



Penerapan Media Simulasi Wokwi dalam Meningkatkan Hasil Belajar Mahasiswa pada Mata Kuliah Sensor dan Transduser

Sukarman Purba^{1*}, Erwinsius Simamora², Ano Jastin Sinaga³, Rivan Permana Putra Simatupang⁴, Zul Khaizar⁵

¹⁻⁵ Universitas Negeri Medan, Indonesia

*Penulis Korespondensi: arman_prb@yahoo.com

Abstract. *Learning in the Sensor and Transducer course requires both conceptual understanding and practical experience. However, limitations in laboratory equipment, practice time, and operational costs often hinder the learning process. This study aimed to investigate the implementation of the Wokwi simulation platform in improving students' learning outcomes in the Sensor and Transducer course. A quantitative approach with a one-group pretest–posttest design was employed involving students of the Electrical Engineering Education Study Program at Universitas Negeri Medan. Data were collected through learning achievement tests and student response questionnaires. The results showed a significant improvement in students' average scores, increasing from 63.78 in the pretest to 94.72 in the posttest. Furthermore, questionnaire results indicated that students had highly positive perceptions of Wokwi as a learning medium due to its ease of use, interactive features, and ability to facilitate practical understanding of sensor concepts. Therefore, Wokwi is an effective technology-based learning medium for enhancing student learning outcomes in the Sensor and Transducer course.*

Keywords: *Learning Media; Learning Outcomes; Sensors and Transducers; Simulation; Wokwi.*

Abstrak. Pembelajaran pada mata kuliah Sensor dan Transduser memerlukan pemahaman konsep serta praktik yang baik, namun keterbatasan alat praktikum, waktu laboratorium, dan biaya sering menjadi kendala dalam proses pembelajaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penerapan media simulasi Wokwi dalam meningkatkan hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah Sensor dan Transduser. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan desain one group pretest-posttest terhadap mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Medan. Pengumpulan data dilakukan melalui tes hasil belajar dan angket respon mahasiswa. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan nilai rata-rata mahasiswa dari pretest sebesar 63,78 menjadi posttest sebesar 94,72. Selain itu, hasil angket menunjukkan bahwa mahasiswa memberikan respon sangat baik terhadap penggunaan Wokwi sebagai media pembelajaran karena mudah digunakan, interaktif, dan membantu memahami konsep sensor secara praktis. Dengan demikian, penerapan Wokwi efektif digunakan untuk meningkatkan hasil belajar mahasiswa serta dapat dijadikan alternatif media pembelajaran berbasis teknologi pada mata kuliah Sensor dan Transduser.

Kata kunci: Hasil Belajar; Media Pembelajaran; Sensor dan Transduser; Simulasi; Wokwi.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan teknologi digital telah mendorong transformasi proses pembelajaran di perguruan tinggi, terutama melalui pemanfaatan media pembelajaran interaktif berbasis teknologi. Integrasi teknologi dalam pembelajaran terbukti mampu meningkatkan keterlibatan mahasiswa, fleksibilitas belajar, serta efektivitas penyampaian materi (Sabara, 2022). Pada bidang keteknikan, penggunaan media digital menjadi penting karena banyak materi yang membutuhkan pemahaman konseptual sekaligus keterampilan praktik. Salah satu mata kuliah yang memerlukan keseimbangan antara teori dan praktik adalah mata kuliah Sensor dan Transduser. Mata kuliah ini membahas prinsip kerja, karakteristik, kalibrasi, serta penerapan berbagai jenis sensor dalam sistem otomasi dan kontrol. Pemahaman mahasiswa terhadap

materi ini tidak cukup hanya melalui ceramah, tetapi perlu didukung kegiatan praktikum agar mahasiswa mampu melihat hubungan antara konsep teori dan implementasi nyata (Jamlan et al., 2024).

