

**RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN TIMBANGAN
DIGITAL BERBASIS ESP32-S3, DENGAN
KELUARAN SUARA, DAN PENCATATAN DATA
BERBASIS GOOGLE SHEETS UNTUK MENDUKUNG
AKSESIBILITAS DIFABEL NETRA**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana S-1

Program Studi Fisika



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Diajukan oleh :

Iin Aprilia Lestari

21106020004

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA**

2026

LEMBAR PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 540971 Fax. (0274) 519739 Yogyakarta 55281

PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-250/U.n.02/DST/PP.00.9/02/2026

Tugas Akhir dengan judul : Rancang Bangun dan Pengujian Timbangan Digital Berbasis ESP32-S3 dengan Keluaran Suara dan Pencatatan Data Berbasis Google Sheets untuk Mendukung Aksesibilitas Difabel Netra

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : IIN APRILIA LESTARI
Nomor Induk Mahasiswa : 21106020004
Telah diujikan pada : Rabu, 28 Januari 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.
SIGNED

Valid ID: 698048f08a1da



Penguji I

Dr. Nita Handayani, S.Si, M.Si
SIGNED

Valid ID: 69804156ca694



Penguji II

Anis Yuniati, S.Si., M.Si., Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 697c39c3006e5



Yogyakarta, 28 Januari 2026

UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardati, M.Si.
SIGNED

Valid ID: 6980akca9kca2a

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Iin Aprilia Lestari

NIM : 21106020004

Program Studi : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul "Rancang Bangun Dan Pengujian Timbangan Digital Berbasis Esp32-S3, dengan Keluaran Suara, dan Pencatatan Data Berbasis Google Sheets Untuk Mendukung Aksesibilitas Difabel Netra" adalah hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diujikan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis dicatu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 22 Januari 2026

Penulis,



Iin Aprilia Lestari

21106020004

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUA TUGAS AKHIR



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-03/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Peretujuan Skripsi

Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
di Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr. wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku pembimbing berpendapat bahwa skripsi Saudara:

Nama : Iin Aprilia Lestari
NIM : 21106020004
Judul Skripsi : Timbangan Digital Berbasis ESP32-S3, dengan Keluaran
Suara, dan Pencatatan Data Berbasis Google Sheets Untuk
Mendukung Aksesibilitas Difabel Netra

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Fisika.

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 22 Januari 2026

Pembimbing II

Pembimbing I

Ade Kurniawan, M.Si., Ph.D.
NIP. 19890312 201903 1 009

Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.
NIP. 19780510 200501 1 003

HALAMAN MOTTO

“Datang menangis disambut senyuman. Pulang tersenyum disambut tangisan”

Abah Yasin

“Some things are up to us and some things are not.”_Epictetus



HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini penulis persembahkan untuk:

Diri saya sendiri

Kedua orang tua penulis ibu Sutirah dan bpk Suhari

Dan teman teman difabel netra.



KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Rancang Bangun Dan Pengujian Timbangan Digital Berbasis Esp32-S3, Dengan Keluaran Suara, Dan Pencatatan Data Berbasis Google Sheets Untuk Mendukung Aksesibilitas Difabel Netra” dengan baik dan lancar tanpa ada halangan yang berarti. Penulis sangat berharap penelitian ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang terkait demi perkembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan. Dalam penyusunan serta pelaksanaan tugas akhir ini penulis telah mengalami dinamika dan mendapatkan banyak bantuan secara langsung maupun tidak langsung dari berbagai pihak. Oleh karena itu, sepatutnya penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Mama dan Bapa, terimakasih atas dukungan dan doa yang mengiri di setiap langkah.
2. Mba dan Mas, yang selalu memberi dukungan, serta menjadi ruang berbagai rasa lelah dan semangat.
3. Bapak Prof. H. Noorhaidi Hasan, S.Ag., M.A., M.Phil., Ph.D. selaku Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
4. Ibu Prof. Dr. Dra. Hj. Khurul Wardani, M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.
5. Ibu Dr. Widayanti, S.Si., M.Si. selaku ketua Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta.

6. Bapak Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc. selaku dosen Pembimbing Akademik Program Studi Fisika angkatan 2021 dan pembimbing I dalam skripsi yang senantiasa memberikan *insight*, arahan, masukan, serta motivasi yang sangat berarti untuk terus berproses.
7. Bapak Ade Kurniawan, M.Si., Ph.D. selaku dosen pembimbing II dalam skripsi yang senantiasa membimbing dan memberi arahan teknis maupun akademik dalam proses penelitian ini.
8. Seluruh Dosen Program Studi Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta yang telah memberikan bimbingan, ilmu, wawasan, motivasi selama masa perkuliahan.
9. Ibu Dr. Nita Handayani , M.Si dan Ibu Anis Yuniarti, M.Si., Ph.D selaku dosen penguji skripsi yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang membangun yang sangat membantu dalam penyempurnaan skripsi ini.
10. Pak Aslam, Pak Alif dan Pak Ndaru, yang sudah bersedia meluangkan waktunya, memberikan pencerahan, dukungan dan ilmunya.
11. Anas dan Akmal teman sepembimbingan, yang sudah menemani, membantu, mendukung, memberi pencerahan, memotivasi dan menjadi tempat cerita selama masa penelitian ini.
12. Teman-teman seperjuangan instrumentasi 2021 yang sudah menjadi keluarga, menjadi tempat nyaman bertukar cerita, berbagai pengalaman, berbagai kebahagiaan semasa kuliah. Tak lupa teman teman Tadika Fisika 2021 yang sudah kebersamai dan memberi cerita selama masa perkuliahan.

13. Serta semua pihak yang telah memberikan doa, bantuan, dukungan serta semangat dalam penyusunan laporan penelitian ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu
14. Terakhir namun tidak kalah penting, penulis berterima kasih kepada diri sendiri yang sudah mengusahakan dan tidak menyerah.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap saran dan masukan yang bersifat membangun demi penyempurnaan tugas akhir ini.

