

Alat Ukur Jarak dan Sudut Kemiringan Konstruksi Tangga Bangunan Berdasarkan Aspek Ergonomi Berbasis Arduino

Kusnadi¹, Muhammad Akbar Hariyono^{1*}, Hafiz Al Farizi¹

¹Politeknik Unggulan Kalimantan

Jalan Pangeran Hidayatullah No.10 Banjarmasin, Kalimantan Selatan, Indonesia, 70122

e-mail akbar.hariyono@polanka.ac.id

Abstrak— Alat ukur jarak dan sudut kemiringan konstruksi tangga berbasis Arduino ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan pengukuran yang akurat, cepat, dan ergonomis dalam proses konstruksi bangunan. Dengan memanfaatkan sensor ultrasonik US-100 dan sensor accelerometer MPU-6050, alat ini mampu mengukur jarak vertikal dan horizontal serta sudut kemiringan tangga secara real-time, kemudian menampilkan hasilnya secara digital di layar LCD. Desain alat ini bertujuan untuk mengatasi keterbatasan alat ukur manual yang rentan terhadap kesalahan manusia, seperti ketidakakuratan pembacaan atau ketidaktepatan penempatan alat. Dalam konteks ergonomi, alat ini memastikan bahwa konstruksi tangga memenuhi standar kenyamanan dan keselamatan, seperti sudut kemiringan ideal antara 25°–42°, tinggi anak tangga 14–20 cm, dan lebar pijakan 22,5–30 cm. Proses kerja alat dimulai dari inisialisasi sensor, konversi data mentah menjadi nilai terukur, validasi data, hingga penampilan hasil di LCD, dengan sistem loop yang memungkinkan pengukuran berulang tanpa perlu reset manual. Selain itu, alat ini juga dirancang untuk memudahkan penggunaan oleh pekerja konstruksi, inspektor, atau bahkan penyandang disabilitas, dengan tampilan yang jelas, ergonomis, dan responsif. Dengan integrasi teknologi digital dan prinsip ergonomi, alat ini tidak hanya meningkatkan akurasi pengukuran, tetapi juga efisiensi waktu, keamanan kerja, dan kenyamanan pengguna, sehingga berkontribusi pada pembangunan infrastruktur yang lebih inklusif dan berkelanjutan.

Kata kunci: *Alat Ukur Tangga, Arduino, Jarak dan Sudut, Ergonomi Konstruksi*

Abstract—This Arduino-based stair construction distance and inclination angle measuring tool is designed to meet the need for accurate, fast, and ergonomic measurements in building construction processes. By utilizing the US-100 ultrasonic sensor and the MPU-6050 accelerometer sensor, this tool can measure vertical and horizontal distances and the inclination angle of stairs in real-time, then display the results digitally on an LCD screen. The design of this tool aims to overcome the limitations of manual measuring tools that are prone to human errors, such as reading inaccuracies or improper tool placement. In the context of ergonomics, this tool ensures that stair construction meets comfort and safety standards, such as an ideal inclination angle between 25°–42°, a stair riser height of 14–20 cm, and a tread width of 22.5–30 cm. The tool's operation process starts from sensor initialization, conversion of raw data into measurable values, data validation, to the display of results on the LCD, with a loop system that allows repeated measurements without manual reset. Furthermore, this tool is also designed to facilitate use by construction workers, inspectors, or even people with disabilities, with a clear, ergonomic, and responsive display. By integrating digital technology and ergonomic principles, this tool not only improves measurement accuracy but also time efficiency, work safety, and user comfort, thereby contributing to the development of a more inclusive and sustainable infrastructure.

Keywords: *Stair Measuring Tool, Arduino, Distance and Angle, Construction Ergonomics*

I. PENDAHULUAN

Kenyamanan desain fasilitas bangunan termasuk dalam kajian ergonomi fisik yang berkaitan dengan aktivitas fisik, meliputi: anatomi tubuh manusia, karakteristik fisiologi, biomekanika, antropometri, kekuatan fisik dan kerja, postur kerja, beban fisik kerja, studi gerakan, waktu kerja, gangguan musculoskeletal (*Musculoskeletal Disorders*), pemindahan material, tata letak tempat kerja, keselamatan dan kesehatan kerja, ukuran dan dimensi ruang, fungsi indra dalam kerja, serta aspek kontrol dan display [1].

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia menyatakan bahwa tangga

merupakan salah satu fasilitas bangunan yang berfungsi sebagai sarana transportasi vertikal manual bagi pejalan kaki dan harus dirancang dengan memperhatikan kemiringan, dimensi pijakan, serta ketinggian anak tangga agar nyaman dan aman untuk seluruh pengguna [2].

