nama / NIM	Status / Jabatan	1. Navigasi dan Antarmuka (LCD & Tombol)	2. Efisiensi Waktu Layanan	3. Keandalan Alat (Presisi Deteksi)	Kritik, Saran, dan Masukan Tambahan
FAUZIAH SHOLIKHATUN	Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP)	5	5	5	Sangat membantu proses QC mingguan. Pengecekan sensor DHT22
FERDIAN IRAWAN SYAH	Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro	4	5	5	Waktu praktikum tidak habis untuk menebak kondisi sensor.
HISYAM ARASYI / 2341	Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro	5	5	5	Tampilan LCD 20x4 sangat informatif karena langsung memunculkan
Haryanto, A.Md.	Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP)	5	4	4	Alat bekerja baik. Saran: Tambahkan modul IoT pada boks akrilik biru
PAJAR PRIAMBUDI / 23	Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro	4	5	5	Antrean di meja peminjaman alat menjadi jauh lebih cepat dibanding
DANNY LESMANA / 234	Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro	4	4	4	Sangat membantu; tidak perlu membuat program tes mandiri di lapto
ALDEN RADITYA AKMAI	Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro	5	5	5	Desain boks kokoh dan pas di meja pelayanan. Tombol navigasi sang
Rosita Ferdiana, S.S.T.	Pranata Laboratorium Pendidikan (PLP)	5	5	5	Memudahkan pemilahan stok. Sensor rusak langsung terdeteksi seb
STEVAN AKBAR PRATAI	Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro	4	5	4	Pengujian cepat sekali, dalam hitungan detik sudah tahu sensor laya
SYAHRUL FAUZI / 23411	Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro	5	5	5	Sangat menghemat waktu di awal sesi praktikum, tidak ada lagi sens
NAUFAL ZAKI / 2341170	Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro	4	4	5	Indikator LED dan buzzer sangat jelas memberikan penanda kondisi
FIQLYN KRISNA BAKTI /	Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro	5	5	4	Menu navigasi simpel dan gampang dipahami walau baru pertama k
HAIDAR ANIS SAPUTRA	Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro	4	5	5	Pelayanan PLP jadi jauh lebih cepat, proses pinjam 6 sensor tidak sa
VICKY ARIF KURNIAWAI	Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro	5	4	5	Nilai pembacaan sensor pada layar LCD akurat.
MUCHAMAD NUR ALAM	Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro	4	5	4	Sangat praktis, memotong waktu antrean mahasiswa di meja peminj
BAKTI GALIH KUSUMO ,	Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro	5	5	5	Alat uji ini membuat pengerjaan tugas praktikum mikrokontroler jadi
WELLYON PRAMUKTI / :	Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro	5	4	4	Layar LCD terang dan karakter huruf terlihat sangat jelas dari berbaga
EGA BIMA HIDAYAT / 22	Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro	5	5	5	Kualitas sensor terjamin saat praktikum.
MUHAMMAD EKA RAM,	Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro	4	5	5	Sangat bermanfaat, meminimalkan debat waktu praktikum.
OSCAR OKTAVIANO PU'	Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro	4	5	4	Secara keseluruhan alat sangat handal dan mempercepat saat peminj
Rata - Rata Skor		4,578947368	4,75	4,65	

Gambar 15: Data Hasil Penilaian Keseluruhan Kinerja Alat oleh Responden

Berdasarkan 20 respons yang ditampilkan pada Gambar 12-15, skor rata-rata navigasi dan antarmuka adalah 4,55/5,00, skor efisiensi layanan 4,75/5,00, dan skor persepsi keandalan alat 4,65/5,00. Pada aspek navigasi, 9 respons memberi nilai 4 dan 11 respons memberi nilai 5; pada efisiensi layanan, 5 respons memberi nilai 4 dan 15 respons memberi nilai 5; sedangkan pada keandalan alat, 7 respons memberi nilai 4 dan 13 respons memberi nilai 5. Karena evaluasi ini berupa penilaian setelah penggunaan dan tidak dilengkapi data pembandingan sebelum penggunaan, skor tersebut diinterpretasikan sebagai persepsi pengguna, bukan bukti kausal peningkatan kualitas layanan atau bukti akurasi teknis perangkat.