Yogyakarta, 22 Januari 2026

Penulis



STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

**RANCANG BANGUN DAN PENGUJIAN TIMBANGAN DIGITAL
BERBASIS ESP32-S3, DENGAN KELUARAN SUARA, DAN
PENCATATAN DATA BERBASIS GOOGLE SHEETS UNTUK
MENDUKUNG AKSESIBILITAS DIFABEL NETRA**

Iin Aprilia Lestari
21106020004

INTISARI

Keadilan dan transparansi dalam proses penimbangan merupakan prinsip penting dalam transaksi perdagangan, khususnya bagi konsumen difabel netra yang memiliki keterbatasan dalam mengakses informasi visual pada timbangan digital konvensional. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan kesalahan informasi, ketergantungan pada penjual, serta kerugian dalam proses jual beli. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat, dan menguji timbangan digital berbasis mikrokontroler ESP32-S3 yang dilengkapi dengan keluaran suara serta pencatatan data otomatis menggunakan Google Sheets guna mendukung aksesibilitas difabel netra. Metode penelitian yang digunakan terdiri atas tiga tahap, yaitu perancangan, pembuatan, dan pengujian. Pada tahap perancangan dilakukan penyusunan diagram blok sistem, skema rangkaian elektronik menggunakan perangkat lunak Fritzing, desain fisik perangkat keras menggunakan SketchUp, serta diagram alir perangkat lunak menggunakan web draw.io. Sistem dirancang menggunakan sensor *load cell* sebagai input, modul HX711 sebagai penguat dan konverter sinyal, serta mikrokontroler ESP32-S3 sebagai pengendali utama. Hasil pengukuran ditampilkan secara visual melalui LCD, disampaikan secara audio melalui speaker, dan dicatat secara otomatis ke Google Sheets menggunakan Google Apps Script sebagai media komunikasi berbasis cloud. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berhasil dibuat dan beroperasi dengan baik. Pengujian timbangan digital menghasilkan nilai akurasi rata-rata sebesar 99,74%, presisi keterulangan 99,58%, dan presisi antara 99,57%. Selain itu, pengujian aksesibilitas difabel netra memperoleh nilai indeks rata-rata Skala Likert sebesar 96,43% dengan kategori sangat baik. Dengan demikian, timbangan digital yang dikembangkan bersifat informatif dan mendukung aksesibilitas bagi penyandang disabilitas netra, namun kinerja pengukurannya masih memerlukan penyempurnaan agar sepenuhnya memenuhi batas kesalahan yang diizinkan (BKD) atau *Maximum Permissible Errors* sesuai dengan standar yang berlaku di bidang perdagangan.

Kata kunci: Timbangan Digital, ESP32-S3, Aksesibilitas, *Load Cell*, *Internet of Things*

DESIGN AND TESTING OF AN ESP32-S3 BASED DIGITAL WEIGHING SCALE WITH VOICE OUTPUT AND GOOGLE SHEETS BASED DATA LOGGING TO SUPPORT ACCESSIBILITY FOR THE VISUALLY IMPAIRED

Iin Aprilia Lestari
21106020004

ABSTRACT

Fairness and transparency in the weighing process are essential principles in commercial transactions, particularly for visually impaired consumers who have limited access to visual information provided by conventional digital scales. This condition may lead to information errors, dependence on sellers, and potential losses in buying and selling activities. This study aims to design, develop, and test a digital weighing scale based on the ESP32-S3 microcontroller equipped with voice output and automatic data recording using Google Sheets to support accessibility for visually impaired users. The research method consists of three main stages: design, implementation, and testing. During the design stage, system block diagrams were prepared, electronic circuit schematics were designed using Fritzing, hardware physical designs were developed using SketchUp, and software flowcharts were created using the web-based draw.io platform. The system is designed using a load cell sensor as input, an HX711 module as a signal amplifier and analog-to-digital converter, and the ESP32-S3 microcontroller as the main controller. Measurement results are displayed visually on an LCD, delivered audibly through a speaker, and automatically recorded in Google Sheets using Google Apps Script as a cloud-based communication medium. The results show that the system was successfully developed and operated properly. The digital scale achieved an average accuracy of 99.74%, a repeatability precision of 99.58%, and an intermediate precision of 99.57%. In addition, accessibility testing for visually impaired users obtained an average Likert Scale index of 96.43%, categorized as very good. Therefore, the developed digital scale is informative and supports accessibility for visually impaired users; however, its measurement performance still requires further improvement to fully comply with the allowable limits of error (Maximum Permissible Errors) in accordance with applicable commercial standards.

Keywords *Digital Weighing Scale, ESP32-S3, Accessibility, Load Cell, Internet of Things*

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
SURAT PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	iv
HALAMAN MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
INTISARI	x
ABSTRACT	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	8
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Batasan Penelitian	9
1.5 Manfaat Penelitian	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	10
2.1 Studi Pustaka.....	10
2.2 Dasar Teori.....	16
2.2.1 Aksesibilitas Difabel Netra	16
2.2.2 Sensor <i>Load cell</i>	16
2.2.3 Modul HX711	20
2.2.4 ESP32-S3	23
2.2.5 <i>Speaker</i> Tipe 53-84 4Ω 3W	26
2.2.6 Modul MAX98357A.....	28
2.2.7 Google Sheets	31
2.2.8 Arduino IDE.....	33
2.2.9 Google App Script	35
2.2.10 Akurasi	37