Di dalam bangunan, tangga adalah komponen penting yang memungkinkan pergerakan vertikal antar-lantai. Namun dalam praktik masih banyak ditemukan tangga yang menyulitkan pengguna, misalnya konstruksi yang terlalu curam atau permukaan yang licin sehingga meningkatkan risiko tergelincir dan kelelahan [3]. Oleh karena itu desain tangga harus mengutamakan kenyamanan,

keselamatan, dan aksesibilitas bagi semua kalangan, termasuk penyandang disabilitas dan lanjut usia.

Secara umum kemiringan tangga dirancang agar tidak terlalu curam sehingga memudahkan naik tanpa mengeluarkan energi berlebih namun juga tidak terlalu landai agar tidak memakan ruang berlebih. Kemiringan yang umum digunakan berkisar antara 25° – 42° . Satu langkah manusia pada permukaan datar rata-rata 60–65 cm, sedangkan untuk melangkah naik dibutuhkan tenaga hingga dua kali lebih besar dibandingkan langkah datar. Tinggi anak tangga yang ideal berkisar antara 14–20 cm agar tetap nyaman di telapak kaki, dan lebar pijakan (tapak) ideal antara 22,5–30 cm agar memungkinkan tapak sepatu berpijak dengan baik. Jumlah anak tangga pada satu rangka tangga sebaiknya tidak lebih dari 12 buah; dalam kondisi tertentu dapat diizinkan maksimal 16 anak tangga, yang mengacu pada batas kemampuan fisik (kelelahan) manusia untuk mempertahankan kenyamanan pengguna [4].

Dalam praktik konstruksi, penggunaan alat ukur manual untuk jarak dan sudut kemiringan sering menghasilkan ketidakakuratan akibat faktor manusia, seperti kurang teliti saat membaca atau menempatkan alat ukur [5]. Mengingat perkembangan teknologi pada era Industri 4.0, dibutuhkan alat ukur yang mampu melakukan pengukuran jarak dan sudut kemiringan secara otomatis dan terintegrasi. Oleh karena itu penelitian ini merancang alat ukur jarak dan sudut kemiringan tangga berbasis Arduino Uno untuk mempermudah pengukuran panjang, lebar, tinggi, dan sudut kemiringan tangga sesuai aspek ergonomi.

Penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik US-100 untuk pengukuran jarak dan sensor accelerometer MPU-6050 untuk pengukuran sudut kemiringan bidang. Diharapkan alat ukur yang dirancang dapat mengatasi kesulitan pembacaan titik ukur pada alat manual serta menghemat waktu dengan melakukan pengukuran dan pencatatan secara otomatis.

II. STUDI PUSTAKA

A. Konstruksi Tangga

Konstruksi tangga harus dirancang kuat, stabil, dan nyaman karena berfungsi menghubungkan tingkat lantai serta menanggung beban yang pada beberapa peraturan lebih besar daripada pelat lantai (contoh nilai historis pembebanan untuk gedung disebutkan 1983) [6]. Tangga dapat dibuat menyatu dengan struktur bangunan yang berisiko mengubah kemiringan bila terjadi penurunan atau dibuat berdiri sendiri dengan pondasi terpisah dan celah ± 5 cm dari dinding untuk menghindari transfer pergeseran struktur [7]. Berdasarkan bentuk, tangga umum dibagi menjadi tangga lurus yaitu tangga L, tangga dobel L, tangga U, tangga belok dan tangga spiral [8].

Perencanaan tangga mengikuti prinsip kemudahan akses (*zoning*), pencahayaan memadai, kenyamanan pemakaian, kekuatan, dan kesederhanaan. Kenyamanan ditentukan oleh keseimbangan antara tinggi anak tangga (*rise*) dan lebar injakan (*run/optrade-aantrede*). Lebar tangga bersih yang umum dipakai: sekitar 60–80 cm untuk satu orang, 120 cm untuk dua orang, dan 160–180 cm untuk tiga orang; untuk bangunan umum dipakai aturan praktis 60 cm lebar per setiap 100 orang pengunjung misalnya kapasitas 1.000 orang dengan total lebar tangga 6 m [9].

