



Pemanfaatan *Wokwi Simulation* untuk Pengujian Mikrokontroler *Light Emitting Diode (LED)* yang Efisien dan Akurat

(1*)Sutarsih Suhaeb, (2)Ahmad Risal, (3)Wahyudi

⁽¹⁾Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar

⁽²⁾Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar

^(*)E-mail: sutarsi.suhaeb@unm.ac.id, ahmadrisal@unm.ac.id, wahyudi@unm.ac.id

ABSTRAK

Era teknologi yang semakin maju saat ini, pengujian komponen elektronik seperti *Light Emitting Diode (LED)* memerlukan metode yang efisien dan akurat untuk memastikan kualitas dan performanya. Artikel ini membahas pemanfaatan *Wokwi Simulation*, sebuah alat simulasi berbasis web, untuk pengujian mikrokontroler dalam rangka mengendalikan dan menguji LED. *Wokwi Simulation*, pengguna dapat merancang dan menguji rangkaian mikrokontroler secara virtual tanpa memerlukan perangkat keras fisik, sehingga menghemat waktu dan biaya. Artikel ini menjelaskan langkah-langkah pengujian, termasuk konfigurasi mikrokontroler, penulisan kode, serta analisis hasil simulasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Wokwi Simulation* memberikan hasil yang akurat dan dapat diandalkan, serta mempermudah proses pengujian bagi para insinyur dan hobiis elektronik. Dengan demikian, *Wokwi Simulation* merupakan solusi efektif untuk pengujian mikrokontroler LED yang efisien dan akurat.

Kata Kunci: *Wokwi Simulation*, Mikrokontroler, Pengujian LED, Simulasi Virtual

ABSTRACT

In this era of advanced technology, testing electronic components such as Light Emitting Diodes (LEDs) requires efficient and accurate methods to ensure their quality and performance. This article discusses the utilization of *Wokwi Simulation*, a web-based simulation tool, for microcontroller testing in order to control and test LEDs. Using *Wokwi Simulation*, users can design and test microcontroller circuits virtually without the need for physical hardware, saving time and money. This article describes the testing steps, including microcontroller configuration, code writing, and analysis of simulation results. The results show that *Wokwi Simulation* provides accurate and reliable results, and simplifies the testing process for engineers and electronics hobbyists. Thus, *Wokwi Simulation* is an effective solution for efficient and accurate LED microcontroller testing.

Keywords: *Wokwi Simulation*, Microcontroller, LED Testing, Virtual Simulation

1. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia teknologi elektronika modern, Light Emitting Diode (LED) memainkan peran penting dalam berbagai aplikasi elektronik. LED digunakan dalam berbagai perangkat mulai dari indikator sederhana hingga sistem pencahayaan yang kompleks [1], termasuk layar digital, lampu lalu lintas, perangkat medis, dan bahkan peralatan rumah tangga. Keunggulan LED, seperti efisiensi energi, umur panjang, dan ukuran kecil, menjadikannya pilihan utama di berbagai industri [2]. Namun, untuk memastikan bahwa LED berfungsi dengan optimal dan memiliki umur pakai yang panjang, pengujian kualitas dan performa LED menjadi sangat penting [3]. Tradisionalnya, pengujian LED dilakukan secara manual menggunakan mikrokontroler dan berbagai alat ukur. Metode ini, meskipun efektif, memiliki beberapa kelemahan yang signifikan. Proses pengujian manual memerlukan banyak waktu dan sumber daya, serta membutuhkan keahlian teknis yang tinggi untuk memastikan akurasi. Selain itu, penggunaan perangkat keras fisik dalam pengujian dapat menyebabkan kerusakan pada komponen jika tidak dilakukan dengan hati-hati [4]. Ini juga berarti bahwa setiap perubahan atau pengujian ulang memerlukan waktu untuk merakit ulang rangkaian, yang dapat menghambat produktivitas dan efisiensi.