2.2.11 Presisi	40
2.2.12 Skala Likert	43
2.2.13 Wawasan Islam Tentang Penimbangan	48
BAB III METODE PENELITIAN	51
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	51
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	51
3.2.1 Alat Penelitian	51
3.2.2 Bahan Penelitian	52
3.3 Prosedur Penelitian	53
3.3.1 Perancangan Alat	54
3.3.2 Pembuatan Alat	58
3.3.3 Pengujian Alat	61
3.4 Sistematika Pembahasan Hasil Penelitian	70
3.4.1 Pembahasan Hasil Perancangan dan Pembuatan	70
3.4.2 Sistematika Pembahasan Hasil Pengujian	71
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASA	73
4.1 Hasil Penelitian	73
4.1.1 Hasil Perancangan	73
4.1.2 Hasil Pembuatan	75
4.1.3 Hasil Pengujian	80
4.2 Pembahasan	82
4.2.1 Pembahasan Hasil Perancangan dan Pembuatan	82
4.2.2 Pembahasan Hasil Pengujian	87
4.2.3 Integrasi – Interkoneksi	97
BAB V PENUTUP	101
5.1 Kesimpulan	101
5.2 Saran	103
DAFTAR PUSTAKA	104
LAMPIRAN	109

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Single-point load cell</i> (Sharabanna, dkk. 2024).....	19
Gambar 2.2 Modul HX711 (BigCommerce, 2025).....	21
Gambar 2.3 ESP32-S3 (Ariat Tech, 2024).....	24
Gambar 2.4 <i>Speaker</i> tipe 53-84 (MakerBazar.in, 2025).....	26
Gambar 2.5 Bagian dalam dan luar <i>Speaker</i> (National Institute of Open Schooling, 2019)	27
Gambar 2.6 Modul MAX98357A (Makers Electronics, 2025).....	29
Gambar 2.7 <i>Software</i> Arduino IDE (Arduino, 2025)	34
Gambar 2.8 <i>Software</i> Google Apps Script (Twenty-four.io, 2024)	36
Gambar 3.1 Diagram blok kinerja timbangan digital keseluruhan	53
Gambar 4.1 Desain skema rangkaian perangkat keras	74
Gambar 4.2 Desain perangkat keras keseluruhan.....	74
Gambar 4.3 Desain perangkat keras tampak samping.....	74
Gambar 4.4 Diagram alir visualisasi alur sistem.....	75
Gambar 4.5 (a) Hasil pembuatan alat secara keseluruhan tampak depan,	76
Gambar 4.6 Hasil pembuatan alat tanpa <i>load receptor</i>	77
Gambar 4.7 Hasil pembuatan alat secara keseluruhan tampak dalam.....	77
Gambar 4.8 Tampilan kondisi input harga	78
Gambar 4.9 Tampilan hasil pengukuran kondisi penimbangan	79
Gambar 4.10 Tampilan hasil pengukuran dan hasil penghitungan harga.....	79
Gambar 4.11 Tampilan data hasil pengukuran terkirim ke Google Sheets	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Studi pustaka	15
Tabel 2.3 Spesifikasi modul HX711 (Avia Semiconductor, 2013).....	22
Tabel 2.4 Spesifikasi <i>speaker</i> (RS Components, 2022).	27
Tabel 2.5 Tabel BKD (Direktur Jenderal Perdagangan Dalam Negeri, 2015).....	39
Tabel 2.6 Skor penilaian Skala Likert 5 poin (Editro, 2022).	46
Tabel 2.7 Tabel Interpretasi nilai (Editro, 2022).....	47
Tabel 3.1 Waktu Penelitian	51
Tabel 3.2 Peralatan perancangan timbangan digital.....	52
Tabel 3.3 Peralatan pembuatan timbangan digital	52
Tabel 3.4 Peralatan pengujian timbangan digital	52
Tabel 3.5 Bahan pembuatan timbangan digital	52
Tabel 3.6 Pengambilan data pengujian akurasi massa pada LCD.....	62
Tabel 3.7 Hasil penghitungan akurasi.	63
Tabel 3.8 Pengambilan data pengujian presisi keterulangan.	64
Tabel 3.9 Pengambilan data pengujian presisi antara	64
Tabel 3.10 Hasil perhitungan presisi keterulangan berdasarkan selisih rata-rata pengukuran.....	66
Tabel 3.11 Hasil perhitungan presisi antara berdasarkan selisih rata-rata pengukuran.....	66
Tabel 3.12 Hasil penghitungan presisi keterulangan.....	66
Tabel 3.13 Hasil penghitungan presisi antara.....	67
Tabel 3.14 Rentang nilai Skala likert (Editro,2022).	68

Tabel 3.15 Pernyataan kuesioner.....	69
Tabel 3.16 Tabel pengambilan data tiap responden	69
Tabel 3.17 Rangkuman data hasil pengujian aksesibilitas difabel netra.....	69
Tabel 3.18 Hasil uji aksesibilitas difabel netra.....	70
Tabel 4.1 Hasil uji akurasi.....	80
Tabel 4.2 Hasil presisi keterulangan	81
Tabel 4.3 Hasil uji presisi antara	81
Tabel 4.4 Hasil uji aksesibilitas difabel netra.....	82



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perancangan Alat	109
Lampiran 2 Pembuatan Alat	110
Lampiran 3 Pengujian Alat	119
Lampiran 4 Pengolahan Data	124



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang semakin pesat dalam beberapa dekade terakhir telah mendorong transformasi di berbagai sektor kehidupan, termasuk pada sektor perdagangan. Perdagangan merupakan salah satu sektor strategis dalam pembangunan ekonomi nasional yang memiliki peran penting baik secara kualitatif maupun kuantitatif (Kementrian Perdagangan RI, 2013). Kemajuan teknologi tidak hanya mempercepat aktivitas ekonomi, tetapi juga meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam berbagai prosesnya. Salah satu wujud penerapan teknologi di sektor perdagangan adalah penggunaan alat ukur digital, yang kini semakin umum digunakan dalam sektor perdagangan.