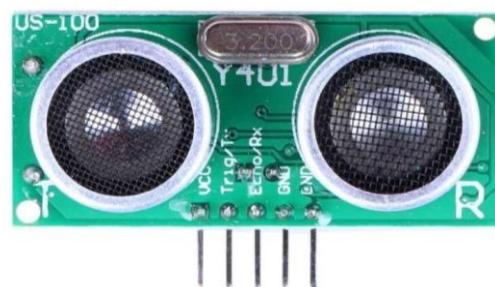
Pada dasarnya kemiringan tangga dibuat tidak terlalu curam agar memudahkan orang naik tanpa mengeluarkan

banyak energi, tetapi juga tidak terlalu landai sehingga tidak akan menjemu dan memerlukan banyak tempat karena akan terlalu panjang. Kemiringan tangga yang wajar dan biasa digunakan adalah berkisar antara 25° sampai dengan 42° , untuk bangunan rumah tinggal biasa digunakan kemiringan 38° . Satu langkah manusia arah datar adalah 60–65 cm, sedangkan untuk melangkah naik perlu tenaga 2 kali lebih besar daripada melangkah datar [10].

Jumlah anak tangga dalam satu tangga diusahakan tidak lebih dari 12 buah apabila lebih dianjurkan untuk menggunakan bordes. Hal ini untuk mencapai kenyamanan pengguna terutama penyandang cacat dan orang tua. Demi keselamatan, anak tangga sebaiknya seragam, variasi jika diperlukan ditempatkan di bagian bawah. Bordes tersedia dalam beberapa konfigurasi (lurus, L, U) untuk istirahat dan alur pergerakan. Sandaran tangan (railing) penting di tangga yang tidak diapit dinding; tinggi umum 80–100 cm dan permukaan dibuat halus untuk kenyamanan dan keamanan pengguna [11].

B. Sensor Ultrasonik US-100

Sensor Ultrasonik US-100 memiliki empat pin utama: *TRIG*, *ECHO*, *VCC*, dan *GND*. Pin *TRIG* digunakan untuk menerima pulsa dari mikrokontroler yang menginisiasi pemancaran gelombang ultrasonik (transmitter), sedangkan pin *ECHO* memberikan keluaran pulsa yang lebar waktunya proporsional terhadap waktu tempuh gelombang pantul kembali ke sensor (*receiver*). *VCC* dan *GND* dipasangkan ke catu daya positif dan ground sistem. Operasi modul ini memanfaatkan elemen piezoelektrik pada bagian transmitter yang bergetar untuk menghasilkan gelombang ultrasonik (di atas 20 kHz, umumnya 40 kHz); gelombang tersebut memantul dari objek penghalang dan diterima kembali oleh elemen penerima sehingga jarak dapat dihitung berdasarkan waktu tempuh pulsa (*round-trip*) [12] [13].



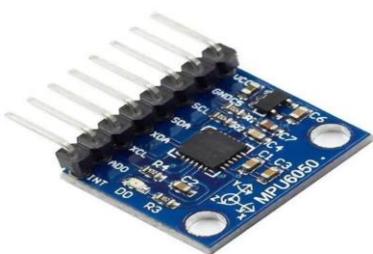
Gambar 1. Sensor Ultrasonik US-100 [14]

C. Sensor MPU-6050

Pada sensor MPU6050 terdapat 3 bagian sensor yang berbeda diantaranya Gyroscope, Accelerometer, dan Thermometer. Sensor MPU6050 dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan yang menjadikannya multifungsi. Dalam dunia industri penerapan accelerometer dan gyroscope dapat ditemukan pada pesawat ataupun mobil yang membutuhkan pengukuran sudut untuk menjaga keseimbangan. Accelerometer dan Gyroscope dikemas bersama dalam satu chip set MPU6050, sehingga dapat digunakan untuk

menggabungkan pembacaan dari kedua sensor untuk mendapatkan nilai gerak linier dan rotasi objek yang lebih akurat & stabil [15].

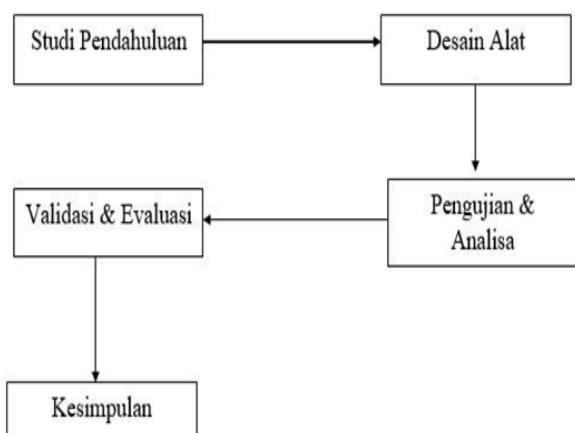
Sensor MPU6050 berisi 3 sumbu sudut accelerometer dan 3 sumbu sudut gyroscope. Ini mengubah 16 bit konverter analog-digital untuk digitalisasi akselerometer dan nilai giroskop menggunakan gerakan digital bawaannya. Untuk melacak gerakan cepat dan lambat dari benda yang diam, skala deteksi posisi sudut dapat diprogram untuk nilai ± 250 °/detik, ± 500 °/detik, ± 1000 °/detik dan ± 2000 °/detik [16].