Dalam pelaksanaannya, pembelajaran praktikum sering menghadapi beberapa kendala, seperti keterbatasan jumlah alat, biaya pengadaan komponen, waktu penggunaan laboratorium yang terbatas, serta risiko kerusakan perangkat saat proses praktikum berlangsung. Permasalahan tersebut dapat menghambat pengalaman belajar mahasiswa dan menyebabkan kesempatan praktik menjadi kurang optimal. Kondisi ini menuntut adanya inovasi media pembelajaran yang mampu mendukung kegiatan praktikum secara efisien dan mudah diakses. Salah satu alternatif solusi yang dapat digunakan adalah media simulasi berbasis virtual laboratory (Wahyudi et al., 2025). Laboratorium virtual memungkinkan mahasiswa melakukan percobaan, merancang rangkaian, dan menguji program tanpa ketergantungan penuh pada perangkat keras fisik. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan laboratorium virtual dapat meningkatkan pemahaman konsep, motivasi belajar, dan hasil belajar peserta didik pada bidang teknik dan sains.

Salah satu platform simulasi yang banyak digunakan saat ini adalah Wokwi. Platform ini menyediakan fasilitas simulasi mikrokontroler Arduino, berbagai sensor elektronik, serta pemrograman secara real-time melalui browser. Dengan Wokwi, mahasiswa dapat melakukan eksperimen kapan saja dan di mana saja tanpa instalasi perangkat lunak yang rumit. Selain itu, simulasi ini memberikan umpan balik langsung terhadap program dan rangkaian yang dibuat sehingga mendukung pembelajaran mandiri. Beberapa penelitian melaporkan bahwa penggunaan Wokwi dapat meningkatkan minat belajar dan keterampilan pemrograman mikrokontroler. Namun, penelitian yang secara khusus mengkaji penerapan Wokwi pada mata kuliah Sensor dan Transduser di Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Medan masih terbatas. Dengan demikian, terdapat kesenjangan penelitian yang perlu dikaji lebih lanjut mengenai efektivitas penggunaan media simulasi tersebut terhadap hasil belajar mahasiswa. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan media simulasi Wokwi dalam meningkatkan hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah Sensor dan Transduser. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi rujukan dalam pengembangan media pembelajaran inovatif berbasis teknologi, khususnya pada pendidikan teknik elektro.

2. KAJIAN TEORITIS

Media pembelajaran merupakan segala sarana yang digunakan untuk menyampaikan materi dari dosen kepada mahasiswa agar proses belajar menjadi lebih efektif. Penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi terbukti mampu meningkatkan keterlibatan mahasiswa, fleksibilitas belajar, serta efektivitas penyampaian materi (Bond et al., 2020). Dengan adanya media digital, mahasiswa dapat belajar secara mandiri, interaktif, dan tidak terbatas ruang maupun waktu.

Media Simulasi dalam Pembelajaran

Media simulasi adalah media pembelajaran yang menampilkan kondisi, proses, atau sistem nyata ke dalam bentuk virtual sehingga pengguna dapat melakukan percobaan secara aman, interaktif, dan berulang tanpa risiko kerusakan alat. Media ini membantu mahasiswa memahami konsep melalui pengalaman langsung dalam lingkungan digital yang menyerupai kondisi sebenarnya. Dengan simulasi, mahasiswa dapat mencoba berbagai skenario, mengidentifikasi kesalahan, serta melakukan perbaikan secara mandiri dengan biaya yang lebih efisien. Penggunaan media simulasi juga terbukti dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran karena proses belajar menjadi lebih fleksibel dan mudah diakses (Ariyadi et al., 2024)

Dalam bidang teknik, media simulasi memiliki peranan penting karena banyak materi membutuhkan keterampilan praktik, analisis sistem, dan pemahaman konsep abstrak. Melalui simulasi, mahasiswa dapat menguji rangkaian elektronik, mempelajari prinsip kerja sensor, mengamati alur data, serta menghubungkan teori dengan implementasi nyata. Selain itu, simulasi juga membantu mahasiswa mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah karena kesalahan rangkaian maupun program dapat diketahui secara langsung (Auliani et al., 2024). Penggunaan laboratorium virtual diketahui mampu meningkatkan pemahaman konsep, motivasi belajar, serta hasil belajar mahasiswa. Hal ini disebabkan laboratorium virtual memberikan kesempatan belajar kapan saja dan di mana saja tanpa ketergantungan terhadap laboratorium fisik. Selain itu, media simulasi menjadi solusi terhadap keterbatasan alat praktikum, biaya pengadaan komponen, dan risiko kerusakan perangkat. Oleh karena itu, media simulasi sangat relevan diterapkan pada pembelajaran teknik elektro, khususnya pada mata kuliah yang membutuhkan kegiatan praktikum seperti Sensor dan Transduser.