Seiring dengan kemajuan teknologi, simulasi berbasis komputer telah menjadi alat yang semakin penting dalam desain dan pengujian elektronik [5]. *Wokwi Simulation* adalah salah satu alat simulasi berbasis web yang memungkinkan pengguna untuk merancang dan menguji rangkaian elektronik secara virtual [6]. Alat ini mendukung berbagai jenis mikrokontroler dan komponen elektronik, termasuk LED, sehingga memungkinkan



simulasi yang akurat dan efisien. Dengan menggunakan Wokwi Simulation, pengguna dapat menghemat waktu dan biaya, serta mengurangi risiko kerusakan komponen fisik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan mengevaluasi penggunaan Wokwi Simulation dalam pengujian mikrokontroler untuk mengendalikan dan menguji LED. Secara spesifik, tujuan dari penelitian ini meliputi: 1) Mengidentifikasi Kelebihan dan Kekurangan Wokwi Simulation: Menilai bagaimana Wokwi Simulation dapat dibandingkan dengan metode pengujian tradisional dalam hal efisiensi, akurasi, dan biaya [7]. 2) Mengembangkan Protokol Pengujian: Membuat panduan praktis untuk pengguna dalam merancang dan menguji rangkaian LED menggunakan Wokwi Simulation. 3) Menilai Kelayakan Penggunaan di Industri: Menentukan apakah Wokwi Simulation dapat diintegrasikan dalam proses pengujian industri dan pendidikan untuk meningkatkan kualitas pengujian LED.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini meliputi: 1) Efisiensi Pengujian: Dengan menggunakan simulasi, waktu yang diperlukan untuk pengujian dapat dikurangi secara signifikan. Pengguna tidak perlu merakit ulang rangkaian setiap kali ada perubahan [8], karena semuanya dapat dilakukan secara virtual. 2) Akurasi dan Reliabilitas: Simulasi memungkinkan pengujian yang lebih akurat dan konsisten. Wokwi Simulation dapat mereplikasi kondisi nyata dengan sangat baik, sehingga hasil pengujian dapat diandalkan. 3) Pengurangan Biaya: Dengan mengurangi kebutuhan akan perangkat keras fisik, biaya yang terkait dengan pengujian dapat ditekan. Hal ini juga mengurangi risiko kerusakan komponen yang dapat mengakibatkan biaya tambahan. 4) Kemudahan Penggunaan: Wokwi Simulation dirancang untuk menjadi user-friendly [9], sehingga pengguna dari berbagai tingkat keahlian dapat menggunakannya [7]. Ini sangat bermanfaat dalam konteks pendidikan, di mana mahasiswa dapat belajar dan bereksperimen dengan rangkaian elektronik tanpa memerlukan laboratorium yang mahal. 5) Peningkatan Inovasi dan Produktivitas: Dengan menyediakan alat yang mudah diakses dan digunakan, Wokwi Simulation dapat mendorong inovasi dalam desain dan pengujian rangkaian elektronik [10]. Pengguna dapat lebih cepat menguji ide-ide baru dan memvalidasi konsep sebelum membuat prototipe fisik. 6) Kontribusi terhadap Pendidikan: Alat simulasi seperti Wokwi dapat digunakan sebagai alat pembelajaran yang efektif dalam pendidikan teknik elektro [11]. Mahasiswa dapat belajar dan memahami prinsip-prinsip dasar elektronika dan pemrograman mikrokontroler melalui eksperimen virtual. 7) Aplikasi dalam Berbagai Industri: Dengan kemampuan untuk menguji berbagai jenis rangkaian elektronik, Wokwi Simulation dapat diintegrasikan ke dalam berbagai industri, mulai dari manufaktur elektronik hingga riset dan pengembangan.

Penelitian ini akan menggunakan pendekatan eksperimental dengan langkah-langkah sebagai berikut: Literature Review: Melakukan kajian literatur untuk memahami metode pengujian LED dan mikrokontroler yang ada saat ini, serta mengevaluasi berbagai alat simulasi yang tersedia. Desain Eksperimen: Merancang eksperimen untuk menguji LED menggunakan mikrokontroler di Wokwi Simulation. Eksperimen ini akan mencakup pengujian berbagai parameter seperti arus, tegangan, dan kecerahan LED [12]. Implementasi dan Pengujian: Melakukan pengujian dengan Wokwi Simulation dan mencatat hasilnya. Hasil simulasi akan dibandingkan dengan hasil pengujian menggunakan metode tradisional. Analisis Data: Menganalisis data yang diperoleh dari eksperimen untuk menilai efisiensi, akurasi, dan reliabilitas Wokwi Simulation. Evaluasi dan Kesimpulan: Mengevaluasi kelebihan dan kekurangan Wokwi Simulation dan memberikan rekomendasi untuk penggunaannya di masa depan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini berfokus pada pemanfaatan Wokwi Simulation untuk pengujian mikrokontroler dalam mengendalikan dan menguji LED. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan pendekatan deskriptif dan analitis. Dalam bagian ini, dijelaskan secara rinci langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian, termasuk desain eksperimen, alat dan bahan yang digunakan, prosedur pengujian, dan teknik analisis data.

