

ALAT BANTU PENGUJIAN SUARA KLAKSON BERBASIS ESP-32

Ananda Rahman Tiadi¹; Ilham Pratama²; Nisarifah Aulia³; Aziz Kurniawan⁴
^{1,2,3}Program Studi Teknologi Otomotif, Politeknik Keselamatan transportasi Jalan, Tegal,
 Indonesia

⁴Dosen Program Studi Teknologi Otomotif, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan,
 Tegal, Indonesia

*Corresponding Author: ilhampratamaditegal@gmail.com

Abstract

Currently, the horn sound testing in Motor Vehicle Testing has not provided optimal results due to its manual operation and the inconsistent use of a meter to measure from the front direction of the vehicle, as well as the inappropriate height of the sound level meter relative to the horn. Additionally, the health of the tester affects the testing process. Therefore, a measurement aid is needed for roadworthiness tests in motor vehicle testing units, specifically a sound level meter or noise level measuring device, to achieve efficiency, transparency, ergonomics, and alignment with current technological advancements through automated operation. This research is a development or Research and Development (R&D) aimed at producing a new product or improving an existing one. The design of this tool includes an input consisting of a VL53L1X distance sensor and a stepper motor, process control by ESP32, with outputs on an LCD and a smartphone screen. The results of the research indicate that this measurement aid has an average distance deviation of the sound level meter to the horn of 0.135 cm and an average height deviation of the sound level meter of 0.42 cm. There is a difference in the horn sound test results using the tool and without using the tool of 2.21 dB.

Keywords: Sound Level Meter, horn, ESP32, VL53L1X distance sensor, stepper motor.

Abstrak

Saat ini, pengujian suara klakson di Pengujian Kendaraan Bermotor masih belum memberikan hasil yang maksimal karena pengoperasiannya yang manual dan penggunaan alat ukur meteran untuk mengukur dari arah depan kendaraan yang tidak konsisten serta ketinggian *sound level meter* terhadap klakson yang tidak sesuai. Faktor kesehatan penguji juga mempengaruhi proses pengujian. Oleh karena itu, diperlukan alat bantu pengukuran uji laik jalan pada unit pengujian kendaraan bermotor, khususnya *sound level meter* atau alat pengukur tingkat kebisingan klakson untuk mencapai efisiensi, transparansi, ergonomis, dan keselarasan dengan perkembangan teknologi saat ini melalui pengoperasian otomatis. Penelitian ini merupakan pengembangan atau *Research and Development* (R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan produk baru atau meningkatkan produk yang ada. Rancang bangun alat ini terdiri dari input berupa sensor jarak VL53L1X dan motorstepper, kontrol proses oleh ESP32, dengan output pada LCD dan layar *smartphone*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat bantu ini memiliki rata-rata selisih jarak *sound level meter* ke klakson sebesar 0,135 cm dan rata-rata selisih ketinggian *sound level meter* sebesar 0,42 cm. Terdapat perbedaan hasil uji suara klakson menggunakan alat dan tanpa menggunakan alat sebesar 2,21 dB.

Kata Kunci: *Sound Level Meter*, klakson, ESP32, sensor jarak VL53L1X, *motorstepper*.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk Indonesia yang mencapai 278 juta jiwa pada tahun 2023 dengan peningkatan 1% dari tahun sebelumnya (Badan Pusat Statistik, 2023) berdampak signifikan terhadap sistem transportasi perkotaan. Jumlah kendaraan bermotor meningkat menjadi 6.216.033 unit pada tahun 2022, naik 4% dari tahun sebelumnya (Badan Pusat Statistik, 2022), yang berimplikasi pada peningkatan polusi suara dan kebisingan (Amri et al., 2021)

Kebisingan klakson kendaraan bermotor menimbulkan dampak serius terhadap keselamatan. Kasus di Lampung pada 5 Januari 2022 menunjukkan seorang pelajar tewas terlindas bus setelah ibunya kaget mendengar klakson keras (Darmawan, 2022). Hal ini mengkonfirmasi penelitian Darmawanti dan Handayani (2021) bahwa kebisingan menyebabkan gangguan psikologis berupa kaget, penurunan konsentrasi, dan emosi tidak stabil. Peraturan Pemerintah Nomor 55 Tahun 2012 menetapkan standar bunyi klakson 83-118 dB(A) sebagai acuan pengujian berkala kendaraan bermotor.

Pengujian suara klakson saat ini masih manual menggunakan meteran dan *sound level meter* yang dipegang tangan, menimbulkan permasalahan: (1) inkonsistensi jarak dan ketinggian pengukuran, (2) ketidakstabilan posisi alat, dan (3) ketidaksesuaian dengan SNI 7400:2008 yang mengatur ketinggian 1,15-1,25 meter dan jarak 2 meter \pm 0,01 meter (Badan Standardisasi Nasional, 2017). Postur tidak ergonomis penguji juga menyebabkan nyeri punggung (Noli et al., 2021).

Penelitian terkini menunjukkan potensi teknologi IoT dan mikrokontroler: Hamzah et al. (2022) mengembangkan *sound level meter* berbasis mikrokontroler, Anggraini dan Wildian (2022) menggunakan sensor VL53L0X dengan kesalahan 2,50%, dan Zain et al. (2021) memanfaatkan LiDAR untuk pemindaian 3D. Namun, belum ada sistem otomatis spesifik untuk pengujian suara klakson.

Penelitian ini mengembangkan alat bantu berbasis ESP32 dengan sensor VL53L1X dan *motorstepper* yang dioperasikan via *smartphone*, hasil pengembangan diharapkan memberikan solusi inovatif bagi peningkatan efektivitas pengujian kendaraan bermotor, khususnya dalam aspek pengukuran tingkat kebisingan klakson.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) level 3 untuk mengembangkan alat bantu pengujian suara klakson berbasis ESP32 di Unit Pengujian Kendaraan Bermotor Dinas Perhubungan Kabupaten Sidoarjo. Data dikumpulkan melalui observasi langsung terhadap proses pengujian klakson konvensional, pengukuran posisi *sound level meter*, serta uji fungsi alat yang dirancang. Teknik pengumpulan data meliputi observasi dan dokumentasi, sementara analisis dilakukan secara deskriptif kuantitatif untuk membandingkan akurasi pengukuran jarak, ketinggian, dan tingkat kebisingan klakson.