Gambar 2. Sensor MPU-6050 [17]

III. METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Penelitian dan Pengembangan (*Research and Development*). Metode *Research and Development* merupakan pendekatan penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan produk tertentu sekaligus menguji keefektifan produk tersebut [18]. Metode *Research and Development* bersifat iteratif dan siklis, artinya setelah tahap evaluasi produk, proses pengembangan dapat kembali ke tahap perancangan atau modifikasi hingga produk yang dihasilkan optimal. Dalam penelitian ini, fokus utama adalah merancang dan mengembangkan alat alat pengukur jarak dan sudut kemiringan tangga pada konstruksi bangunan berdasarkan aspek ergonomi berbasis Arduino Uno. Gambar 3 menunjukkan tahapan penelitian dan Gambar 4 menunjukkan kerangka konsep penelitian dari penelitian ini.



Gambar 3. Tahapan Penelitian



Gambar 4. Kerangka Konsep Penelitian

Setelah melakukan uji fungsi pengukuran alat, dilanjutkan dengan melakukan pengukuran akurasi, dengan rumus penyimpangan atau Error yaitu :

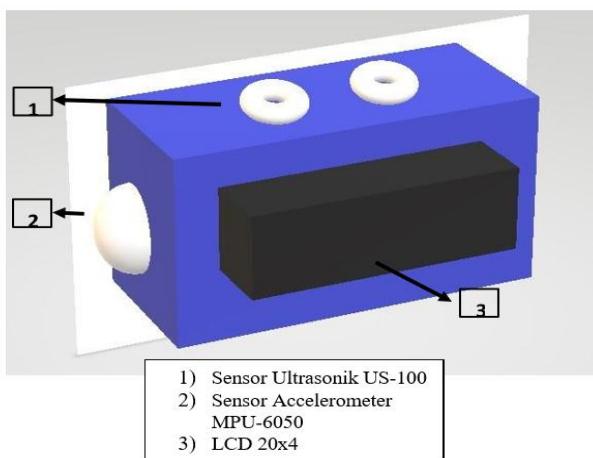
$$\text{Error} = |\text{Nilai Pengukuran} - \text{Nilai Referensi}| \quad (1)$$

Selanjutnya nilai akurasi pengukuran dapat dihitung dengan rumus akurasi sebagai berikut :

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{Error} \quad (2)$$

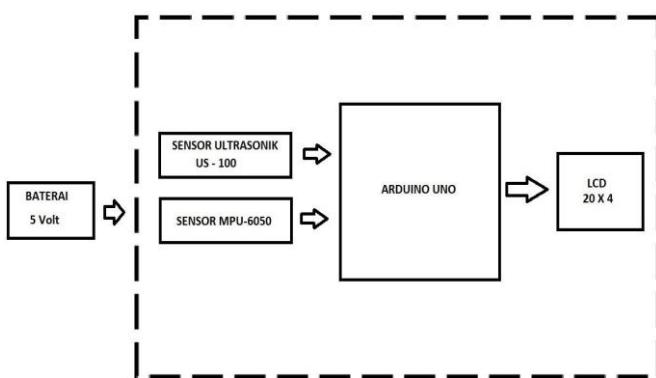
A. Perancangan Hardware

Desain model dari alat ukur jarak dan sudut kemiringan tangga berdasarkan aspek Ergonomi berbasis Arduino ditunjukkan pada Gambar 5. Catu daya utama yang digunakan dalam perancangan alat ini yaitu baterai 1850-lion 5 Volt DC untuk menyuplai arus dan tegangan yang dibutuhkan oleh komponen hardware, Kemudian sensor ultrasonik US-100 akan melakukan pembacaan data jarak tangga bangunan dalam satuan centimeter (cm) dan sensor accelerometer MPU-6050 akan melakukan pembacaan data sudut kemiringan tangga bangunan dalam satuan derajat, Inputan data jarak dan sudut kemiringan tangga dikirimkan kepada mikrokontroller Arduino Uno untuk proses pengolahan data. Terakhir Arduino Uno akan mengirmkan data kepada LCD sebagai display untuk data ditampilkan kepada user.