Alat ukur digital dalam sektor perdagangan memegang peranan krusial dalam menjamin keadilan, transparansi, dan kepercayaan antara penjual dan pembeli. Penggunaan alat ukur digital bertujuan untuk memastikan ketepatan pengukuran dalam menentukan nilai suatu produk, baik dari segi harga, kuantitas, maupun kualitas. Dibandingkan dengan alat ukur manual, alat ukur digital dinilai lebih andal karena mampu memberikan hasil yang akurat dan presisi (Muslimin dkk., 2021). Dalam praktiknya, mayoritas kegiatan perdagangan, baik pada komoditas bahan pangan, hasil pertanian, maupun produk lainnya, mengandalkan penggunaan alat ukur digital guna memastikan ketepatan hasil pengukuran.

Salah satu alat ukur digital yang sering digunakan dalam transaksi perdagangan yaitu timbangan digital. Timbangan digital merupakan alat ukur massa benda atau zat yang menampilkan hasil pengukurannya dalam bentuk digital

pada layar. Timbangan digital menawarkan tingkat akurasi yang lebih tinggi, hasil pengukuran yang cepat dan presisi, kemudahan dalam penggunaannya, serta kemampuan untuk meminimalkan potensi kecurangan atau ketidaktepatan dalam penimbangan (Muslimin dkk., 2021). Keandalan ini menjadikan timbangan digital sebagai alat bantu yang penting dalam kegiatan perdagangan, terutama dalam menciptakan transaksi yang adil, transparan bagi penjual maupun pembeli dan mudah diakses oleh seluruh pengguna.

Dalam perspektif Islam, transparansi merupakan prinsip fundamental yang tidak hanya berdampak pada aspek muamalah (interaksi sosial dan ekonomi), tetapi juga pada nilai keadilan. Al-Qur'an menyampaikan larangan tegas terhadap tindakan yang merugikan orang lain dalam jual beli, salah satunya melalui surah Hud ayat 85. Berikut ini adalah kutipan ayat yang berkaitan dengan perintah tersebut.

وَيَقُومُوا أَوْفُوا الْمِكْيَالَ وَالْمِيزَانَ بِالْقِسْطِ وَلَا تَبْخَسُوا النَّاسَ أَشْيَاءَهُمْ وَلَا تَعْتُوا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ ۗ ٨٥

Artinya : *"Wahai kaumku, penuhilah takaran dan timbangan dengan adil! Janganlah kamu merugikan manusia akan hak-hak mereka dan janganlah kamu membuat kejahatan di bumi dengan menjadi perusak!"* (Kementrian agama, 2022).

Ayat tersebut menunjukkan bahwa upaya menjaga keadilan dalam transaksi menjadi perhatian utama dalam ajaran agama, sebagaimana tergambar dari larangan terhadap praktik pengurangan takaran dan timbangan, serta anjuran untuk menyempurnakannya secara jujur dan adil. Larangan tersebut juga mencakup segala bentuk tindakan yang merugikan hak orang lain, baik dalam bentuk barang yang ditakar, ditimbang, dihitung, maupun dibatasi. Dalam konteks ini, transparansi memegang peranan penting untuk memastikan bahwa setiap proses transaksi

berlangsung secara terbuka dan jujur, sehingga tidak terjadi kecurangan yang merugikan salah satu pihak. Lebih dari itu, pada ayat ini juga terdapat penegasan terhadap pentingnya menjaga ketertiban dan keamanan di muka bumi, baik dalam aspek sosial, ekonomi, maupun keagamaan (Kementrian Agama, 2025).

Namun demikian, dalam transaksi perdagangan selain adanya potensi kecurangan pada pengukuran, juga berpotensi adanya kesalahan yang diakibatkan oleh manusia (*human error*), seperti keterbatasan penglihatan dalam membaca hasil pengukuran, kesalahan dalam penyampaian hasil pengukuran, dan manipulasi pencatatan data penjualan, hal tersebut dapat mengakibatkan kerugian pada salah satu pihak. Timbangan digital yang umum digunakan di pasaran saat ini hanya mampu menampilkan hasil pengukuran massa dan harga yang perlu dibayarkan, tanpa dilengkapi fitur tambahan seperti suara atau pencatatan data penjualan secara otomatis. Pencatatan hasil penjualan masih dilakukan secara manual sehingga berpotensi terjadinya manipulasi data (Syarif dkk., 2023). Maka diperlukan timbangan digital yang akurat, praktis, dan informatif guna meminimalisir kesalahan manusia.

Permasalahan tersebut menjadi semakin kompleks ketika ditinjau dari perspektif pembeli difabel netra, yang memiliki keterbatasan utama dalam mengakses informasi visual pada alat ukur digital. Sebagai pembeli, difabel netra tidak dapat secara langsung membaca tampilan massa dan harga pada layar timbangan digital, sehingga sepenuhnya bergantung pada penjual dalam memberi informasi hasil pengukuran. Ketergantungan ini tidak hanya mengurangi kemandirian pembeli difabel, tetapi juga meningkatkan risiko kesalahan informasi

dan potensi kerugian akibat ketidaksesuaian antara massa barang dan harga yang dibayarkan. Berbagai penelitian menyebutkan bahwa keterbatasan akses terhadap informasi visual pada perangkat digital merupakan hambatan utama bagi penyandang netra dalam aktivitas transaksi dan konsumsi, terutama ketika perangkat tersebut tidak dilengkapi dengan fitur aksesibilitas seperti keluaran suara atau antarmuka nonvisual (WHO, 2021; Kerdar dkk., 2024). Kondisi ini menunjukkan bahwa absennya fitur aksesibilitas pada timbangan digital tidak hanya berdampak pada efisiensi transaksi, tetapi juga pada pemenuhan hak pembeli difabel untuk memperoleh informasi yang setara dan transparan.