Teknik Pengumpulan Data

1. Observasi Partisipatif

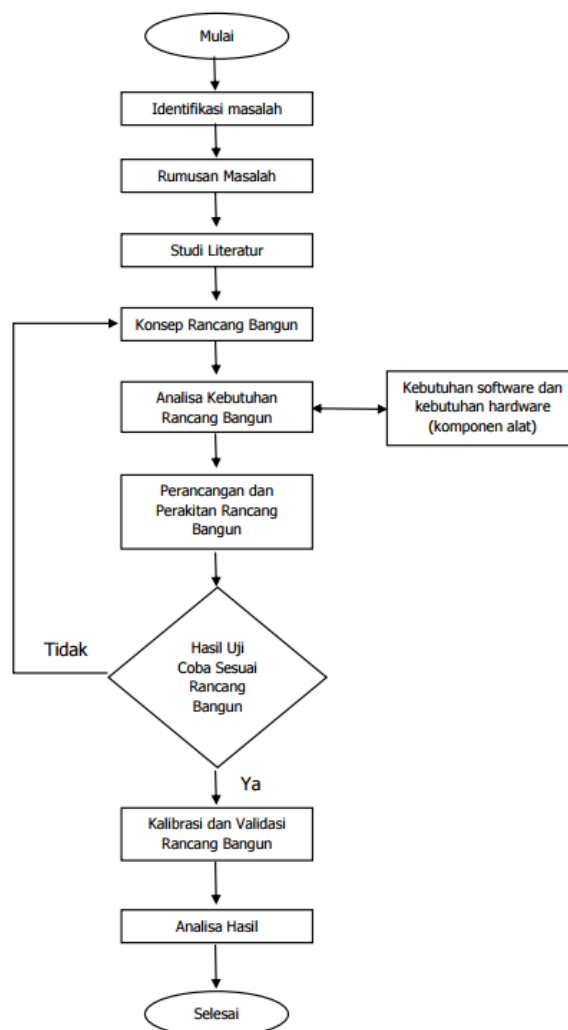
menurut Margono (2010), observasi adalah metode pengumpulan data melalui pengamatan

langsung maupun tidak langsung. Peneliti melakukan observasi partisipatif dengan mengamati proses pengujian klakson manual (posisi, jarak, ketinggian sound level meter), mencatat pembacaan sensor VL53L1X secara real-time, serta membandingkan hasil pengukuran suara klakson dengan dan tanpa alat bantu untuk mengevaluasi konsistensi dan akurasi.

2. Dokumentasi

berupa foto dan video yang diambil selama tahap perancangan, pembuatan, kalibrasi, dan pengujian alat di lapangan.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alur Penelitian

Alur penelitian tersebut menjelaskan tahapan sistematis yang dilakukan peneliti mulai dari tahap mulai hingga penyelesaian penelitian. Penelitian diawali dengan identifikasi masalah yang kemudian dirumuskan secara lebih spesifik pada tahap perumusan masalah. Setelah itu, peneliti melakukan studi literatur untuk memperoleh landasan teori dan referensi yang relevan.

Berdasarkan hasil kajian tersebut, peneliti menyusun konsep rancang bangun, yang selanjutnya dianalisis melalui tahap analisis kebutuhan, meliputi kebutuhan perangkat lunak dan perangkat keras. Tahap berikutnya adalah perancangan dan perekatan rancang bangun, di mana prototipe mulai dibangun sesuai kebutuhan yang telah ditentukan. Prototipe yang dihasilkan kemudian dilakukan uji coba awal untuk memastikan kesesuaiannya dengan rancang bangun. Apabila hasil uji coba belum sesuai, dilakukan revisi pada tahap perancangan; namun jika sesuai, penelitian dilanjutkan ke tahap kalibrasi dan validasi untuk memastikan fungsi alat memenuhi standar. Hasil kalibrasi dan validasi tersebut dianalisis pada tahap analisis hasil guna memperoleh temuan yang dapat dipertanggungjawabkan. Pada akhirnya, penelitian dinyatakan selesai dan hasilnya dapat didokumentasikan serta dipublikasikan. Seluruh tahapan ini harus dilaksanakan secara cermat sesuai kaidah ilmiah untuk menghasilkan penelitian yang valid dan reliabel.

Teknik Analisis Data

1. Reduksi Data

data primer (jarak, ketinggian, SPL) diklasifikasikan berdasarkan parameter: selisih jarak sound level meter ke klakson, selisih ketinggian, dan perbedaan hasil suara (dB) dengan/tanpa alat.

2. Penyajian Data

disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan deskripsi naratif untuk membandingkan akurasi dan konsistensi pengukuran.

3. Verifikasi dan Triangulasi

validasi melalui perbandingan dengan sound level meter standar, pengulangan pengujian pada kendaraan sama, serta konsultasi informal dengan teknisi pengujia

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Desain Alat

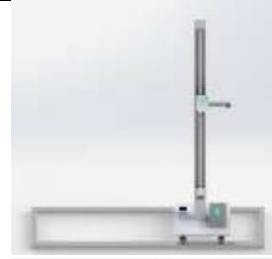
Aplikasi SolidWorks digunakan untuk membuat desain alat dalam bentuk 3 dimensi sehingga dapat mensimulasikan produk alat sebelum di buat. Hasil desain dapat dilihat sebagai berikut:

Hasil 1 Hasil Desain Rancang Bangun

Tabel 1 Hasil Desain Rancang Bangun

No.	Proyeksi/Tampak	Gambar
-----	-----------------	--------

1. Tampak Depan



2. Tampak Samping Kanan



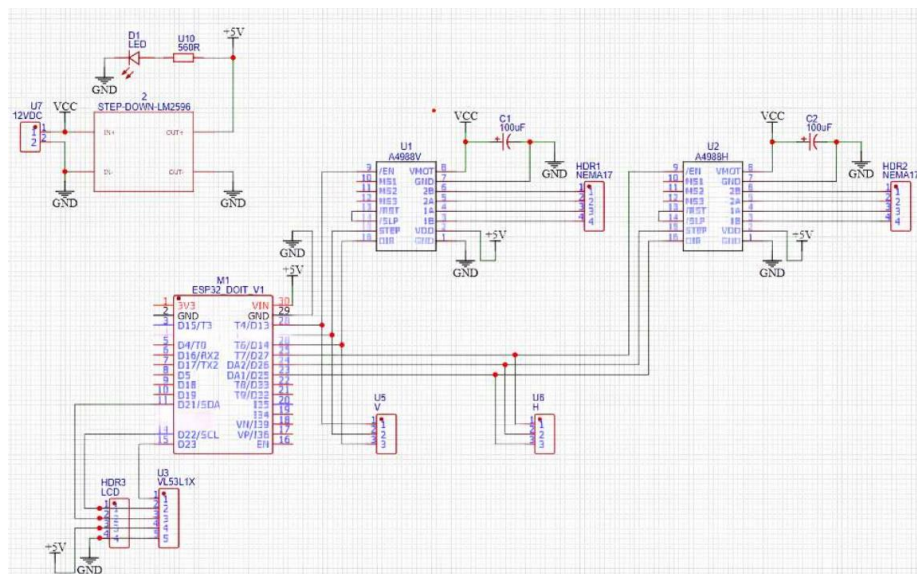
3. Tampak Samping Kiri



Wiring Instalasi Komponen Alat Dengan Software EasyEDA

Software EasyEDA digunakan peneliti untuk merancang sekaligus mensimulasikan sebuah rangkaian elektronik sehingga memberikan gambaran rangkaian yang akan di buat sesuai rencana dan rancangan peneliti.