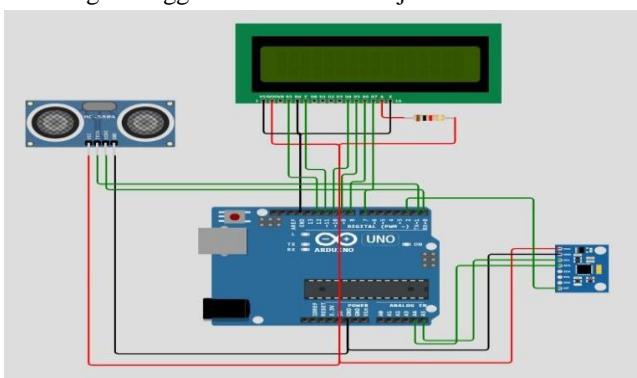
Gambar 5. Desain Model

Perancangan blok diagram dari penelitian ini yang ditunjukkan pada Gambar 6 terdiri dari 2 input yaitu sensor ultrasonik dan sensor accelerometer, 1 proses yaitu Arduino Uno sebagai mikrokontroller utama pengendali dan pemrosesan data pada sistem yang dirancang dan 1 buah output yaitu LCD 20x4.



Gambar 6. Diagram Blok

Skematik rangkaian yang ditunjukkan pada Gambar 7 mengilustrasikan implementasi sistem tertanam menggunakan mikrokontroler Arduino Uno, yang mengintegrasikan sensor ultrasonik untuk pengukuran jarak dan sebuah *Liquid Crystal Display* (LCD) sebagai antarmuka output. Selain itu, terdapat sebuah modul sensor MPU-6050 berfungsi untuk melakukan pengukuran sudut kemiringan tangga dalam satuan derajat.

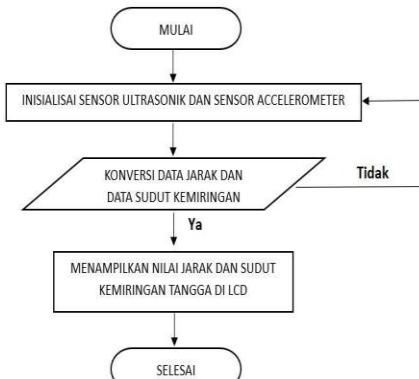


Gambar 7. Skematik Rangkaian

B. Perancangan Software

Pada penelitian ini, perancangan *software* secara keseluruhan mencakup pemrograman menggunakan Arduino IDE. Perancangan program pada Arduino IDE dimulai dengan mendefinisikan *library* yang akan digunakan seperti sensor ultrasonik US-100, sensor MPU-6050 dan LCD 20x4. Alat ukur jarak dan sudut kemiringan konstruksi tangga berbasis Arduino ini bekerja dengan proses yang sistematis dan terstruktur, dimulai dari inisialisasi dua sensor utama, yaitu sensor ultrasonik untuk mengukur jarak dan sensor accelerometer untuk mendeteksi sudut kemiringan. Setelah kedua sensor siap, sistem akan mengonversi data mentah yang diperoleh menjadi nilai yang mudah dibaca, seperti jarak dalam satuan sentimeter dan sudut dalam derajat, lalu memvalidasi apakah data tersebut akurat dan bebas dari gangguan. Jika data tidak valid, sistem akan kembali melakukan konversi hingga hasilnya memenuhi syarat, namun jika data sudah valid, maka nilai jarak dan sudut kemiringan akan langsung ditampilkan di layar LCD 20x4.

Setelah data ditampilkan, proses akan berhenti sementara dan siap diulang untuk pengukuran titik berikutnya, sehingga alat ini tidak hanya efisien dalam penggunaan, tetapi juga membantu memastikan bahwa konstruksi tangga memenuhi standar ergonomi, seperti sudut kemiringan ideal antara 30° hingga 35° dan tinggi anak tangga sekitar 15 hingga 18 cm, yang pada akhirnya meningkatkan kenyamanan, keamanan, dan efisiensi kerja di lapangan. Gambar 8 merupakan diagram alur kerja program.