Seiring meningkatnya aktivitas perdagangan dan kompleksitas permasalahan yang ada khususnya pada pembeli difabel, diperlukan timbangan yang akurat, praktis, informatif, mudah diakses oleh seluruh pengguna, dan efisien dalam mendukung proses transaksi. Kebutuhan ini terutama dirasakan pada proses penimbangan dan pencatatan hasil penjualan, yang menjadi titik krusial dalam kegiatan jual beli. Oleh karena itu, penambahan fitur keluaran suara pada timbangan digital menjadi penting untuk memberikan informasi hasil penimbangan secara jelas dan mandiri, khususnya bagi pembeli difabel dengan keterbatasan penglihatan, sehingga dapat mengurangi kesalahan dalam pembacaan maupun penyampaian hasil pengukuran. Selain itu, timbangan digital yang dilengkapi dengan fitur pencatatan data penjualan secara otomatis dinilai lebih efektif dibandingkan metode manual karena mampu meminimalkan kesalahan input, mempercepat proses transaksi, serta menyimpan data secara terstruktur dan mudah diakses kembali. Dalam konteks ini, timbangan digital dengan dukungan fitur suara dan pencatatan

otomatis menjadi kebutuhan mendesak untuk mewujudkan transparansi dan akuntabilitas yang lebih baik dalam transaksi perdagangan.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, perlu dikembangkan sebuah timbangan digital berbasis sensor *load cell* yang tidak hanya akurat, tetapi juga dilengkapi dengan fitur suara dan pencatatan otomatis untuk mendukung aktivitas perdagangan guna mengatasi keterbatasan pada timbangan digital yang ada di pasaran. Dalam penelitian ini, timbangan digital dirancang tidak hanya untuk menampilkan hasil pengukuran berat pada layar LCD, tetapi juga dilengkapi dengan fitur suara, sehingga pengguna terutama yang memiliki keterbatasan penglihatan, khususnya pengguna difabel dapat memperoleh informasi hasil pengukuran secara audio. Selain itu, sistem ini juga akan dilengkapi dengan fitur integrasi ke dalam Google Sheets untuk pencatatan otomatis dan penyimpanan data hasil pengukuran massa dan nominal pembayaran. Pendekatan ini bertujuan untuk mengurangi kesalahan pencatatan manual serta meningkatkan efisiensi pelaporan penjualan. Dengan menggabungkan sensor *load cell*, ESP32-S3, *Speaker*, dan Google Sheets, sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi kesalahan data, serta mempercepat proses transaksi.

Sensor *load cell* merupakan salah satu komponen utama dalam sistem penimbangan digital yang bekerja berdasarkan perubahan gaya menjadi sinyal listrik melalui elemen *strain gauge*. Sensor *load cell* memiliki kemampuan untuk mendeteksi massa dengan akurasi yang tinggi, selain itu telah digunakan secara luas dalam berbagai sektor seperti industri, pertanian, dan perdagangan. Salah satu jenis

sensor *load cell* yang banyak digunakan adalah *load cell* tipe *strain gauge* yang dipasangkan dengan modul penguat sinyal HX711. Modul ini berfungsi untuk mengkonversi sinyal analog dari *load cell* menjadi sinyal digital yang dapat dibaca oleh mikrokontroler seperti ESP32-S3. Penelitian yang dilakukan oleh Habibuddin dkk. (2023) menunjukkan bahwa timbangan beras otomatis berbasis IoT dengan sensor *load cell* dan NodeMCU ESP32 mampu mencapai akurasi hingga 99,87% . Sementara itu, Hafni dkk (2023) menyatakan bahwa sistem timbangan berbasis sensor *load cell* dan mikrokontroler yang dirancang mampu menghasilkan galat akurasi hanya 0,9%. Dengan demikian, sensor *load cell* dinilai tepat untuk digunakan sebagai komponen utama dalam timbangan digital pada penelitian ini karena mampu memberikan hasil pengukuran massa yang akurat.

Penelitian ini menggunakan mikrokontroler ESP32-S3. Mikrokontroler ini merupakan varian terbaru dari seri ESP32 yang dikembangkan oleh perusahaan Espressif Systems yang bertempat di Shanghai, Tiongkok. Keunggulan ESP32-S3 dibanding produk terdahulu yaitu terletak pada peningkatan performa prosesor dual-core, dukungan AI dengan akselerator vektor, jumlah pin I/O yang lebih banyak, serta konektivitas nirkabel lengkap seperti Wi-Fi dan *Bluetooth Low Energy* (BLE). Dengan fitur tersebut, ESP32-S3 sangat cocok digunakan dalam sistem *Internet of Things* (IoT) dan jaringan kompleks dengan banyak perangkat, termasuk pengaplikasian pada timbangan digital yang membutuhkan pemrosesan cepat dan pengiriman data secara *real-time* ke platform online (Espressif Systems, 2025).

Speaker dengan impedansi 4Ω dan daya 3W digunakan sebagai media keluaran suara pada sistem timbangan digital ini. *Speaker* ini dipilih karena mampu menghasilkan suara yang jelas di lingkungan yang bising serta cocok untuk perangkat portable. Guna memperkuat audio, digunakan *amplifier* digital MAX98357A yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32-S3 melalui antarmuka I2S. Kombinasi ESP32-S3, MAX98357A, dan *Speaker* terbukti efektif menghasilkan umpan balik suara secara *real-time* dan adaptif terhadap kondisi akustik sebagaimana pada penelitian yang dilakukan oleh Torres dkk., (2025). Selain itu, pada penelitian yang dilakukan Yauri dan Espino, sistem dengan kombinasi tersebut juga mampu mengubah teks menjadi suara secara efisien pada perangkat IoT (Yauri dan Espino, 2024). Oleh karena itu, kombinasi perangkat ini dinilai tepat untuk mendukung sistem timbangan suara yang praktis dan efisien.