Hasil 2 Hasil Rancangan Wiring Diagram Alat



Gambar 2 Wiring Diagram Alat

Gambar diatas merupakan hasil rangkaian komponen yang di rangkai menggunakan perangkat lunak/Software EasyEDA, Berikut dengan penjelasan dari rangkaian komponen:

Tabel 2 Keterangan Instalasi Wiring

No.	Nama Komponen	Keterangan
1.	Sensor Jarak VL53L1X	Terdapat 5 pin: a. Pin 1 ke pin D23 ESP32 b. Pin 2 ke pin D22/SCL ESP32 c. Pin 3 ke pin D21/SDA ESP32 d. Pin 4 ke pin Vin/5v ESP32 e. Pin 5 ke pin GND ESP32
2.	Stepper motor Nema 17	Terdapat 4 pin: a. Pin 1 ke pin 2B AT4988 b. Pin 2 ke pin 2A AT4988 c. Pin 3 ke pin 1A AT4988 d. Pin 4 ke pin 1B AT4988
3.	Liquid Crystal Display I2C	Terdapat 4 pin: a. Pin 1 ke pin SCL ESP32 b. Pin 2 ke pin SDA ESP32 c. Pin 3 ke pin 5v d. Pin 4 ke pin GND
4.	LM2596 Step Down	Terdapat 4 pin: a. In+ ke VCC/VDC b. In- ke GND c. Out+ ke 5v d. Out- ke GND
5.	A4988 Driver Motor	Terdapat 16 pin: a. Pin 9 ke pin T4/T7 b. Pin RST ke pin SLP c. Pin STEP ke pin T5/DA2 d. Pin DIR ke pin T6/DA1 e. Pin VDD ke pin 5v f. Pin GND ke pin GND

Perakitan Komponen Alat

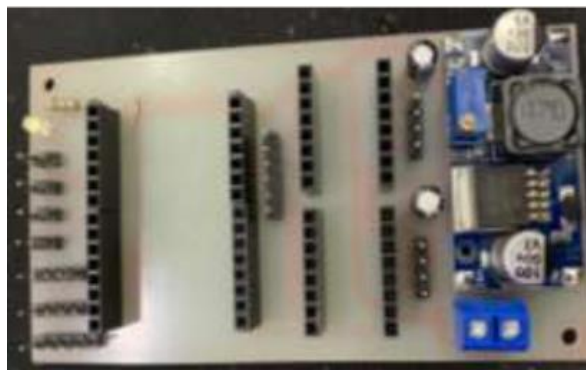
Proses perakitan komponen alat mencakup penggabungan komponen-komponen baik instalasi kabel maupun mekanik secara langsung. Tahapan dalam proses perakitan komponen meliputi:

1. Perakitan besi dan komponen lain diawali dengan mempersiapkan besi aluminium kemudian bentuk persegi dengan ukuran 40 cm X 40 cm untuk bagian bawah dan bentuk persegi panjang dengan ukuran 90 cm X 40 cm untuk bagian lintasan alat.



Gambar 3 Pembuatan Besi Alumunium Persegi

2. Perakitan ESP32, AT4988 Driver Motor, LM2596 Step Down komponen-komponen yang sangat vital dijadikan satu antara lain ESP32, AT4988 Driver Motor, LM2596 Step Down.



Gambar 4 Pemasangan Papan PCB

3. Perakitan Sensor Jarak VL53L1X untuk menentukan kaki sensor agar dalam pemasangan tidak terbalik dengan melihat spesifikasi dari komponen tersebut.



Gambar 5 Pemasangan Sensor Jarak VL53L1X

4. Perakitan motorstepper dengan cara memasang motorstepper dengan komponen yang berkaitan dengan geraknya yaitu V Slot Gantry Plate.



Gambar 6 Pemasangan *Motorstepper*

5. Perakitan LCD modul I2C lebih ringkas karena hanya 4 pin yang digunakan.
6. Perakitan tombol daya pada perakitan ini tombol push button terdapat 2 pin/kaki yang harus dihubungkan.
7. Perakitan baterai menggunakan 3 buah baterai sony 4 volt yang di pasang secara seri. Untuk Baterai kaki (+)/VCC ke terminal (+) dan Baterai kaki (-)/GND ke terminal (-).
8. Hasil akhir alat setelah melakukan beberapa tahapan perakitan besi dan komponen maka terbentuk sebuah alat yang siap untuk diprogram dan selanjutnya siap untuk di uji coba.



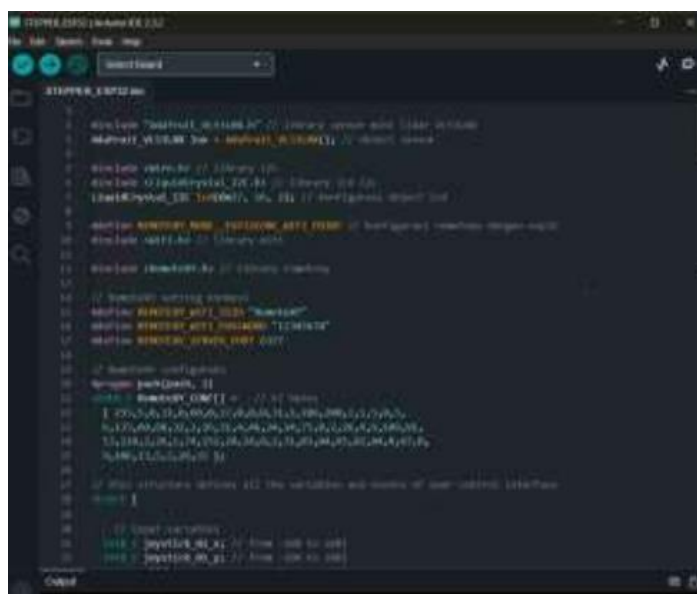
Gambar 7 Hasil Perakitan Alat

Pemrograman Alat

Langkah berikutnya adalah membuat program pada Arduino, dimana Arduino sebagai mini komputer yang mengatur motorstepper dan sensor jarak lalu menampilkan data di LCD maupun layar smartphone. Program ini dikembangkan menggunakan perangkat lunak pengembangan Arduino yang disebut Arduino IDE. Dalam proses pemrograman ini, digunakan bahasa khusus yang mirip dengan bahasa C+ untuk mengontrol perintah-perintah tertentu. Berikut adalah langkah-langkah dalam melakukan pemrograman menggunakan Arduino IDE.