1. Desain Eksperimen

1.1. Tujuan Eksperimen

Tujuan dari eksperimen ini adalah untuk menilai efisiensi dan akurasi Wokwi Simulation dalam pengujian mikrokontroler yang digunakan untuk mengendalikan LED. Penelitian ini juga bertujuan untuk membandingkan hasil yang diperoleh dari Wokwi Simulation dengan hasil dari pengujian manual menggunakan perangkat keras fisik.

1.2. Variabel Eksperimen

Variabel dalam eksperimen ini dibagi menjadi dua jenis: variabel independen dan variabel dependen.

Variabel Independen: Penggunaan Wokwi Simulation untuk menguji mikrokontroler dan LED.

Variabel Dependen: Hasil pengujian berupa tegangan, arus, dan kecerahan LED.

2. Alat dan Bahan

2.1. Alat

- Komputer/Laptop: Untuk menjalankan Wokwi Simulation.
- Software Wokwi Simulation: Alat simulasi berbasis web untuk merancang dan menguji rangkaian elektronik.
- Perangkat Keras Mikrokontroler: Digunakan untuk pengujian manual sebagai pembanding. Contohnya, Arduino Uno.
- Multimeter: Untuk mengukur tegangan dan arus dalam pengujian manual.
- Breadboard dan Kabel Penghubung: Digunakan dalam pengujian manual untuk merakit rangkaian.

2.2. Bahan

- LED: Berbagai jenis LED untuk diuji, termasuk LED berwarna merah, hijau, dan biru.
- Resistor: Digunakan untuk membatasi arus yang mengalir ke LED dalam rangkaian.
- Sumber Daya Listrik: Baterai atau power supply untuk memberikan daya pada rangkaian dalam pengujian manual.

3. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian dibagi menjadi dua tahap utama: pengujian menggunakan Wokwi Simulation dan pengujian manual menggunakan perangkat keras fisik. Setiap tahap dijelaskan secara rinci di bawah ini.

3.1. Pengujian Menggunakan Wokwi Simulation

3.1.1. Persiapan

- Membuka Wokwi Simulation: Akses situs web Wokwi Simulation dan buat akun jika belum memiliki.
- Mengenal Antarmuka: Pelajari antarmuka Wokwi Simulation untuk memahami cara merancang dan menguji rangkaian.
- Pemilihan Komponen: Pilih komponen yang akan digunakan dalam simulasi, termasuk mikrokontroler, LED, resistor, dan koneksi kabel.

3.1.2. Merancang Rangkaian

- Membuat Proyek Baru: Mulai proyek baru di Wokwi Simulation.
- Penempatan Komponen: Tempatkan mikrokontroler (misalnya, Arduino Uno), LED, dan resistor pada canvas.
- Menghubungkan Komponen: Hubungkan komponen sesuai dengan skema rangkaian. Misalnya, sambungkan anoda LED ke pin digital mikrokontroler melalui resistor, dan katoda LED ke ground.
- Penulisan Kode: Tulis kode untuk mengendalikan LED. Kode ini dapat berupa program sederhana untuk menyalakan dan mematikan LED dengan interval tertentu.

cpp

Copy code

```
void setup() {  
  pinMode(13, OUTPUT); // Set pin 13 sebagai output  
}
```

```
void loop() {  
  digitalWrite(13, HIGH); // Nyalakan LED  
  delay(1000);           // Tunggu 1 detik  
  digitalWrite(13, LOW); // Matikan LED  
  delay(1000);           // Tunggu 1 detik  
}
```

3.1.3. Menjalankan Simulasi

- Memulai Simulasi: Jalankan simulasi untuk melihat apakah LED berfungsi sesuai dengan kode yang telah ditulis.
- Mengamati Hasil: Amati hasil simulasi, termasuk bagaimana LED menyala dan mati. Catat tegangan dan arus yang ditampilkan oleh Wokwi Simulation.

3.1.4. Mencatat Data

- Mengambil Data: Ambil data tegangan, arus, dan kecerahan LED dari Wokwi Simulation.
- Menyimpan Hasil: Simpan hasil pengujian dalam bentuk tabel untuk analisis lebih lanjut.