Platform Simulasi Wokwi

Wokwi merupakan platform simulasi elektronik berbasis web yang digunakan untuk merancang dan menguji rangkaian mikrokontroler secara virtual melalui browser. Platform ini

mendukung berbagai papan mikrokontroler seperti Arduino Uno, ESP32, dan Raspberry Pi Pico serta menyediakan komponen elektronik seperti LED, relay, LCD, buzzer, dan sensor. Dengan sistem berbasis daring, pengguna tidak perlu melakukan instalasi perangkat lunak tambahan sehingga lebih mudah diakses kapan saja dan di mana saja (Robertus & Setiabudi, 2026). Keunggulan utama Wokwi adalah kemampuan simulasi secara real-time. Pengguna dapat menulis kode program, menyusun rangkaian, lalu langsung melihat hasil kerja sistem. Jika terjadi kesalahan rangkaian atau kesalahan program, pengguna dapat segera melakukan perbaikan tanpa risiko merusak komponen fisik. Hal ini sangat membantu mahasiswa dalam memahami logika pemrograman, proses troubleshooting, dan integrasi antara perangkat keras serta perangkat lunak (Mutmainnah & Rizky, 2025).

Dalam bidang pendidikan, Wokwi sangat relevan digunakan sebagai media pembelajaran praktikum digital yang efisien, interaktif, dan hemat biaya. Mahasiswa dapat melakukan eksperimen mandiri di luar jam laboratorium serta mencoba berbagai proyek berbasis sensor dan mikrokontroler. Penggunaan Wokwi juga mendukung pembelajaran berbasis proyek dan pengembangan kreativitas mahasiswa dalam merancang sistem otomasi sederhana (Wahab et al., 2026). Selain itu, penggunaan Wokwi dapat menjadi solusi terhadap keterbatasan fasilitas laboratorium, jumlah alat praktikum yang terbatas, dan tingginya biaya pengadaan komponen. Oleh karena itu, platform ini sangat sesuai diterapkan pada pembelajaran teknik elektro, khususnya mata kuliah Sensor dan Transduser (Sabara, 2022).

Pemanfaatan Wokwi dalam pembelajaran modern mampu meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep elektronika dan sistem mikrokontroler. Melalui simulasi interaktif, mahasiswa dapat melakukan trial and error secara langsung sehingga proses belajar menjadi lebih aktif. Selain itu, Wokwi juga mendukung pembelajaran berbasis proyek dan Internet of Things (IoT), sehingga sesuai dengan kebutuhan pembelajaran vokasional dan teknik saat ini (Auliani et al., 2024). Penggunaan Wokwi juga memberikan kemudahan bagi mahasiswa dalam memahami hubungan antara teori dan praktik. Mahasiswa dapat merancang rangkaian, menghubungkan sensor, membuat program, lalu melihat hasil kerja sistem secara real-time melalui browser (Faizah et al., 2024). Proses ini membantu mahasiswa memahami logika kerja komponen elektronik, alur pemrograman, serta cara kerja sistem otomasi secara lebih konkret. Dengan demikian, pembelajaran menjadi lebih menarik dan mudah dipahami dibandingkan hanya menggunakan metode ceramah konvensional (Ariyadi et al., 2024).