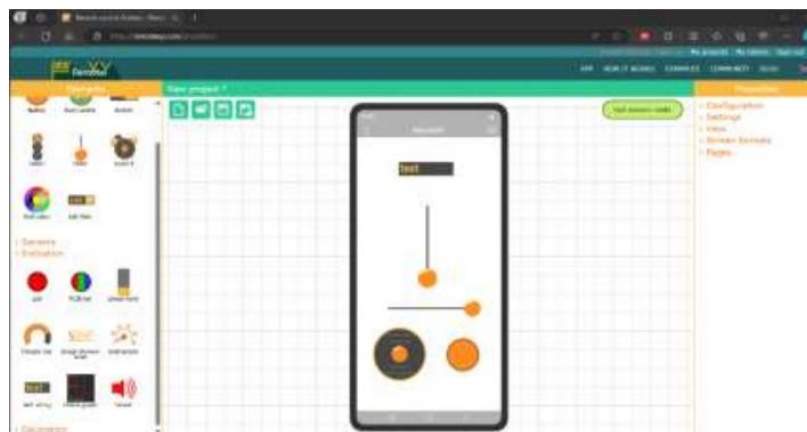
1. Membuka Arduino IDE yang sudah terpasang pada komputer dengan meng-klik pada shortcut Arduino IDE. Pada tampilan awal Arduino IDE terlihat beberapa menu diantaranya:

- a. Menu file berfungsi untuk membuat sketch, membuka sketch yang pernah dibuat, memberikan contoh-contoh pemrograman yang disediakan, menyimpan sketch, menutup jendela dan lainnya.
 - b. Menu edit berfungsi untuk undo atau redo perubahan yang sudah dilakukan, duplikasi dan menyalin data menemukan variabel tertentu dalam program dan lainnya.
 - c. Menu sketch berfungsi untuk memverifikasi sketch yang telah dibuat, mengunggah program yang sudah dikompilasi, mengunduh, dan menambahkan library berupa file dengan ekstensi zip yang akan digunakan kedalam Arduino IDE.
2. Memasukkan Library sensor dan memprogramkan masing-masing sensor menjadi kesatuan sehingga saling terhubung dan data akan di olah pada Arduino Uno yang di peroleh dari masing-masing sensor dan di ditampilkan pada LCD dan layar smartphome.
 3. Sebelum program di upload pada Arduino, memverifikasi program terlebih dahulu hal ini dimaksudkan agar mencegah kemungkinan kesalahan pada program yang dibuat. Untuk melakukan verifikasi dilakukan dengan menekan verify. Setelah verifikasi selesai maka lakukan upload pada Arduino dengan menekan tombol upload.
 4. Berikut ini adalah hasil pemrograman pada Arduino IDE.



Gambar 8 Hasil Program Arduino IDE

Setelah melakukan pemrograman pada Arduino IDE, lakukan pembuatan layout smartphone pada laman web aplikasi RemoteXY (<https://remotexy.com/en/editor/>) menggunakan laptop.



Gambar 9 Pembuatan Layout RemoteXY

Prinsip Kerja Alat

Rancang bangun alat bantu pengujian suara klakson berbasis ESP32 untuk membantu cara pengujian suara klakson di pengujian kendaraan bermotor terdiri dari input, proses, dan output. Pada tahapan input terdiri dari atas sensor jarak VL53L1X dan motorstepper, dimana sensor jarak VL53L1X akan mendeteksi objek didepan nya selaras dengan laser sebagai patokan kemudian ESP32 akan menerima sinyal masukan diubah menjadi sinyal digital sedangkan motorstepper akan mendeteksi ketinggian melalui putaran yang dikonversikan dengan dihitung dari letak paling terbawah yaitu 45 cm (diatas tanah) dan laser juga sebagai patokan kemudian sinyal ini akan diubah ESP32 menjadi sinyal digital. Kedua data pembacaan sensor disimpan kemudian di tampilkan pada LCD dan layar smartphone. Rancang bangun alat ini akan mendeteksi jarak sound level meter dengan klakson dan ketinggian sound level meter dengan dikendalikan melalui smartphone agar mampu menyesuaikan letak klakson baik ke atas atau bawah maupun ke kanan atau kiri serta ditampilkan pada LCD dan layar smartphone. Hasil dari rancang bangun alat bantu pengujian suara klakson berbasis ESP32 yaitu agar penguji tidak perlu lagi menggunakan meteran untuk mengetahui jarak dan tinggi, tidak memegang sound level meter menggunakan tangan yang akan berpengaruh pada hasil uji suara klakson serta pengoperasian lebih mudah dan fleksibel untuk penguji dalam meningkatkan akurasi uji suara klakson.

Pengoperasian Alat

Dalam pengoperasian alat ini terdapat beberapa tahapan prosedur yang harus diikuti agar alat dapat berfungsi dengan optimal.

1. Sambungkan alat dengan sumber listrik bila melalui listrik AC sedangkan jika menggunakan listrik DC pastikan baterai terpasang dengan benar.

2. Tekan tombol merah (power) satu kali untuk mengaktifkan alat. Setelah itu LCD akan menyala.
3. Buka smartphone lalu hubungkan ke jaringan WiFi “RemoteXY” dengan password “12345678” yang bersumber dari ESP32.
4. Setelah terhubung, buka aplikasi remotexy lalu klik tanda (+) untuk menambahkan device baru.
5. Pilih “WiFi point” tunggu beberapa detik. Setelah itu muncul kotak bertuliskan “RemoteXY” lalu klik dan tunggu beberapa detik untuk pemrosesan.
6. Setelah itu akan ditampilkan modul untuk mengoperasikan alat sesuai dengan keinginan user.
7. Apabila telah selesai penggunaan alat tersebut, tekan tombol merah (power) satu kali lagi untuk menonaktifkan alat.

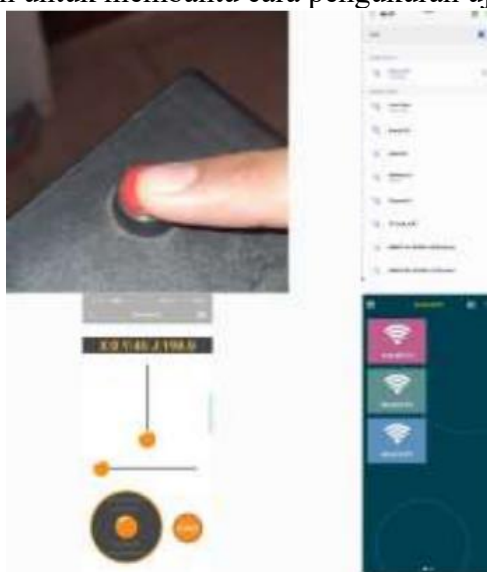
Uji Coba Alat

1. Uji Coba Tahap Awal

Pada uji coba alat tahap awal akan dicoba dengan menyalakan alat untuk memastikan komponen yang terpasang dengan benar dan pengecekan input dan output agar berfungsi dengan baik sesuai dengan prinsip kerjanya. Uji coba awal dinyatakan berhasil apabila sensor jarak VL53L1X dan motorstepper bekerja dengan normal.

a. Tahap 1

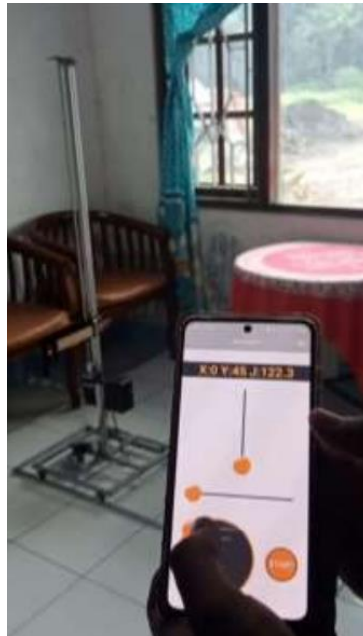
Pada tahap awal, dilakukan pengecekan kesiapan alat. Hasil pengecekan menunjukkan bahwa setelah alat dihidupkan dari posisi off ke on dan terhubung dengan aplikasi remotexy melalui jaringan WiFi ESP32 serta LCD menampilkan tulisan dengan jelas. Alat siap digunakan untuk membantu cara pengukuran uji suara klakson.