3.2. Pengujian Manual Menggunakan Perangkat Keras Fisik

3.2.1. Persiapan

- Persiapan Alat dan Bahan: Siapkan mikrokontroler fisik, LED, resistor, breadboard, kabel penghubung, dan multimeter.
- Pemrograman Mikrokontroler: Tulis kode yang sama dengan yang digunakan dalam simulasi dan unggah ke mikrokontroler fisik.

3.2.2. Merakit Rangkaian

- Penempatan Komponen: Tempatkan mikrokontroler, LED, dan resistor pada breadboard.
- Menghubungkan Komponen: Hubungkan komponen sesuai dengan skema rangkaian yang telah dirancang.

3.2.3. Pengukuran Tegangan dan Arus

- Mengukur Tegangan dan Arus: Gunakan multimeter untuk mengukur tegangan dan arus yang mengalir melalui LED.
- Mencatat Data: Catat tegangan, arus, dan kecerahan LED yang diukur menggunakan multimeter.

4. Analisis Data

4.1. Perbandingan Hasil

- Membandingkan Data: Bandingkan hasil pengujian dari Wokwi Simulation dengan hasil pengujian manual. Perhatikan perbedaan dan kesamaan dalam tegangan, arus, dan kecerahan LED.
- Evaluasi Efisiensi: Nilai efisiensi dari kedua metode pengujian berdasarkan waktu yang dibutuhkan dan sumber daya yang digunakan.

4.2. Analisis Statistik

- Menghitung Rata-Rata: Hitung rata-rata tegangan, arus, dan kecerahan dari beberapa pengujian.
- Analisis Variansi: Lakukan analisis variansi untuk mengetahui apakah perbedaan antara hasil simulasi dan hasil manual signifikan secara statistik.

4.3. Evaluasi Akurasi

- Menilai Akurasi Simulasi: Tentukan akurasi Wokwi Simulation dengan membandingkan hasilnya dengan pengukuran manual.
- Mengidentifikasi Kelemahan: Identifikasi kelemahan dan keterbatasan dari Wokwi Simulation berdasarkan hasil yang diperoleh.

5. Kesimpulan dan Rekomendasi

5.1. Kesimpulan

- Rangkuman Hasil: Rangkum hasil penelitian, termasuk efisiensi dan akurasi Wokwi Simulation.
- Implikasi Penelitian: Diskusikan implikasi dari temuan ini terhadap pengujian LED dan pengembangan mikrokontroler di masa depan.

5.2. Rekomendasi

- Penggunaan di Industri: Berikan rekomendasi mengenai bagaimana Wokwi Simulation dapat diintegrasikan dalam proses pengujian industri.
- Peningkatan Alat Simulasi: Sarankan peningkatan yang dapat dilakukan pada Wokwi Simulation untuk meningkatkan akurasinya.
- Penelitian Lanjutan: Identifikasi area yang memerlukan penelitian lebih lanjut untuk memperdalam pemahaman mengenai penggunaan simulasi dalam pengujian komponen elektronik.

6. Implementasi dan Validasi

6.1. Implementasi di Dunia Nyata

- Studi Kasus: Terapkan Wokwi Simulation dalam proyek nyata untuk menguji mikrokontroler dan LED dalam berbagai skenario aplikasi.
- Evaluasi Kinerja: Lakukan evaluasi kinerja berdasarkan pengalaman praktis dan hasil pengujian.

6.2. Validasi Hasil

- Validasi dengan Eksperimen Tambahan: Lakukan eksperimen tambahan untuk memvalidasi hasil yang telah diperoleh.
- Konsultasi dengan Ahli: Diskusikan hasil penelitian dengan ahli di bidang elektronik untuk mendapatkan umpan balik dan validasi eksternal.

7. Dokumentasi dan Publikasi

7.1. Dokumentasi

- Menyusun Laporan Penelitian: Dokumentasikan semua langkah dan temuan penelitian dalam bentuk laporan yang terstruktur.
- Pembuatan Manual Pengguna: Buat manual pengguna untuk membantu orang lain dalam menggunakan Wokwi Simulation untuk pengujian mikrokontroler dan LED.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Deskripsi hasil penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan mengevaluasi pemanfaatan Wokwi Simulation dalam pengujian mikrokontroler untuk mengendalikan dan menguji LED, serta untuk membandingkan hasil pengujian ini dengan metode tradisional menggunakan perangkat keras fisik. Berikut adalah deskripsi hasil penelitian yang diperoleh.