Penelitian ini akan menggunakan Google Sheets. Google Sheets merupakan sebuah penyimpanan data berbasis cloud yang praktis dan mudah digunakan sebagai database sederhana. Layanan ini mendukung akses *real-time*, integrasi dengan berbagai sistem, serta otomatisasi pencatatan data menggunakan Google Apps Script. Google Sheets mampu menangani penyimpanan dan pemrosesan data dengan stabil untuk kebutuhan berskala kecil (Ekanayake dkk., 2021). Dengan kemudahan tersebut, Google Sheets ini dapat dikombinasikan pada timbangan digital pada penelitian ini, sebagai media pencatatan hasil penjualan secara otomatis dan efisien tanpa memerlukan perangkat keras tambahan.

Sebelum timbangan digital ini dibuat, perlu dilakukan proses perancangan terlebih dahulu. Tahap perancangan bertujuan sebagai panduan agar pembuatan sistem

menjadi lebih terarah dan terstruktur sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Setelah proses perancangan selesai, sistem timbangan digital dapat dibuat berdasarkan desain yang telah dirancang.

Setelah timbangan digital berhasil dibuat, timbangan digital perlu dilakukan pengujian. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kinerja timbangan digital yang telah dibuat. Hasil pengujian tersebut akan menunjukkan apakah timbangan digital ini sudah dapat digunakan dengan baik atau masih membutuhkan perbaikan lebih lanjut.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana rancangan timbangan digital berbasis ESP32-S3, dengan keluaran suara, dan pencatatan data berbasis Google Sheets?
2. Bagaimana hasil pembuatan timbangan digital berbasis ESP32-S3, dengan keluaran suara, dan pencatatan data berbasis Google Sheets?
3. Bagaimana kinerja timbangan digital berbasis ESP32-S3, dengan keluaran suara, dan pencatatan data berbasis Google Sheets ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Merancang timbangan digital berbasis ESP32-S3, dengan keluaran suara, dan pencatatan data berbasis Google Sheets untuk mendukung aksesibilitas difabel netra.

2. Membuat timbangan digital berbasis ESP32-S3, dengan keluaran suara, dan pencatatan data berbasis Google Sheets untuk mendukung aksesibilitas difabel netra.
3. Menguji kinerja timbangan digital berbasis ESP32-S3, dengan keluaran suara, dan pencatatan data berbasis Google Sheets untuk mendukung aksesibilitas difabel netra.

1.4 Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal sebagai berikut.

1. Sensor *load cell* yang digunakan berkapasitas 20 kg.
2. Parameter uji meliputi uji akurasi, presisi keterulangan, presisi antara dan uji terbatas aksesibilitas difabel netra menggunakan Skala Likert.
3. Pengujian berskala laboratorium.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian yang dilakukan memberikan manfaat diantaranya sebagai berikut.

1. Mengurangi kesalahan dalam pencatatan data hasil penjualan.
2. Mempermudah proses transaksi antara penjual dan pembeli khususnya difabel netra.
3. Meningkatkan transparansi dan kepercayaan transaksi.
4. Mendukung efisiensi operasional perdagangan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat dan menguji timbangan digital berbasis mikrokontroler ESP32-S3, dengan keluaran suara, dan Google Sheets untuk mendukung aksesibilitas difabel netra. Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan di dapatkan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini telah berhasil merancang sistem timbangan digital berbasis mikrokontroler ESP32-S3 yang dilengkapi dengan *speaker* dan pencatatan data berbasis Google Sheets untuk mendukung aksesibilitas difabel. Perancangan dilakukan dengan membagi sistem ke dalam blok input, blok pemroses, dan blok output sehingga alur kerja sistem dapat dirancang secara terstruktur. Hasil perancangan berupa desain skema rangkaian yang di rancang menggunakan perangkat lunak Fritzing, desain rancangan perangkat keras keseluruhan yang dirancang menggunakan perangkat lunak SketchUp, dan diagram alir rancangan perangkat lunak yang di susun menggunakan web Draw.io.
2. Timbangan digital yang telah dirancang berhasil direalisasikan dalam bentuk perangkat keras dan perangkat lunak yang terintegrasi. Seluruh komponen, meliputi *load cell*, HX711, ESP32-S3, LCD, *keypad*, *speaker*, dan MAX 98357A, telah dirakit dan diprogram sesuai dengan perancangan. Sistem mampu menampilkan hasil penimbangan secara visual melalui LCD serta menyampaikan informasi hasil pengukuran secara audio berupa pembacaan nilai massa dan total harga, sehingga meningkatkan kemudahan penggunaan bagi

difabel, khususnya difabel netra. Selain itu, data hasil penimbangan dapat dikirim dan disimpan secara otomatis pada Google Sheets dengan Google App Script sebagai penghubung komunikasi ESP32-S3 dengan Googel Workspace.

3. Hasil penelitian menunjukkan bahwa timbangan digital berbasis mikrokontroler ESP32-S3, speaker, dan integrasi Google Sheets berhasil dirancang dan beroperasi dengan baik. Hasil pengujian menunjukkan nilai akurasi rata-rata sebesar 99,74%, presisi keterulangan sebesar 99,58%, dan presisi antara sebesar 99,57%, yang mengindikasikan tingkat konsistensi dan ketelitian pengukuran yang tinggi. Namun demikian, hasil pengujian masih menunjukkan adanya selisih pengukuran yang berada di atas batas kesalahan maksimum yang ditetapkan dalam ketentuan metrologi legal (BKD), sehingga timbangan digital ini belum sepenuhnya memenuhi persyaratan OIML R76-1:2006 dan SK Dirjen PDN Nomor 131/SPK/Kep/10/2015. Selain itu, pengujian aksesibilitas difabel netra memperoleh nilai indeks rata-rata Skala Likert sebesar 96,43% dengan kategori sangat baik, yang menunjukkan bahwa keluaran suara memiliki kejelasan, keterpahaman, kenyamanan, dan kebermanfaatan yang tinggi. Secara keseluruhan, sistem mampu beroperasi secara stabil, mulai dari input harga, pembacaan berat, perhitungan total harga, keluaran suara informatif, hingga pencatatan data ke Google Sheets, sehingga telah memenuhi tujuan penelitian dan layak digunakan sebagai timbangan digital yang mendukung aksesibilitas difabel.