Gambar 10 Percobaan Tahap 1

b. Tahap 2

Tahap berikutnya adalah menggerakkan motorstepper dari kiri ke kanan dan dari bawah ke atas sesuai letak klakson. Hasilnya, LCD menampilkan tulisan “X = untuk jarak dari kiri kendaraan ke kanan kendaraan, Y = untuk jarak ketinggian Sound Level Meter dari bawah (tanah)sesuai dengan konsep dan terbaca dengan baik.



Gambar 11 Percobaan Tahap 2

c. Tahap 3

Pada tahap ketiga melibatkan sensor jarak VL53L1X. Hasilnya, LCD menampilkan tulisan “Jarak : sesuai jarak Sound Level Meter dan klakson” sudah berfungsi dan terbaca dengan baik.



Gambar 12 Percobaan Tahap 3

2. Uji Coba Pada Kendaraan (KBWU)



Gambar 13 Percobaan pada KBWU

Gambar diatas menunjukkan uji coba alat pada kendaraan yang sedang menjalani uji berkala di Pengujian Kendaraan Bermotor Dinas Perhubungan Kabupaten Sidoarjo. Pengujian dilakukan untuk membantu cara pengukuran pada uji suara klakson dengan mengetahui letak jarak dan ketinggian antara Sound Level Meter dengan klakson yang bertujuan untuk memastikan alat tersebut berfungsi dengan baik dan memberikan hasil yang diharapkan oleh peneliti.

Hasil Uji Coba Alat

Hasil 3 Hasil uji coba tahap awal

Tabel 3 Hasil uji coba tahap awal

Mode	Tindakan	Kondisi		Keterangan
		Tampilan LCD	Tampilan Layar Smartphone	
Manual	Digerakkan melalui joystick pada smartphone	Menampilkan hasil pengukuran jarak Sound Level Meter dengan klakson dan ketinggian Sound Level Meter serta jarak dari kiri kendaraan	Hanya menampilkan hasil pengukuran jarak Sound Level Meter dengan klakson	Sesuai
Otomatis	Digerakkan Dengan mengatur ketinggian Sound Level Meter dan jarak dari kiri kendaraan pada smartphone	Menampilkan hasil pengukuran jarak Sound Level Meter dengan klakson dan ketinggian Sound	Menampilkan hasil pengukuran jarak Sound Level Meter dengan klakson dan ketinggian Sound	Sesuai

	Level Meter serta jarak dari kiri kendaraan	Level Meter serta jarak dari kiri kendaraan
--	---	---

Berdasarkan tabel diatas hasil uji coba alat menunjukkan bahwa sensor jarak VL53L1X dan kerja motorstepper berfungsi dengan baik. Selain itu, kinerja output sudah maksimal sesuai rancangan baik LCD maupun pada smartphone berhasil menampilkan hasil pengukuran dari jarak Sound Level Meter dengan klakson (J) dan ketinggian Sound Level Meter (Y) serta jarak dari kiri kendaraan (X).

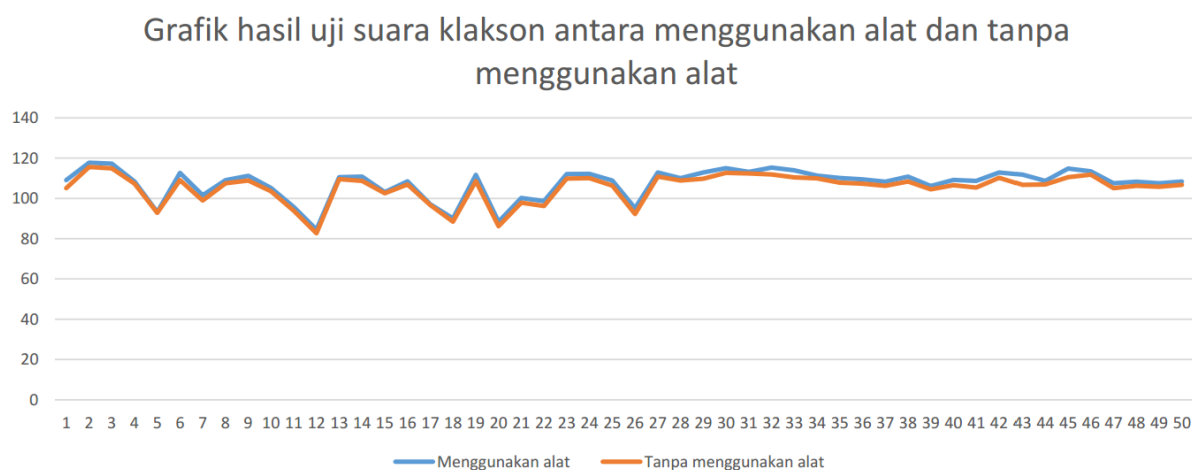
Hasil 4 Hasil uji coba pada KBWU

Tabel 4 Hasil uji coba pada KBWU

No	Jenis Kendaraan	Posisi			Hasil Uji Pengukuran Sound Level Meter (dB)		Selisih (dB)
		X (cm)	Y (cm)	J (cm)	Menggunakan Alat	Tanpa Menggunakan Alat	
1	MICROBUS	71,2	59,8	199,9	109,1	105,1	4
2	TRUCK BOX	81,0	61,2	200,5	117,7	115,6	2,1
3	TRUCK TANDUM WINGS BOX	83,7	68,0	201,5	117,2	114,9	2,3
4	TRACTOR HEAD	88,0	58,0	201,2	108,4	107,3	1,1
5	PICK UP	89,0	80,5	199,8	93,2	92,8	0,4
6	BLIND VAN	64,1	70,5	200,4	112,7	109,1	3,6
7	PICK UP	60,3	69,7	200,9	101,6	98,9	2,7
8	MICROBUS	43,2	52,0	200,1	109,1	107,5	1,6
9	PICK UP	54,2	46,1	200,6	111,2	108,9	2,3
10	TRUCK BAK TERBUKA	87,6	58,7	199,9	105,2	103,5	1,7
11	TRUCK TANDUM WINGS BOX	78,4	117,9	200,4	95,7	93,9	1,8
12	BLIND VAN	63,8	69,9	200,1	84,5	82,7	1,8
13	MICROBUS	87,0	82,6	200,3	110,5	109,6	0,9
14	TRUCK BOX	88,1	92,4	200,5	110,8	108,7	2,1
15	PICK UP	54,5	52,2	199,8	103,1	102,5	0,6
16	PICK UP	59,9	71,1	200,2	108,5	106,9	1,6
17	BLIND VAN	61,2	71,0	199,9	97,1	96,7	0,4
18	TRUCK BOX	84,6	48,7	198,9	90,1	88,4	1,7
19	PICK UP BOX	55,2	50,1	199,8	111,7	108,6	3,1
20	TRUCK BOX	73,4	59,2	200,5	88,4	86,2	2,2
21	TRUCK BOX	76,2	49,8	200,6	100,2	97,9	2,3
22	TRUCK	71,5	81,2	199,8	98,6	96,2	2,4
23	TRUCK DROOPSIDE	75,2	62,4	199,6	112,1	109,8	2,3