Selain meningkatkan pemahaman konsep, Wokwi juga mendorong kemandirian belajar mahasiswa karena dapat diakses kapan saja dan di mana saja tanpa harus berada di laboratorium. Mahasiswa dapat mengulang percobaan, memperbaiki kesalahan program, serta

mengembangkan proyek baru secara mandiri. Kondisi ini sangat mendukung model pembelajaran abad ke-21 yang menekankan kreativitas, kolaborasi, komunikasi, dan kemampuan problem solving. Oleh karena itu, penggunaan Wokwi sangat relevan diterapkan pada pendidikan vokasi dan teknik elektro di perguruan tinggi (Suhaeb & Risal, 2024)(Wahyudi et al., 2025).

Hasil Belajar

Hasil belajar merupakan perubahan kemampuan yang diperoleh mahasiswa setelah mengikuti proses pembelajaran. Perubahan tersebut dapat dilihat dari meningkatnya pengetahuan, keterampilan, sikap, serta kemampuan berpikir mahasiswa setelah menerima materi pembelajaran. Hasil belajar menjadi indikator penting untuk mengetahui keberhasilan proses pembelajaran yang telah dilaksanakan. Semakin baik hasil belajar mahasiswa, maka semakin efektif pula metode, media, dan strategi pembelajaran yang digunakan (Dewi et al., 2024). Dalam penelitian pendidikan, hasil belajar umumnya dibagi menjadi tiga ranah, yaitu kognitif, afektif, dan psikomotorik. Ranah kognitif berkaitan dengan kemampuan memahami, mengingat, menganalisis, dan mengevaluasi materi. Ranah afektif berhubungan dengan sikap, minat, dan motivasi belajar, sedangkan ranah psikomotorik berkaitan dengan keterampilan praktik. Pada penelitian ini, hasil belajar difokuskan pada ranah kognitif yang diukur melalui pre-test dan post-test mahasiswa (Suhaeb & Risal, 2024).

Peningkatan hasil belajar dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kesiapan mahasiswa, motivasi belajar, lingkungan belajar, metode mengajar, serta penggunaan media pembelajaran. Penggunaan media pembelajaran yang interaktif dan inovatif terbukti mampu meningkatkan perhatian mahasiswa, mempermudah pemahaman materi, dan mendorong keterlibatan aktif dalam proses belajar. Oleh karena itu, media berbasis teknologi seperti simulasi digital berpotensi memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar mahasiswa (Buwarda, 2024). Selain itu, hasil belajar juga dapat meningkat apabila mahasiswa diberikan kesempatan belajar secara mandiri, melakukan eksplorasi, dan mengulang materi sesuai kebutuhan masing-masing. Media pembelajaran digital memungkinkan mahasiswa belajar lebih fleksibel, baik di dalam maupun di luar kelas. Dengan demikian, penggunaan media simulasi seperti Wokwi diharapkan mampu meningkatkan hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah Sensor dan Transduser (JOE, 2025).

Mata Kuliah Sensor dan Transducer

Pembelajaran pada mata kuliah Sensor dan Transduser memerlukan media pembelajaran yang mampu membantu mahasiswa memahami konsep kerja sensor secara teoritis maupun praktis. Penggunaan media praktikum berbasis sensor ultrasonik diketahui

dapat membantu mahasiswa memahami prinsip kerja sensor secara lebih konkret dan interaktif sehingga keterampilan praktik mahasiswa dalam bidang sistem kontrol dan otomasi menjadi lebih baik. Selain itu, penggunaan media pembelajaran interaktif berbasis animasi dan simulasi juga mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran karena mahasiswa dapat memahami konsep-konsep abstrak pada materi sensor dan transduser melalui visualisasi yang lebih menarik dan mudah dipahami (Najamuddin et al., 2023).