- **Pengujian Menggunakan Wokwi Simulation**

Pengujian pertama dilakukan menggunakan Wokwi Simulation, sebuah platform simulasi berbasis web yang memungkinkan pengguna merancang dan menguji rangkaian elektronik secara virtual. Dalam eksperimen ini, kami merancang rangkaian sederhana yang terdiri dari mikrokontroler Arduino Uno, LED, dan resistor. Kami menulis kode untuk mengendalikan LED, menguji berbagai skenario, seperti menyalakan dan mematikan LED dengan interval waktu yang telah ditentukan.

Hasil dari simulasi menunjukkan bahwa Wokwi Simulation mampu mereplikasi operasi dasar dari rangkaian elektronik dengan akurasi yang tinggi. LED pada layar simulasi menyala dan mati sesuai dengan program yang telah ditulis. Tegangan dan arus yang ditampilkan pada antarmuka simulasi sesuai dengan nilai yang diharapkan berdasarkan perhitungan teoretis. Misalnya, ketika sebuah resistor dengan nilai tertentu digunakan, arus yang mengalir melalui LED sesuai dengan Hukum Ohm.

Keuntungan utama dari penggunaan Wokwi Simulation adalah efisiensinya. Tidak ada waktu yang terbuang untuk merakit dan menghubungkan komponen secara fisik, dan perubahan pada rangkaian atau kode dapat segera diimplementasikan dan diuji ulang tanpa memerlukan setup ulang. Selain itu, pengguna dapat dengan mudah mengamati efek dari berbagai konfigurasi rangkaian dan parameter komponen tanpa risiko merusak perangkat keras.

- **Pengujian Manual Menggunakan Perangkat Keras Fisik**

Untuk membandingkan hasil dari Wokwi Simulation, kami juga melakukan pengujian manual menggunakan perangkat keras fisik. Kami menggunakan mikrokontroler Arduino Uno yang sama, LED, dan resistor, serta merakit rangkaian pada breadboard. Kode yang digunakan untuk mengendalikan LED adalah identik dengan yang digunakan dalam simulasi. Pengukuran tegangan dan arus dilakukan menggunakan multimeter.

Hasil pengujian manual menunjukkan bahwa LED berfungsi sesuai dengan yang diharapkan, menyalakan dan mematikan pada interval waktu yang telah diprogram. Pengukuran tegangan dan arus juga konsisten dengan hasil simulasi dan perhitungan teoretis. Misalnya, dengan resistor 220 ohm yang digunakan, arus yang mengalir melalui LED sekitar 15-20 mA, sesuai dengan Hukum Ohm dan spesifikasi komponen.

Namun, pengujian manual memerlukan lebih banyak waktu dan usaha dibandingkan dengan simulasi. Proses merakit rangkaian, memeriksa koneksi, dan melakukan pengukuran memerlukan ketelitian dan kesabaran. Selain itu, risiko kesalahan dan kerusakan komponen lebih tinggi dalam pengujian manual. Setiap kali ada perubahan pada rangkaian atau kode, perlu waktu tambahan untuk menyesuaikan dan memastikan semua koneksi benar.

- **Analisis dan Perbandingan Hasil**

Ketika membandingkan hasil dari kedua metode pengujian, kami menemukan bahwa Wokwi Simulation memberikan hasil yang sangat mirip dengan pengujian manual. Tegangan dan arus yang diukur dalam simulasi hampir identik dengan yang diukur secara fisik, menunjukkan bahwa simulasi dapat diandalkan untuk mereplikasi kondisi nyata. Selain itu, perbedaan kecil yang mungkin muncul bisa diakibatkan oleh variasi toleransi komponen dalam pengujian fisik.

Dalam hal efisiensi, Wokwi Simulation jelas lebih unggul. Waktu yang diperlukan untuk merancang dan menguji rangkaian sangat berkurang, memungkinkan iterasi yang cepat dan fleksibilitas dalam pengujian berbagai

skenario. Simulasi juga menghilangkan risiko kerusakan komponen, karena semua pengujian dilakukan dalam lingkungan virtual.

Namun, ada beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Meskipun simulasi sangat akurat untuk banyak aplikasi dasar, ada beberapa aspek yang mungkin tidak sepenuhnya terwakili dalam simulasi, seperti efek parasitik, ketidaksempurnaan komponen nyata, dan karakteristik lingkungan fisik. Oleh karena itu, untuk aplikasi yang sangat kritis atau kompleks, pengujian manual tetap diperlukan sebagai langkah verifikasi akhir.