24	PICK UP BOX	52,7	48,2	200,1	112,2	110	2,2
25	MICROBUS	70,9	60,1	199,8	108,9	106,3	2,6
26	TRUCK	75,1	58,3	200,2	95,1	92,2	2,9
27	TRUCK BOX	85,3	50,5	199,7	112,9	110,8	2,1
28	TRUCK BOX	65,7	60,1	200,6	110	108,9	1,1
29	TRUCK BOX	76,2	59,5	200,3	112,9	109,7	3,2
30	TRUCK	72,7	60,0	199,7	115	112,7	2,3
31	TRUCK BOX	80,5	60,5	200,1	113,2	112,4	0,8
32	PICK UP BOX	60,2	69,1	199,3	115,3	111,9	3,4
33	PICK UP	59,1	71,2	199,6	113,9	110,4	3,5
34	PICK UP	58,8	73,0	200,2	111,3	109,9	1,4
35	MICROBUS	41,2	54,5	200,4	110,1	107,8	2,3
36	PICK UP	75,5	44,1	199,8	109,5	107,3	2,2
37	MICROBUS	41,3	54,7	200,2	108,3	106,2	2,1
38	MICROBUS	78,1	68,3	199,7	110,8	108,4	2,4
39	MICROBUS	69,5	54,5	200,4	106,1	104,5	1,6
40	PICK UP	51,9	48,2	200,6	109,2	106,5	2,7
41	PICK UP BOX	58,8	70,6	200,1	108,7	105,4	3,3
42	PICK UP BOX	52,9	46,5	199,8	112,9	110,2	2,7
43	BLIND VAN	56,4	70,2	200,2	111,8	106,7	5,1
44	PICK UP BOX	50,2	53,8	200,3	108,7	106,9	1,8
45	PICK UP BOX	52,5	46,7	199,9	114,8	110,5	4,3
	REFRIGATOR						
46	PICK UP BOX	52,5	47,5	200,1	113,4	111,8	1,6
47	MICROBUS	68,9	53,5	199,6	107,5	105,1	2,4
48	MICROBUS	40,9	55,2	199,8	108,3	106,2	2,1
49	MICROBUS	41,4	54,3	200,1	107,5	105,8	1,7
50	MICROBUS	41,2	54,4	199,7	108,4	106,7	1,7
	Rata-rata				107,57	105,36	2,21

Dari tabel 4 menunjukkan hasil uji kekuatan bunyi klakson menggunakan Sound Level Meter pada 50 sampel kendaraan dapat dilihat melalui grafik dibawah.



Gambar 14 Grafik Hasil Uji Suara Klakson

Dapat disimpulkan bahwa perbedaan hasil uji suara klakson menggunakan Sound Level Meter dengan penggunaan alat dan tanpa menggunakan alat memiliki selisih rata-rata sebesar 2,21 dB. Dengan hasil uji suara klakson tertinggi didapatkan nilai 115,3 dB dan terendah didapatkan nilai 82,7 dB. Perbedaan ini disebabkan ketinggian dan letak klakson setiap jenis kendaraan berbeda sehingga hal ini dapat mempengaruhi hasil.

Pembahasan

Rancang bangun alat bantu pengujian suara klakson berbasis ESP32 ini mampu berfungsi sesuai kinerja yang diharapkan dengan program yang telah dirancang. Dari 50 sampel kendaraan yang diuji dan dibandingkan antara menggunakan alat dengan tanpa menggunakan alat. Kemudian didapatkan rata-rata selisih sebesar 2,21 dB. Oleh karena itu penggunaan alat ini sangat meningkatkan hasil uji suara klakson yang optimal melalui kesesuaian jarak dan ketinggian Sound Level Meter dengan klakson dan kemudahan dalam pengoperasiannya melalui smartphone sehingga penguji tidak perlu memakai meteran manual yang memerlukan waktu lebih lama serta memegang Sound Level Meter menggunakan tangan yang akan berpengaruh pada hasil uji suara klakson.

Rancang bangun alat bantu uji kebisingan klakson berbasis ESP32 ini tersusun dari beberapa komponen utama, salah satunya adalah sensor jarak VL53L1X yang berfungsi mengukur jarak antara *Sound Level Meter* dengan sumber suara klakson (*horn*) dengan tingkat akurasi tinggi. Berdasarkan 20 kali percobaan yang membandingkan hasil pengukuran manual menggunakan meteran dengan pembacaan sensor, diperoleh rata-rata selisih hanya 0,135 cm, yang menunjukkan bahwa sensor VL53L1X mampu memberikan performa pengukuran jarak yang sangat presisi. Temuan ini sejalan dengan penelitian Anggraini & Wildian (2022) yang juga memanfaatkan sensor berbasis *Time of Flight*, yaitu VL53L0X, untuk memantau jarak antara pengguna dan layar komputer dengan kesalahan rata-rata 2,50%. Meskipun penelitian

tersebut menggunakan generasi sensor yang berbeda, keduanya menunjukkan bahwa teknologi *ToF sensor* memiliki kemampuan deteksi jarak yang reliabel untuk aplikasi yang membutuhkan pengukuran presisi. Perbedaannya, penelitian ini mengembangkan penggunaan sensor jarak tersebut untuk konteks yang berbeda, yakni menentukan jarak dan ketinggian *Sound Level Meter* terhadap klakson dalam pengujian kebisingan kendaraan bermotor, sehingga memberikan kontribusi baru dalam penerapan sensor presisi pada bidang uji kendaraan bermotor.

Komponen penting berikutnya adalah *motor stepper*, yang berfungsi mendeteksi ketinggian *Sound Level Meter* melalui pergerakan putaran yang dikonversi menjadi nilai posisi dengan acuan titik dasar pada ketinggian 45 cm di atas permukaan tanah. Dari 10 kali percobaan yang membandingkan hasil pengukuran manual pada tembok yang telah diberi tanda acuan berupa titik-titik yang sudah terukur dengan meteran dengan hasil pengukuran yang dihasilkan oleh sistem motor stepper, diperoleh rata-rata selisih hanya 0,42 cm, sehingga menunjukkan bahwa mekanisme penggerak ini mampu memberikan penentuan ketinggian yang cukup presisi. Hasil ini sejalan dengan temuan Zain et al. (2021), yang juga *memanfaatkan motor stepper* dalam pengembangan sistem pemindai 3D untuk menghasilkan pergerakan terkontrol dan akuisisi data yang akurat. Dalam penelitian tersebut, *motor stepper* digunakan untuk mengatur pergerakan sensor berbasis teknologi Lidar dan *Time of Flight* secara stabil selama proses pemindaian. Meskipun konteks aplikasinya berbeda, kedua penelitian sama-sama menunjukkan bahwa penggunaan motor stepper mampu memberikan kontrol posisi yang presisi. Perbedaannya, penelitian ini menerapkan motor stepper secara lebih spesifik untuk mengatur ketinggian *Sound Level Meter* dalam pengujian kebisingan klakson, sehingga meningkatkan konsistensi dan akurasi proses pengukuran yang sebelumnya masih dilakukan secara manual.