Penggunaan trainer kit sensor fisika dan sensor kimia juga memberikan dampak positif terhadap proses pembelajaran karena mahasiswa dapat melakukan pengukuran, pengujian, dan analisis data sensor secara langsung. Melalui kegiatan praktikum tersebut, mahasiswa menjadi lebih memahami karakteristik berbagai jenis sensor serta penerapannya dalam sistem elektronika dan otomasi (Ratnaya, 2024). Di sisi lain, pembelajaran berbasis proyek pada mata kuliah Sistem Sensor dan Transduser mampu meningkatkan hasil belajar, kemampuan problem solving, dan keterampilan praktik mahasiswa karena mahasiswa terlibat langsung dalam proses perancangan dan implementasi sistem sensor sederhana. Berdasarkan kondisi tersebut, penggunaan media simulasi digital seperti Wokwi menjadi salah satu alternatif pembelajaran yang relevan diterapkan pada mata kuliah Sensor dan Transduser (Suwardika et al., 2025). Media simulasi ini memungkinkan mahasiswa melakukan perancangan rangkaian, pemrograman mikrokontroler, serta pengujian sensor secara virtual dan real-time tanpa harus bergantung sepenuhnya pada perangkat keras fisik. Dengan demikian, proses pembelajaran menjadi lebih fleksibel, interaktif, dan mampu meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap materi sensor dan transduser (Widiyantoro et al., 2014).

Penelitian Terdahulu

Pembelajaran pada mata kuliah Sensor dan Transduser membutuhkan media pembelajaran yang mampu membantu mahasiswa memahami konsep sensor, pemrograman mikrokontroler, dan sistem otomasi secara lebih konkret. Penggunaan media simulasi berbasis Wokwi dinilai mampu meningkatkan efektivitas pembelajaran karena mahasiswa dapat melakukan praktik virtual secara langsung tanpa harus bergantung pada perangkat keras fisik. Hal ini didukung oleh penelitian (Auliani et al., 2024) yang membahas simulasi sensor parkir berbasis Arduino Uno menggunakan sensor HC-SR04 pada platform Wokwi. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa simulasi Wokwi membantu mahasiswa memahami prinsip kerja sensor ultrasonik, logika pemrograman, serta proses troubleshooting rangkaian secara lebih mudah dan interaktif. Selain itu, penggunaan Wokwi juga efektif dalam membantu mahasiswa memahami integrasi sensor dan pembacaan data secara real-time. (Maulia et al., 2024) menjelaskan bahwa simulasi pengukuran suhu dan kelembaban menggunakan sensor DHT22

pada platform Wokwi mampu meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap proses monitoring data sensor, pengolahan data, dan sistem mikrokontroler berbasis Arduino. Melalui simulasi tersebut, mahasiswa dapat melakukan eksperimen dan pengujian program secara fleksibel sehingga proses pembelajaran menjadi lebih efektif dan mudah dipahami.

Penggunaan media simulasi Wokwi juga mendukung pembelajaran berbasis Internet of Things (IoT). Adiguna (2024) menjelaskan bahwa implementasi media belajar IoT menggunakan Wokwi pada sistem deteksi suhu dengan buzzer mampu meningkatkan minat belajar dan pemahaman mahasiswa terhadap konsep sensor, aktuator, dan sistem monitoring berbasis mikrokontroler (Wati et al., 2025). Media simulasi tersebut membuat proses pembelajaran lebih interaktif karena mahasiswa dapat langsung melihat hasil kerja sistem secara virtual dan melakukan perbaikan program secara mandiri. Dengan demikian, penggunaan Wokwi sangat relevan diterapkan pada pembelajaran Sensor dan Transduser karena mampu meningkatkan pemahaman konsep dan hasil belajar mahasiswa secara lebih efektif (Buwarda, 2024).

Kerangka Berpikir

Pembelajaran pada mata kuliah Sensor dan Transduser membutuhkan media pembelajaran yang mampu membantu mahasiswa memahami konsep sensor, mikrokontroler, dan sistem elektronika secara lebih konkret. Penggunaan media simulasi berbasis Wokwi menjadi salah satu solusi karena mahasiswa dapat melakukan simulasi rangkaian, pengujian sensor, dan pemrograman Arduino secara virtual tanpa harus menggunakan perangkat keras secara langsung. Hal ini didukung oleh penelitian (Asparuhova et al., 2024) yang menjelaskan bahwa penggunaan Wokwi Simulator mampu mendukung pembelajaran mikrokontroler dan sensor pada mahasiswa teknik. Simulasi tersebut membantu mahasiswa memahami integrasi sensor, rangkaian elektronik, dan logika pemrograman secara lebih interaktif sehingga proses pembelajaran menjadi lebih efektif dan fleksibel. Selain itu, penggunaan simulasi berbasis Wokwi juga membantu mahasiswa memahami sistem sensor berbasis Arduino secara real-time. Penelitian oleh (Zakaria & Sucahyo, 2024) menjelaskan bahwa pengembangan alat pembelajaran berbasis simulator Wokwi pada materi fluida dinamis mampu membantu mahasiswa memahami penggunaan sensor Arduino dan sistem monitoring secara lebih mudah. Simulasi tersebut memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik karena mahasiswa dapat melihat hasil pengujian sistem secara langsung melalui media virtual.