Gambar 8. Diagram Alur Kerja Program

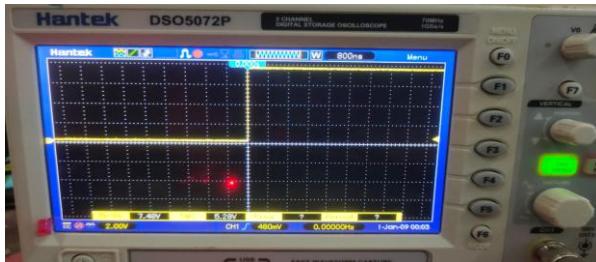
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem dilakukan pada bagian *hardware*, *software*, dan keseluruhan sistem. Pengujian pada bagian *hardware* meliputi *board* mikrokontroler Arduino Uno, modul sensor ultrasonik US-100 dan sensor MPU-6050. Pengujian pada bagian *software* menggunakan metode pengujian *Black-Box Testing*. Sementara untuk pengujian keseluruhan sistem meliputi pengujian *hardware* dan *software* yang telah diintegrasikan dalam *board* mikrokontroler Arduino Uno.

A. Pengujian Hardware

Pengujian dari Arduino Uno dilakukan untuk mengetahui sinyal keluaran pada pin yang ada pada Arduino Uno. Pengujian dilakukan dengan cara memasukan program *blink* pada Arduino Uno dengan perintah memberikan sinyal keluaran program digital flip-flop melalui pin digital D13 dengan interval waktu 500 ms.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa Arduino Uno dapat menjalankan dengan baik bahwa program flip-flop. Sinyal keluaran digital program flip-flop yang ditampilkan pada oscilloscope ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Sinyal Keluaran Digital Program Flip-Flop

Pengujian sensor ultrasonik US-100 dilakukan dengan melakukan pengujian program sensor ultrasonik US-100 yang bertujuan untuk mengetahui apakah program yang ditanamkan pada Arduino Uno berjalan dengan baik dalam membaca data suhu dan kelembaban. Pengujian program ultrasonik US-100 dilakukan dengan membuka serial monitor pada *software* IDE Arduino. Jika program ultrasonik US-100 yang di *upload* pada Arduino Uno berjalan dengan baik, maka pada LCD 16x2 akan tampil data jarak. Hasil pengujian program sensor ultrasonik US-100 ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Uji Program Sensor Ultrasonik US-100

Pengujian sensor MPU-6050 dilakukan dengan melakukan pengujian program sensor MPU-6050 yang bertujuan untuk mengetahui apakah program yang ditanamkan pada Arduino Uno berjalan dengan baik dalam membaca data sudut kemiringan. Pengujian program sensor MPU-6050 dilakukan dengan membuka serial monitor pada *software* IDE Arduino. Jika program sensor MPU-6050 yang di upload pada Arduino Uno berjalan dengan baik, maka pada LCD 16x2 akan tampil data sudut kemiringan. Hasil pengujian program sensor MPU-6050 ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Uji Program Sensor MPU-6050

B. Pengujian Software

Black-Box Testing merupakan pengujian yang berfokus pada spesifikasi fungsional dari perancangan *software* untuk dapat mendefinisikan kumpulan kondisi input dan melakukan pengetesan pada spesifikasi fungsional program. Karena itu *Black-Box Testing* memungkinkan pengembang *software* untuk membuat himpunan kondisi input yang akan melatih seluruh syarat – syarat fungsional suatu program [18]. Hasil pengujian dari

Tabel 1. *Black-Box Testing*

Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
Mengukur nilai jarak (cm)	LCD menampilkan nilai jarak pengukuran	Sesuai	Valid (Gambar 10)
Mengukur nilai sudut kemiringan	LCD menampilkan nilai sudut kemiringan	Sesuai	Valid (Gambar 11)

black box testing dapat dilihat pada Tabel 1.

C. Analisa dan Validasi Data

Validasi data nilai pengukuran jarak dilakukan dengan melakukan uji perbandingan antara Sensor Ultrasonik US-100 dengan alat Laser Distance Meter SW-MS50 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12 dalam melakukan pembacaan nilai suhu dan kelembaban ruangan. Pada pengujian parameter suhu terdapat pada 3x pengukuran nilai parameter uji jarak.



Gambar 12. Uji Validasi Pengukuran Parameter Jarak

Berdasarkan hasil pengujian parameter jarak seperti pada Tabel 2 maka didapatkan akurasi Sensor Ultrasonik US-100 untuk pembacaan nilai jarak adalah 95.88%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor Ultrasonik US-100 memiliki kemampuan yang cukup baik dalam mengukur jarak, dengan tingkat kesalahan sebesar 4.12%. Dengan demikian, sensor ini dapat diandalkan untuk aplikasi yang membutuhkan pengukuran jarak, meskipun masih terdapat sedikit error dalam hasil pengukurnya.