Komponen utama lainnya dalam rancang bangun alat ini adalah ESP32, yang berperan sebagai pusat kendali seluruh sistem, meliputi pengolahan data sensor jarak VL53L1X, pengaturan gerakan motor stepper, serta penyajian informasi jarak dan ketinggian *Sound Level Meter* secara real-time pada LCD maupun smartphone. Mikrokontroler ini dipilih karena memiliki kemampuan pemrosesan yang lebih cepat, konsumsi daya rendah, serta fitur bawaan berupa konektivitas Wi-Fi, sehingga memungkinkan pengoperasian alat secara nirkabel melalui aplikasi RemoteXY. Selama pengujian, ESP32 menunjukkan respons yang stabil dan mampu mengirimkan data pembacaan sensor serta posisi motor stepper tanpa delay yang signifikan, sehingga mendukung proses pengukuran kebisingan klakson secara lebih efisien. Penggunaan ESP32 ini juga relevan dengan penelitian sebelumnya, seperti Yulianti et al. (2021) yang

memanfaatkan mikrokontroler untuk otomasi sistem deteksi hama berbasis sensor, meskipun penelitian tersebut masih menggunakan Arduino UNO yang memiliki kemampuan komputasi lebih rendah dan tidak dilengkapi fitur Wi-Fi. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan keunggulan baru melalui pemanfaatan ESP32 sebagai mikrokontroler yang lebih modern dan responsif,

KESIMPULAN

Berdasarkan uraian mengenai proses perancangan, pembuatan, pengujian, dan pembahasan rancang bangun alat bantu pengujian suara klakson berbasis ESP32, dapat disimpulkan bahwa alat ini tersusun dari beberapa komponen utama, yaitu sensor jarak VL53L1X dan motor stepper sebagai input, ESP32 sebagai pusat kontrol, serta LCD sebagai media output. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat mampu bekerja dengan tingkat presisi yang baik, ditunjukkan oleh rata-rata selisih pengukuran jarak antara *Sound Level Meter* dan klakson sebesar 0,135 cm serta rata-rata selisih penentuan ketinggian *Sound Level Meter* sebesar 0,42 cm. Kinerja sistem secara keseluruhan juga telah berfungsi sesuai program yang dirancang, di mana penggunaan alat ini menghasilkan nilai pengukuran suara klakson yang lebih konsisten dibandingkan metode manual, dengan selisih rata-rata hasil uji antara penggunaan alat dan tanpa alat mencapai 2,21 dB. Dengan demikian, rancang bangun alat bantu pengujian ini dinilai mampu mendukung peningkatan akurasi dan efektivitas proses pengujian suara klakson pada kendaraan bermotor serta membantu meminimalkan kesalahan yang disebabkan oleh pengukuran manual.

UCAPAN TERIMA KASIH

Bagian ini berisi ucapan terima kasih kepada sponsor, pendonor dana, narasumber, atau pihak-pihak yang berperan penting dalam pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, I., Hahury, S., & Hikmah, N. (2021). Evaluasi Tingkat Kebisingan Diruang Kelas Sd Inpres 50 Jl Pendidikan Km 8 Kota Sorong. Metode : Jurnal Teknik Industri, 7(1), 31–34. <https://doi.org/10.33506/mt.v7i1.1648>
- Anggraini, M., & Wildian, W. (2022). Rancang Bangun Sistem Peringatan Posisi Tubuh, Jarak Pandang, dan Durasi Kerja Di Depan Komputer. Jurnal Fisika Unand, 12(1), 49–55. <https://doi.org/10.25077/jfu.12.1.49-55.2023>

- Badan Pusat Statistik. (n.d.-a). Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Provinsi dan Jenis Kendaraan (unit), 2022. Diambil 27 Januari 2024, dari <https://www.bps.go.id/id/statisticstable/3/VjJ3NGRGa3dkRk5MTIU1bVNFOTVVbmQyVURSTVFUMDkjMw==/jumlah-kendaraan-bermotor-menurut-provinsi-dan-jenis-kendaraan--unit---2022.html?year=2022>
- Badan Pusat Statistik. (n.d.-b). Jumlah Penduduk Pertengahan Tahun (Ribu Jiwa), 2022-2023. <https://www.bps.go.id/id/statisticstable/2/MTk3NSMy/jumlah-penduduk-pertengahan-tahun--ribu-jiwa-.html>
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 8427:2017 Tentang Pengukuran Tingkat Kebisingan Lingkungan. Standar Nasional Indonesia, 1–15.
- Balirante, M., Lefrandt, L. I. R., & Kumaat, M. (2020). Analisa Tingkat Kebisingan Lalu Lintas Di Jalan Raya Ditinjau Dari Tingkat Baku Mutu Kebisingan Yang Diizinkan. *Jurnal Sipil Statik*, 8(2), 249–256.
- Calvin Leonardo, Suraidi Suraidi, H. T. (2021). Analisis Kalibrasi Pengukuran dan Ketidakpastian Sound Level Meter. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:245748104>
- Darmawan, R. K. (2022). Jatuh karena Kaget Diklakson, Ibu dan Anak Ditabrak Bus di Lampung. *Kompas.com*. <https://regional.kompas.com/read/2022/01/05/183309178/jatuh-karenakaget-diklakson-ibu-dan-anak-ditabrak-bus-di-lampung?page=all>
- Darmawanti, B. S., & Handayani, P. (2021). Faktor – Faktor Yang Berhubungan Dengan Gangguan Non Auditory Pada Karyawan Bidang Pemeliharaan Pltgu Di Pt. X Unit Pembangkit Gresik, Jawa Timur Tahun 2020. *JCA of Health Science*, 1(01), 15–26. <https://jca.esaunggul.ac.id/index.php/jhea/article/view/129>
- Fauzi, E. M., Bilal, M., Asyikin, Z., & Prasetya, I. Y. (2018). Analisa dan Solusi Noise Sensor VL53L0X pada Berbagai Kondisi Cahaya. *Polban*, 7(3), 1–5. <https://jurnal.polban.ac.id/proceeding/article/view/1088/889>
- Hamzah, H., Agriawan, M. N., & Kadir, M. R. (2022). Analisis Tingkat Kebisingan Menggunakan Sound Level Meter Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Fisika Papua*, 1(2), 46–51. <https://doi.org/10.31957/jfp.v1i2.9>
- Noli, F. J., Sumampouw, O. J., & Ratag, B. T. (2021). *Journal of Public Health and Community Medicine*. 2, 15–21.
- Hsu, K.-T., Wang, Z.-Y., & Chen, W.-P. (2022). Design of Intelligent EnergySaving Controller Using Faucet. 2022 IEEE 4th Eurasia Conference on Biomedical Engineering,