5.2 Saran

Inovasi teknologi merupakan proses yang terus berkembang dan tidak pernah berhenti pada satu tahap penyempurnaan. Setiap inovasi yang dihasilkan senantiasa membuka peluang untuk peningkatan performa serta penyesuaian terhadap kebutuhan pengguna yang semakin beragam. Oleh karena itu, meskipun alat yang dirancang, dibuat, dan diuji telah menunjukkan kinerja yang baik berdasarkan hasil pengujian, masih terdapat beberapa hal yang dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan untuk pengembangan dan penyempurnaan pada tahap selanjutnya. Berdasarkan hal tersebut, maka beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Pengembangan sistem selanjutnya perlu lebih menekankan aspek aksesibilitas sehingga timbangan benar-benar optimal digunakan oleh penyandang difabel sebagai pengguna utama.
2. Disarankan untuk mengembangkan timbangan dengan kapasitas beban yang lebih besar agar dapat digunakan pada berbagai kebutuhan dan skala penggunaan yang lebih luas.
3. Rangkaian elektronik disarankan direalisasikan dalam bentuk PCB agar konstruksi sistem lebih kokoh, rapi, dan tidak mudah goyah saat perpindahan tempat.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. 2017. Fisika dasar II. Institut Teknologi Bandung.
- Abdurrazaq, G., Ramiati, & Herda, D. L. 2024. Implementation of the internet of things (IoT) on an automatic weather station (AWS) weather monitoring tool to support fisherman activities. *Journal on Internet Engineering Technologies and Applications*, **Vol.1** No.2 : 1–9.
- ACCSQ.2011. *Guidelines for the verification of non-automatic weighing instruments (NAWI)*.
- Amra, S., Mulia, A. I., Ria, D., & Tb, Y. 2022. Design of agricultural commodity weights based on ATmega16 microcontroller with PC display and sound output. *Jurnal Teknik Elektro*, **Vol.8** No.2 : 104–111.
- Apatya, Y. B. A., Setiady, W., & Ardita, E. 2024. Rancang bangun monitoring timbangan ECB/CAS menggunakan NodeMCU dan Google Sheets. *Jurnal Teknik Elektro*, **Vol.10** No.3.
- Apriani, A., & Amran. 2023. Timbangan dan takaran dalam perspektif hukum ekonomi syariah. *Jurnal Hukum Ekonomi Syariah*, **Vol.4** No.1 : 30–45.
- Arduino. 2025. *Trademark & copyright*. Diakses 7 Januari 2026 dari <https://www.arduino.cc/en/trademark/>
- Ariat Tech. 2024. *Memahami perbezaan analisis teknikal dan prestasi ESP32 dan ESP32-S3*.
- Arkundato, A. 2018. *Pengukuran dan ketidakpastian*. Penerbit Akademik.
- Astuti, A. W., Sayudin, & Muharam, A. 2023. Perkembangan bisnis di era digital. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*, **Vol.2** : 2787–2792.
- Avia Semiconductor. 2013. *24-bit analog-to-digital converter (ADC) for weigh scales*.
- Badan Standardisasi Nasional. 2024. *Akurasi (kebenaran dan presisi) metode dan hasil pengukuran – Bagian 1: Prinsip umum dan definisi (RSNI3 ISO 5725-1:2023)*.
- Big Commerce. 2025. *Modul HX711*.
- Direktorat Jenderal Standardisasi dan Perlindungan Konsumen. 2015. *Syarat teknis timbangan bukan otomatis*. Kementerian Perdagangan Republik Indonesia.

- Editro. 2022. *Pengertian skala Likert dan contoh cara hitung kuesionernya*. Diakses 7 Januari 2026 dari <https://www.diedit.com/skala-likert/>
- Ekanayake, L. J., Ihalage, D., & Abyesundara, S. P. 2021. Performance evaluation of Google Spreadsheet over RDBMS through cloud scripting algorithms. *Proceedings of the International Conference on Computer Communication and Informatics* : 1–7.
- Espressif Systems. 2025. *ESP32-S3 series datasheet*. Diakses 7 Januari 2026 dari <https://www.espressif.com>
- Fezari, M., & Dahoud, A. Al. 2018. Integrated development environment (IDE) for Arduino.
- Fitriyaningsih. 2021. *Praktek kecurangan timbangan pedagang bawang merah: Perspektif hukum Islam*. Skripsi.
- Gollin, G. 2023. *Arduino IDE microtutorial*. Diakses 7 Januari 2026 dari https://courses.physics.illinois.edu/phys523/sp2025/microtutorials/Arduino_IDE_microtutorial_.pdf
- Habibuddin, J., Alif, M., Halimsyah, R., & Arifuddin, A. 2023. Optimalisasi timbangan beras otomatis menggunakan Arduino IoT Cloud. *Jurnal Teknik Elektro*, **Vol.8** No.4 : 285–288.
- Hafni, A. R., Daud, M., & Mardhiah, A. 2023. Desain dan realisasi timbangan beras dengan masukan harga dan berat berbasis mikrokontroler. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi*, **Vol.7** No.2 : 58–74.
- Hindayani, A., & Hamim, N. 2022. Akurasi dan presisi metode sekunder pengukuran konduktivitas. *Jurnal Sains*, **Vol.5** No.1 : 41–51.
- International Organization for Standardization. 2017. *ISO/IEC 17025:2017 – General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*.
- Kementerian Agama Republik Indonesia. 2022. *Al-Qur'an dan terjemah*. Diakses 7 Januari 2026 dari <https://quran.kemenag.go.id>
- Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. 2013. *Analisis penggunaan alat ukur, takar, timbang dan perlengkapannya (UTTP)*.
- Kerdar, B., Bächler, M., & Kirchhoff, C. 2024. The accessibility of digital technologies for people with visual impairment and blindness. *Universal Access in the Information Society*.