Tabel 2. Pengujian Parameter Jarak

Laser Distance Meter SW-MS50 (cm)	Sensor Ultrasonik US-100 (cm)	Error Pengukuran Jarak (cm)	Error (%)
33.2	31.8	1.4	4.22%
33.2	31.8	1.4	4.22%
33.2	31.9	1.3	4.22%
Rata-rata pengukuran	31.83		
Error	4.12%		
Akurasi	$100 - 4.12 = 95.88\%$		

Validasi data nilai pengukuran sudut kemiringan dilakukan dengan melakukan uji perbandingan antara Sensor MPU-6050 dengan alat *Digital Angle Finder* dalam melakukan pembacaan nilai sudut kemiringan. Pada pengujian parameter sudut kemiringan dilakukan sebanyak 5 seri derajat paramater pengukuran seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Parameter Jarak

Digital Angle Finder	Sensor MPU-6050	Error Pengukuran Sudut	Error (%)
5	5	0	0
10	10	0	0
15	15	0	0
20	20	0	0
25	25	0	0
30	30	0	0
35	34	1	2.86
40	38	2	5.00
45	45	0	0
50	50	0	0
55	53	2	3.64
60	60	0	0
65	65	0	0
70	69	1	1.43
75	74	1	1.33
80	80	0	0
85	83	2	2.35
Error Keseluruhan (%)	0.98%		
Akurasi	$100 - 0.98 = 99.02\%$		

Berdasarkan hasil pengujian parameter jarak seperti pada Tabel 3 maka didapatkan akurasi Sensor MPU-6050 untuk pembacaan nilai sudut kemiringan adalah 99.02%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor Sensor MPU-6050 memiliki kemampuan yang cukup baik dalam mengukur sudut kemiringan dengan tingkat kesalahan sebesar 0.98%. Dengan demikian, sensor ini dapat diandalkan untuk aplikasi yang membutuhkan pengukuran sudut kemiringan meskipun masih terdapat sedikit error sebesar 5% dalam melakukan pengukuran sudut kemiringan pada parameter kemiringan sudut 40°.

V. KESIMPULAN

Hasil validasi pengukuran jarak didapatkan akurasi Sensor Ultrasonik US-100 untuk pembacaan nilai jarak adalah 95.88%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor Ultrasonik US-100 memiliki kemampuan yang cukup baik dalam mengukur jarak, dengan tingkat kesalahan sebesar 4.12%. Validasi pengukuran parameter sudut kemiringan didapatkan akurasi Sensor MPU-6050 untuk pembacaan nilai sudut kemiringan adalah 99.02%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor Sensor MPU-6050 memiliki

kemampuan yang cukup baik dalam mengukur sudut kemiringan dengan tingkat kesalahan sebesar 0.98%. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya dapat menambahkan sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) yang bisa menyimpan data pembacaan serta user yang menggunakan.