- **Kesimpulan**

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Wokwi Simulation adalah alat yang sangat berguna dan efisien untuk pengujian mikrokontroler dan LED. Simulasi ini menawarkan akurasi yang tinggi dan kemudahan penggunaan, membuatnya ideal untuk pendidikan, penelitian, dan pengembangan produk awal. Dengan kemampuannya untuk mengurangi waktu dan biaya pengujian, serta risiko kerusakan komponen, Wokwi Simulation memberikan nilai tambah yang signifikan dibandingkan metode pengujian tradisional.

Namun, untuk memastikan keandalan sepenuhnya, terutama dalam aplikasi yang sangat kritis, pengujian manual tetap diperlukan. Penggunaan kedua metode secara komplementer dapat memberikan pendekatan yang paling efisien dan akurat untuk pengujian dan pengembangan rangkaian elektronik.

- **Rekomendasi**

Berdasarkan temuan ini, kami merekomendasikan integrasi Wokwi Simulation dalam proses pengujian dan pengembangan di industri elektronik. Ini dapat digunakan sebagai alat pertama untuk desain dan pengujian awal, diikuti dengan pengujian manual untuk verifikasi akhir. Selain itu, untuk pendidikan, Wokwi Simulation dapat menjadi alat pengajaran yang efektif, memungkinkan mahasiswa untuk belajar dan bereksperimen dengan rangkaian elektronik tanpa memerlukan akses ke laboratorium yang mahal. Penelitian lebih lanjut juga disarankan untuk mengeksplorasi batasan-batasan simulasi ini dan untuk mengembangkan fitur tambahan yang dapat meningkatkan akurasinya.

3.2. Pembahasan

Pembahasan penelitian ini menggali hasil dari pengujian mikrokontroler dan LED menggunakan Wokwi Simulation serta perbandingannya dengan metode pengujian manual menggunakan perangkat keras fisik. Efisiensi dan akurasi penggunaan Wokwi Simulation menjadi sorotan utama dalam diskusi ini. Pengujian menggunakan Wokwi Simulation menunjukkan bahwa platform ini mampu mereplikasi operasi dasar dari rangkaian elektronik dengan akurasi yang tinggi. LED yang dikendalikan oleh mikrokontroler berfungsi sebagaimana mestinya, sesuai dengan program yang telah ditulis. Tegangan dan arus yang ditampilkan pada antarmuka simulasi juga konsisten dengan nilai yang diharapkan berdasarkan perhitungan teoretis. Keuntungan utama yang ditemukan adalah efisiensi proses pengujian. Waktu yang diperlukan untuk merancang, menguji, dan memodifikasi rangkaian secara signifikan lebih singkat dibandingkan dengan pengujian manual. Pengguna juga dapat dengan mudah memperhatikan efek dari berbagai konfigurasi rangkaian tanpa risiko merusak perangkat keras fisik.

Sementara itu, pengujian manual menggunakan perangkat keras fisik memberikan hasil yang dapat diandalkan namun memerlukan lebih banyak waktu dan usaha. Persiapan yang lebih rumit diperlukan, termasuk merakit rangkaian, memastikan koneksi benar, dan melakukan pengukuran dengan multimeter. Namun, pengujian manual tetap diperlukan untuk memastikan keandalan sepenuhnya, terutama dalam aplikasi yang sangat kritis atau kompleks. Dalam perbandingan hasil dari kedua metode pengujian, didapati bahwa Wokwi Simulation memberikan hasil yang sangat mirip dengan pengujian manual. Tegangan dan arus yang diukur dalam simulasi hampir identik dengan yang diukur secara fisik. Ini menunjukkan bahwa simulasi dapat diandalkan untuk mereplikasi kondisi nyata dengan baik. Namun, untuk aplikasi yang sangat kritis, pengujian manual tetap diperlukan sebagai langkah verifikasi akhir.

Dari segi efisiensi, Wokwi Simulation jelas unggul. Proses pengujian lebih cepat, lebih mudah, dan lebih fleksibel dibandingkan dengan pengujian manual. Namun, ada beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan, seperti ketidakmampuan simulasi untuk sepenuhnya mereplikasi semua aspek lingkungan fisik. Oleh karena itu, integrasi kedua metode secara komplementer mungkin menjadi pendekatan terbaik untuk pengujian dan pengembangan rangkaian elektronik di masa depan. Dengan temuan ini, Wokwi Simulation menjanjikan sebagai alat yang berguna dan efisien untuk pengujian mikrokontroler dan LED. Platform ini dapat menjadi solusi yang baik untuk pendidikan, penelitian, dan pengembangan produk elektronik. Namun, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan fitur simulasi yang lebih canggih dan meningkatkan akurasinya dalam aplikasi yang lebih kompleks.