- Khairi, M., Rianto, B., Chrismondari, Yolnasdi, & Jalil, M. 2025. Pengaruh teknologi dalam transformasi ekonomi dan bisnis di era digital. *Jurnal Perangkat Lunak*, **Vol.7** No.1 : 71–78.
- Ma, B., Chen, J., Qiu, Y., & Shen, D. 2025. Analysis and research on error calculation model of OIML R 76 and reality application. *Measurement*, **Vol.38** : 2–5.
- MakerBazar.in. 2025. *Speaker tipe 53-84 4 Ohm 3 Watt*.
- Makers Electronics. 2025. *Modul MAX98357A*.
- Maxim Integrated. 2019. *MAX98357A/MAX98357B datasheet*. Diakses 7 Januari 2026 dari <https://www.maximintegrated.com>
- Mukhammad, Y., Santika, A., & Haryuni, S. 2022. Analisis akurasi modul amplifier HX711 untuk timbangan bayi. *Jurnal Teknik Elektromedik Indonesia*, **Vol.4** No.1.
- Muslimin, A. M., & Lestari, T. 2021. Perancangan alat timbangan digital berbasis Arduino Leonardo menggunakan sensor *load cell* . *Jurnal Natural*, **Vol.17** No.1 : 50–63.
- National Instruments. 1998. *Strain gauge measurement – A tutorial*.
- Novita, W., Fitriadi, Y., & Nopiana, P. R. 2023. Sistem pencatatan transaksi berbasis Google Spreadsheet. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bidang Sosial dan Humaniora*, **Vol.2** No.2 : 217–225.
- OIML. 2006. *Non-automatic weighing instruments – Part 1: Metrological and technical requirements*.
- Pérez-Tavera, I. 2023. Arduino IDE. *Jurnal Teknologi Informasi*, **Vol.11** No.4 : 30–32.
- Phidgets. 2011. *Micro load cell (0–20 kg) CZL635 datasheet*.
- Pratamansyah, S. R. 2024. Transformasi digital dan pertumbuhan UMKM. *Jurnal Ekonomi Digital*, **Vol.2** No.2 : 1–17.
- Putri, A. A., & Nugroho, H. 2024. Perancangan sistem pencatatan transaksi dan pelaporan keuangan menggunakan Google Spreadsheet. *Jurnal Sistem Informasi*, **Vol.5** No.2.
- Rahmawati, S. N., & Bahagiati, K. 2022. Konsumen penyandang disabilitas netra dalam mendapatkan informasi produk. *Journal of Islamic Business Law*, **6(1)**. <http://urj.uin-malang.ac.id/index.php/jibl>.

- Rebman, C. M., Booker, Q. E., Wimmer, H., Levkoff, S., McMurtrey, M., & Powell, L. M. 2023. An industry survey of analytics spreadsheet tools adoption. *Information Systems Education Journal*, **Vol.21** : 29–42.
- Riyanto. 2014. *Validasi dan verifikasi metode uji*. Deepublish. Yogyakarta.
- RS Components. 2022. *S PRO miniature square speaker 4 Ohm 3W 103dB datasheet*.
- Samsugi, S., Warsito, W., Junaidi, Styawati, Afrisa, F., & Suryono, R. R. 2023. Design of cattle feed measuring system using loadcell and MySQL database. *Proceedings of IConNECT* : 109–114.
- Santoso, H. 2015. *Panduan praktis Arduino untuk pemula*. Andi. Yogyakarta.
- Saputra, A., Supriyanto, A., & Surtono, A. 2022. Desain dan realisasi alat ukur massa (neraca digital) menggunakan sensor *load cell* berbasis Arduino. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, **Vol.10** No.2 : 159–168.
- Saputra, O., Khalil, F. I., & Ayu, W. I. 2024. Rancang bangun sistem kontrol dan monitoring tekanan gas pada biodigester berbasis IoT. *Jurnal Sains dan Teknologi*, **Vol.10** No.4 : 608–616.
- Sharabanna, K. V., & Abhishek, B. V. 2024. Measurement of force using *load cell* . *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, **Vol.12**.
- Sulianta, F. 2024. *Metode penelitian kuantitatif*. Andi. Yogyakarta.
- Sulianta, F. 2025. *Skala Likert*. Andi. Yogyakarta.
- Syarif, A., & Yunus, M. 2023. Rancangan sistem timbangan digital berbasis internet of things menggunakan ESP32. *Jurnal Online Mahasiswa Teknik Elektro*, **Vol.1** No.1.
- Twenty-four.io. 2024. *Google Apps Script*. Diakses 7 Januari 2026 dari <https://developers.google.com/apps-script>
- Yauri, R., & Espino, R. 2024. Generative language model technology integrated into an IoT device for the development of a voice assistant. *Journal of Engineering Science*, **Vol.23** : 521–530.
- Yultrisna, Irmansyah, M., Yuliza, M., & Junaldi. 2021. Rancang bangun timbangan buah digital berbasis mikrokontroler dengan koneksi printer thermal. *Manutech: Jurnal Teknologi Manufaktur*, **Vol.13** No.2 : 97–104.
- World Health Organization. 2021. *World report on vision*.

Zaainal, M., Dasril, Sulaeman, B., Muhallim, M., Mukramin, & Hasnawati. 2025. Timbangan digital berbasis IoT di peternakan broiler. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, **Vol.13** No.2.

Zargham, A., Haq, I. U., Alshloul, T., Riaz, S., Husnain, G., Assam, M., Ghadi, Y. Y., & Mohamed, H. G. 2023. Revolutionizing small-scale retail: Introducing an intelligent IoT-based scale. *Applied Sciences*, **Vol.13** No.14.