4. KESIMPULAN

Quick Tester Sensor berbasis Arduino Mega 2560 telah direalisasikan untuk verifikasi fungsional DHT11/DHT22, HC-SR04, LDR, dan PIR sebelum digunakan pada praktikum Mikrokontroler. Waktu rata-rata pemeriksaan per sensor berubah dari 42,85 detik pada metode manual menjadi 5,15 detik menggunakan Quick Tester, setara dengan reduksi waktu 87,98% dan rasio durasi 8,32 kali. Pada evaluasi operasional, durasi layanan per kelas yang dilaporkan berubah dari 15-20 menit menjadi 2-3 menit. Evaluasi pengguna memberikan skor 4,55/5,00 untuk navigasi dan antarmuka, 4,75/5,00 untuk efisiensi layanan, dan 4,65/5,00 untuk persepsi keandalan alat. Berdasarkan ruang lingkup data yang tersedia, kontribusi perangkat terletak pada verifikasi fungsional awal dan percepatan proses pemeriksaan. Penelitian ini tidak memberikan dasar untuk menyimpulkan akurasi metrologis sensor atau peningkatan kualitas pembelajaran secara kausal.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga kegiatan praktikum ini dapat terlaksana dengan baik. Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Laboratorium Mikrokontroler Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang yang telah memfasilitasi penyediaan sarana dan prasarana praktikum. Semoga segala upaya dan kontribusi yang telah diberikan menjadi amal baik serta memberi manfaat bagi peningkatan kualitas pembelajaran di Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Bolton, *Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering*, 7th ed. Harlow: Pearson Education, 2019.
- [2] M. Siregar and A. Pratama, "Manajemen Distribusi Alat Praktikum di Lingkungan Akademik", *Jurnal Pendidikan Vokasi*, vol. 9, no. 4, pp. 88-95, 2021.
- [3] L. Sudarman, *Fungsi Strategis Laboratorium dalam Pengembangan Skill Mahasiswa*. Malang: Universitas Negeri Malang Press, 2021.



- [4] Z. Arifin, *Pemeliharaan Komponen Elektronika dan Sensor di Laboratorium Mikrokontroler*. Jakarta: Penerbit Tekno Press, 2022.
- [5] B. Raharjo, "Evaluasi Sistem Manual pada Peminjaman Alat Laboratorium: Kendala dan Solusi", *Jurnal Sains dan Edukasi*, vol. 11, no. 3, pp. 101-110, 2023.
- [6] H. Santoso, *Validitas Data Sensor dalam Praktikum Berbasis Mikrokontroler*. Surabaya: Pustaka Akademik, 2021.
- [7] Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, *Pedoman Pengelolaan Laboratorium Pendidikan Tinggi*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, 2020.
- [8] Peraturan Menteri Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Republik Indonesia Nomor 7 Tahun 2019 tentang Jabatan Fungsional Pranata Laboratorium Pendidikan.
- [9] Badan Standardisasi Nasional, *Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Laboratorium Kalibrasi*, SNI ISO/IEC 17025:2017, 2017.
- [10] Tim P3M Polinema, *Panduan Pelaksanaan Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Politeknik Negeri Malang*. Malang: P3M Polinema, 2026.
- [11] S. Wahyuni, *Prinsip Akuntabilitas dan Keselamatan Kerja di Laboratorium Pendidikan*. Semarang: UNNES Press, 2020.
- [12] Jogiyanto HM, *Sistem Informasi Manajemen*, Edisi 3. Jakarta: Salemba Empat, 2017.
- [13] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2019.