4. SARAN

Pengembangan penelitian selanjutnya, beberapa saran yang dapat dipertimbangkan adalah:

1. Pengembangan Fitur Simulasi: Melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan fitur simulasi yang lebih canggih dan mendekati kondisi nyata sebanyak mungkin. Ini dapat mencakup integrasi efek parasitik, karakteristik non-linear komponen, dan lingkungan fisik yang lebih kompleks seperti suhu dan kelembaban.
2. Validasi dengan Pengujian Eksternal: Melakukan validasi hasil simulasi dengan melakukan pengujian eksternal menggunakan perangkat keras fisik di laboratorium. Ini akan membantu memastikan bahwa simulasi memberikan hasil yang konsisten dengan kenyataan.
3. Studi Kasus pada Aplikasi yang Lebih Kompleks: Melakukan studi kasus pada aplikasi yang lebih kompleks, seperti sistem kontrol otomatis atau sistem sensor yang lebih rumit. Hal ini akan membantu memahami batasan dan kemampuan simulasi dalam konteks yang lebih realistis.
4. Pengembangan Platform Hybrid: Mengembangkan platform yang mengintegrasikan simulasi dengan pengujian langsung pada perangkat keras fisik. Dengan demikian, pengguna dapat memanfaatkan keunggulan kedua metode pengujian tersebut dan mendapatkan pendekatan yang lebih holistik.
5. Kolaborasi dengan Industri: Melakukan kolaborasi dengan industri elektronik untuk mengidentifikasi kebutuhan dan tantangan dalam pengembangan produk. Penelitian ini dapat memberikan wawasan berharga untuk mengarahkan pengembangan simulasi ke arah yang lebih relevan dan praktis.
6. Evaluasi Efektivitas dalam Pendidikan: Melakukan evaluasi lebih lanjut terhadap efektivitas penggunaan simulasi dalam konteks pendidikan. Ini dapat melibatkan penelitian empiris terhadap pengalaman pembelajaran mahasiswa dan pengajaran dosen dalam menggunakan simulasi sebagai alat pembelajaran.
7. Pengembangan Algoritma Pemodelan Lebih Lanjut: Mengembangkan algoritma pemodelan yang lebih maju untuk meningkatkan akurasi simulasi dalam memprediksi perilaku rangkaian elektronik yang kompleks. Ini dapat melibatkan penggunaan metode simulasi berbasis fisika atau teknik pemodelan yang lebih canggih.

Dengan menerapkan saran-saran ini, penelitian selanjutnya di bidang pemanfaatan simulasi dalam pengujian mikrokontroler dan LED dapat menghasilkan kontribusi yang lebih besar untuk perkembangan teknologi elektronik dan pendidikan di masa mendatang.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini menyoroti potensi besar dari penggunaan Wokwi Simulation dalam pengujian mikrokontroler dan LED. Berdasarkan hasil eksperimen dan analisis yang dilakukan, beberapa temuan kunci dapat disimpulkan:

1. Efisiensi dan Akurasi: Wokwi Simulation terbukti efisien dan akurat dalam mereplikasi operasi dasar dari rangkaian elektronik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa simulasi mampu menghasilkan hasil yang serupa dengan pengujian manual menggunakan perangkat keras fisik.
2. Keunggulan Efisiensi: Simulasi memungkinkan pengguna untuk merancang, menguji, dan memodifikasi rangkaian dengan cepat dan mudah, tanpa memerlukan waktu dan usaha yang diperlukan dalam pengujian manual. Hal ini memberikan keunggulan dalam iterasi desain dan pengembangan produk.
3. Perlu Verifikasi Manual: Meskipun simulasi dapat memberikan hasil yang akurat untuk sebagian besar aplikasi, pengujian manual tetap diperlukan untuk memastikan keandalan sepenuhnya, terutama dalam aplikasi yang sangat kritis atau kompleks.
4. Implikasi Praktis: Pemanfaatan Wokwi Simulation memiliki implikasi praktis yang signifikan, terutama dalam pengembangan produk elektronik dan pendidikan. Simulasi dapat menjadi alat yang berharga dalam proses pengembangan produk, membantu mengurangi biaya dan waktu pengembangan. Selain itu, dalam konteks pendidikan, simulasi dapat menjadi alat pembelajaran yang efektif untuk memahami konsep dasar elektronik dan pemrograman mikrokontroler.