- Healthcare and Sustainability (ECBIOS), 122–125.
<https://doi.org/10.1109/ECBIOS54627.2022.9945024>
- Imran, A., & Rasul, M. (2020). Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan Esp32. *Jurnal Media Elektrik*, 17(2), 2721–9100.
<https://ojs.unm.ac.id/mediaelektrik/article/view/14193>
- Indonesia, S. N., & Nasional, B. S. (2008). SNI 7400:2008 Tentang Cara Pengujian Klakson untuk Kendaraan Bermotor. Standar Nasional Indonesia.
- Indonesian Ministry of Transportation. (2021). Regulation of the Minister of Transportation of the Republic of Indonesia Number PM 19 of 2021 concerning Periodic Testing of Motor Vehicles. Ministry of Transportation of the Republic of Indonesia.
- Jameco. (2024). MEAN WELL RT-65B. www.jameco.com.
https://www.jameco.com/z/RT-65B-MEAN-WELL-Power-Supply-Triple-Output-5V-5A-12V-2-8A-12V-0-5A-65W_323540.html
- Kinnansih, I. W., & Dzulkiflih. (2022). Rancang Bangun Alat Pengontrol Suhu dan Kelembapan Pada Tempat Penetasan Telur Menggunakan Sensor DHT22 dan Motor Swing Berbasis IoT. *57Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI)*, 11(3), 57–72.
- Kosasih, D. P., & Rachman, M. (2019). Pengaruh Penggunaan Knalpot Modifikasi Terhadap Suhu dan Kebisingan Suara Pada Sepeda Motor. *MESA (Teknik Mesin, Teknik Elektro, Teknik Sipil, Arsitektur)*, 3(2), 44–48.
- Margono, D. S. (2010). Metode Penelitian Pendidikan. PT Rineka Cipta. https://ecampus-fip.umj.ac.id/pustaka_umj/main/item/12705
- Maria, P. S., & Susianti, E. (2019). Uji Kinerja Surface Scanner 3D Menggunakan Sensor VL53L0X dan Mikrokontroler ATMEGA8535. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(1), 1–8.
<https://doi.org/10.15294/jte.v11i1.18821>
- Maulidya Anggrayni, F., & Dzulkiflih. (2022). Rancang Bangun Sound Level Meter Berbasis Arduino Uno untuk Mengukur Kebisingan Intermiten Akibat Kereta Api Melintas. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (JIFI)*, 11, 8–17.
- Mindasari, S., As'ad, M., & Meilantika, D. (2022). Sistem Keamanan Kotak Amal di Musala Sabilul Khasanah Berbasis Arduino UNO. *Jurnal Teknik Informatika Mahakarya (JTIM)*, 5(2), 7–13.
- Mulyanto, Y., Hamdani, F., & Hasmawati. (2020). Rancang Bangun Sistem Informasi Penjualan Pada Toko Omg Berbasis Web Di Kecamatan Empang Kabupaten Sumbawa. *Jurnal Informatika, Teknologi dan Sains*, 2(1), 69–77.
<https://doi.org/10.51401/jinteks.v2i1.560>

- Noli, F. J., Sumampouw, O. J., & Ratag, B. T. (2021). *Journal of Public Health and Community Medicine*, 2, 15–21.
- POLOLU. (n.d.). Pololu-2128. 2–6.
- Prafanto, A., Budiman, E., Widagdo, P. P., Putra, G. M., & Wardhana, R. (2021). Pendeteksi Kehadiran menggunakan ESP32 untuk Sistem Pengunci Pintu Otomatis. *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, 7(1), 37. <https://doi.org/10.31884/jtt.v7i1.318>
- Prasetyo, T. F., Sujadi, H., & Azizi, R. M. (2020). Desain dan Pengembangan Peralatan Rekayasa Otomatis Pada Papan Tulis Menggunakan Arduino Uno R3 Terintegrasi Dengan Android. *Infotech Journal*, 6(2), 59.
- Priyono, B., & Ilham Sayekti. (2019). Pendeteksi Jarak Halangan Pada Robot Beroda Menggunakan Sensor Laser (hal. 9). Polines.
file:///D:/kkw/v153lox/2330-109157-1-SM (2).pdf
- Qothrunnada, K. (2022). Power Supply Adalah: Pengertian, Fungsi, Jenis, dan Cara Kerjanya. *www.detik.com*. <https://www.detik.com/bali/berita/d-6439064/power-supply-adalah-pengertian-fungsi-jenis-dan-cara-kerjanya>
- Riyana Fatimatus Zahrok, Setyawan Purnomo Sakti, & Dewi Anggraeni. (2021). Rancang Bangun Pengontrol Jarak Menggunakan Motor Stepper Nema 17 Berbasis Mega 2560 Pro pada Ultrasonic Atomizer Spray Coating. 1–14.
<https://www.researchgate.net/publication/353702350>
- Roihan, A., Sunandar, E., & Fatah, M. A. A. (2022). Purwarupa RFID Student Smart Card Berbasis Raspberry pada Sekolah Menengah Kejuruan GT. *EXPERT: Jurnal Manajemen Sistem Informasi dan Teknologi*, 12(1), 16.
<https://doi.org/10.36448/expert.v12i1.2526>
- Sa, N., & Milchan, M. (2023). Pemanfaatan Sound Level Meter untuk Mengukur Level Pengeras Suara Masjid dan Musala. 7(November), 175–182.
<https://doi.org/10.31284/j.jpp-iptek.2023.v7i2.4770>
- Suhendro, B., Antoro, L. M., & Suroso, S. (2020). Sistem Kendali Penggerak Motor Stepper Pada Orbital Welding Menggunakan Perangkat Lunak LabVIEW. *Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya)*, 5, 47–56.
<https://doi.org/10.20961/prosidingsnfa.v5i0.46593>
- Yulianti, T., Samsugi, S., Nugroho, P. A., & Anggono, H. (2021). Rancang Bangun Alat Pengusir Hama Babi Menggunakan Arduino Dengan Sensor Gerak. *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*, 2(1), 21. <https://doi.org/10.33365/jtst.v2i1.1032>

Zain, A. R., Mukhtar, H., Wijayanto, Y. N., Telkom, U., & Lidar, S. (2021). Rancang Bangun Pemindai 3 Dimensi Resolusi Tinggi Pada Objek Jarak Menggunakan Lidar Design and Build High Resolution 3D Scanner on Near Object Using. *eProceedings of Engineering*, 8(5), 4504–4511.
<https://openlibrarypublications.telkomuniversity.ac.id/index.php/engineering/article/view/15624>