REFERENSI

- [1] I. W. G. Suarjana, Moh. F. Pomalingo, R. A. Palilingan, dan B. R. Parhusip, "Perancangan Fasilitas Kerja Ergonomi Menggunakan Data Antropometri Untuk Mengurangi Beban Fisiologis," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 10, no. 2, hlm. 109–117, Agu 2022, doi: 10.24912/jitiuntar.v10i2.17755.
- [2] Parlindungan Ravelino, "Kajian Tingkat Kenyamanan dan Kemudahan Penggunaan Tangga di Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning," *J. Karya Ilm. Multidisiplin JURKIM*, vol. 2, no. 1, hlm. 55–61, Jan 2022, doi: 10.31849/jurkim.v2i1.9214.
- [3] R. Hadiwibowo, "Penataan Elemen Sirkulasi Vertikal Pada Gedung Unpar JL.Merdeka No.30 Bandung Melalui Pendekatan Space Syntax Dan Kriteria Heritage," *Idealog Ide Dan Dialog Desain Indones.*, vol. 4, no. 1, hlm. 64–74, Apr 2019, doi: 10.25124/idealog.v4i1.1639.
- [4] M. Kimsan, "Pemantauan Berkala Elevasi Dan Kemiringan Konstruksi Gedung Sebelum Penerbitan Sertifikat Laik Fungsi: A Preliminary Study," *J. Media Konstr.*, vol. 9, no. 1, hlm. 1–10, Jun 2024, doi: 10.33772/medkons.v9i1.3.
- [5] B. S. Prabowo, E. Susanto, dan F. Y. Suratman, "Rancang Bangun Alat Pengukur Jarak Dan Sudut Kemiringan Digital Menggunakan Sensor Ultrasonik Dan Accelerometer Pada Konstruksi Bangunan," *E-Proceeding Eng.*, vol. 9, no. 5, 2022.
- [6] D. H. Tiagas, "Kajian Umum Rumah Panggung Walewangko Minahasa Sulawesi Utara," *J. Sipil Terap.*, vol. 3, no. 1, 2025.
- [7] Muhammad Ghazali, Ayu Mauliani, Boby Alamsyah, Aqil Lufti Kusena, Yuanita Fd Sidabutar, dan Panusunan, "Bangunan Struktur Atas Dengan Konstruksi Baja," *Zona Sipil Program Studi Tek. Sipil Univ. Batam*, vol. 14, no. 1, Sep 2024, doi: 10.37776/zs.v14i1.1473.
- [8] A. R. M. Jehamat, R. Cornelis, dan I. M. Udianna, "Analisis Struktur Tangga Helix Menggunakan Metode Fleksibilitas," *J. Forum Tek. Sipil J-ForTekS*, vol. 2, no. 2, hlm. 90–101, Sep 2022, doi: 10.35508/forteks.v2i2.7295.
- [9] N. Pusporini, P. Setijanti, dan S. Cahyadini, "Konsep Penyediaan Sarana Perumahan Skala Kecil Berdasarkan Prinsip-Prinsip Perencanaan Neighborhood Unit dan Walkability," *TATALOKA*, vol. 24, no. 1, hlm. 45–61, Apr 2022, doi: 10.14710/tataloka.24.1.45-61.
- [10] P. Y. Arianto, N. S. Fasya, A. Yasim, dan H. I. D. Puspita, "Studi Proses Pembuatan Dan Pemasangan Ladder Pada Pembangunan Kapal La Lumiere 9," *Jingga J. Inov. Teknol. Manufaktur Energi Dan Otomotif*, vol. 2, no. 2, 2024.
- [11] L. Yuliana, A. S. Mappangile, dan B. Amircano, "Analisis Kesesuaian Tangga Darurat Pada Gedung A Di Universitas Balikpapan," *IDENTIFIKASI J. Keselam. Kesehat. Kerja Dan Lindungan Lingkung.*, vol. 7, no. 2, hlm. 474–483, Des 2021, doi: 10.36277/identifikasi.v7i2.152.
- [12] R. Ramadhana, "Rancang Bangun Sarung Tangan Sebagai Alat Bantu Tuna Netra Berbasis Sensor Ultrasonic Dan Arduino Nano," *J. Elektro Dan Telekomun. Terap.*, vol. 7, no. 2, hlm. 877, Mar 2021, doi: 10.25124/jett.v7i2.3422.
- [13] I. P. Utomo, F. Fauziah, dan N. Hayati, "Smart Trash Menggunakan Sensor Ultrasonik dan Arduino Uno Berbasis IoT," *STRING Satuan Tulisan Ris. Dan Inov. Teknol.*, vol. 6, no. 3, hlm. 334, Apr 2022, doi: 10.30998/string.v6i3.11986.
- [14] R. Eka Putri, A. Sandri, dan I. Putri, "Pengembangan Sistem Instrumentasi Untuk Mengukur Lebar Kerja (Cutting Width) Pada Mini Combine Harvester," *J. Teknol. Pertan.*, vol. 23, no. 3, hlm. 239–248, Des 2022, doi: 10.21776/ub.jtp.2022.023.03.7.
- [15] R. A. Pratama, D. Syauqy, dan A. S. Budi, "Sistem Monitoring Gerakan Sit-up berbasis Data Sensor Accelerometer dan Gyroscope menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbor pada NodeMCU ESP8266," *J. Pengemb. Teknol. Inf. Dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 4, 2023.
- [16] N. S. Nadhifa, D. Syauqy, dan E. R. Widiasari, "Pengembangan Sistem Wearable untuk Deteksi Postur Duduk Miring Berbasis Data Sensor MPU6050 dan Metode Support Vector Machine," *J. Pengemb. Teknol. Inf. Dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 3, 2025.

- [17] L. Fitriandini, S. Suhardi, dan K. Sari, "Fall Detector pada Lansia berbasis IoT Menggunakan Sensor MPU-6050 dan Sensor GPS Neo 6M," *J. Telecommun. Electron. Control Eng. JTECE*, vol. 7, no. 1, hlm. 10–22, Jan 2025, doi: 10.20895/jtece.v7i1.1496.
- [18] M. A. Hariyono, A. F. Habibi, dan R. Anshari, "Rancang Bangun Sistem Pelacakan Pasien Kabur ODGJ Berbasis GPS dan GSM," *J.*

Tek. Elektro Electron. Control Telecomunication Comput. Inf. Power Syst., vol. 10, no. 2, 2025, doi: <https://doi.org/10.30736/je-unisla.v10i2.1542>.