Dengan demikian, penggunaan Wokwi Simulation dalam pengujian mikrokontroler dan LED menjanjikan sebagai pendekatan yang efisien dan efektif. Namun, pengembangan lebih lanjut dan integrasi dengan pengujian manual masih diperlukan untuk memastikan keandalan dan akurasi maksimum dalam berbagai aplikasi elektronik.

REFERENSI

- [1] V. Y. P. Ardhana, M. T. Hidayat, M. Jannah, S. Sumiati, P. Rini, and N. Sari, "Implementasi RESTful API Pada Laravel dan Simulator IoT Wokwi Untuk Pengukuran Suhu dan Kelembaban Menggunakan



- Metode Waterfall,” *Arcitech J. Comput. Sci. Artif. Intell.*, vol. 3, no. 2, pp. 93–109, 2023.
- [2] C. Bagaskoro and A. H. Kuspranoto, “PERANCANGAN SIMULASI KALKULATOR INDEKS MASA TUBUH BERBASIS ARDUINO UNO DAN SIMULASI WOKWI,” *Med. TRADA*, vol. 4, no. 2, pp. 29–34, 2023.
- [3] R. Prasetyo, N. T. Ujianto, E. Budiraharjo, and Y. Hapsari, “Pengembangan Sistem Pendeteksi Hujan Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Simulasi Wokwi,” *Eng. J. Bid. Tek.*, vol. 14, no. 2, pp. 93–99, 2023.
- [4] M. F. Sanjaya, U. Kalsum, and A. Rosman, “PENERAPAN TEKNOLOGI CERDAS PENYIRAMAN TANAMAN HIDROPONIK BERBASIS MIKROKONTROLER DAN MULTISENSOR PADA PEMBUDIDAYA TANAMAN HIDROPONIK KABUPATEN MAJENE,” *J. Abdi Insa.*, vol. 10, no. 3, pp. 1880–1889, 2023.
- [5] A. F. Oklilas, R. Passarella, and M. A. Buchari, “PENINGKATAN KEMAMPUAN SISWA SMKN 1 TANJUNG PANDAN BELITUNG DALAM SIMULASI ONLINE SISTEM PALANG PINTU KERETA API,” *J. Pengabd. Kolaborasi dan Inov. IPTEKS*, vol. 1, no. 5, pp. 697–703, 2023.
- [6] N. S. Octavianti, W. A. Sulistiono, M. Rizky, and P. M. Kusumantara, “RANCANGAN ALAT PELACAK KELEMBAPAN PERKEBUNAN DAN PENGUKUR TINGGI AIR SAWAH BERBASIS SENSOR,” *J. Sist. Inf. dan Bisnis Cerdas*, vol. 17, no. 1, pp. 21–29, 2024.
- [7] S. Sawidin, E. M. Punuh, and H. F. Sasela, “Rancang Bangun Sensor Parkir Kendaraan Roda Empat Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno,” in *Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi*, 2023, pp. 41–48.
- [8] I. Afriliana, A. Basit, A. Rakhman, and M. T. Prihandoyo, “PENINGKATAN IPTEK PADA SISWA SEKOLAH MENENGAH ATAS MELALUI PENGENALAN INTERNET OF THINGS,” *JMM (Jurnal Masy. Mandiri)*, vol. 8, no. 1, pp. 608–619, 2024.
- [9] M. A. Robidin, M. Sofian, and A. Y. W. Putra, “Sistem Parkir Pintar Berbasis Arduino Uno,” in *Vocational Education National Seminar (VENS)*, 2023.
- [10] D. Artanto, P. Arbiyanti, E. A. B. Cahyono, A. Siswoyo, and I. D. Pranowo, *Workshop Mekatronika: Sistem Otomasi Konveyor*. Sanata Dharma University Press, 2023.
- [11] F. A. Tritunggal, C. Pradana, and E. R. K. Pradani, “Sistem Deteksi Gempa Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino dan Sensor Accelerometer MPU6050,” *Metrotech (Journal Mech. Electr. Technol.)*, vol. 2, no. 2, pp. 98–104, 2023.
- [12] H. Maulida, I. R. Valendi, O. Nugraha, and F. Ranuharja, “Prototyping a Secure Key Management System: Integrating RFID and Keypad Technologies for Enhanced Safe Protection,” *J. Hypermedia Technol. Learn.*, vol. 1, no. 2, pp. 87–96, 2023.