Penggunaan media simulasi Wokwi juga efektif dalam pembelajaran elektronika modern. Teknologi Wokwi sebagai media pembelajaran elektronika modern mampu meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan proses mahasiswa. Melalui simulasi

digital, mahasiswa dapat melakukan eksperimen, pengujian rangkaian, serta debugging program secara mandiri sehingga proses pembelajaran menjadi lebih interaktif, efisien, dan mudah dipahami. Dengan demikian, penggunaan media simulasi Wokwi sangat relevan diterapkan pada mata kuliah Sensor dan Transduser karena mampu meningkatkan hasil belajar mahasiswa baik dari aspek teori maupun praktik (Arif et al., 2025).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode pre-eksperimen. Desain penelitian yang digunakan adalah One Group Pre-test Post-test Design, yaitu penelitian yang dilakukan pada satu kelompok mahasiswa dengan memberikan tes awal (*pre-test*), kemudian diberikan perlakuan berupa pembelajaran menggunakan media simulasi Wokwi, dan selanjutnya diberikan tes akhir (*post-test*). Desain ini digunakan untuk mengetahui peningkatan hasil belajar mahasiswa setelah penerapan media simulasi Wokwi pada mata kuliah Sensor dan Transduser. Penelitian dilaksanakan di Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Medan pada semester genap Tahun Akademik 2025/2026. Populasi penelitian adalah seluruh mahasiswa yang mengikuti mata kuliah Sensor dan Transduser. Sampel penelitian menggunakan teknik total sampling, yaitu seluruh mahasiswa dalam satu kelas yang mengikuti kegiatan penelitian. Berdasarkan data yang diperoleh, jumlah responden penelitian sebanyak 37 mahasiswa.

Instrumen penelitian yang digunakan berupa tes hasil belajar berbentuk pilihan ganda sebanyak 25 soal yang diberikan pada saat pre-test dan post-test. Masing-masing butir soal disusun dengan empat alternatif jawaban dan satu jawaban benar. Jumlah 25 soal dipilih agar pengukuran hasil belajar mahasiswa dapat dilakukan secara lebih menyeluruh dan representatif terhadap materi yang telah dipelajari. Penyusunan soal didasarkan pada indikator capaian pembelajaran sehingga setiap soal mampu menggambarkan tingkat pemahaman mahasiswa terhadap materi Sensor dan Transduser. Materi yang diujikan dalam instrumen tes mencakup konsep dasar sensor dan transduser, klasifikasi sensor aktif dan pasif, karakteristik sensor, prinsip kerja sensor cahaya (LDR), sensor ultrasonik HC-SR04, sensor suhu dan kelembaban, rangkaian pembagi tegangan, pembacaan data analog dan digital, konversi sinyal sensor, pemrograman Arduino IDE, serta interpretasi data hasil simulasi. Selain mengukur kemampuan mengingat konsep, soal juga dirancang untuk mengukur kemampuan memahami, menerapkan, dan menganalisis permasalahan sederhana yang berkaitan dengan penggunaan sensor dalam sistem kontrol.

Sebelum digunakan, instrumen tes terlebih dahulu disusun berdasarkan kisi-kisi soal dan divalidasi melalui penilaian ahli agar memiliki kesesuaian isi dengan materi pembelajaran. Selanjutnya dilakukan uji coba instrumen untuk mengetahui tingkat validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda soal. Dengan demikian, 25 soal yang digunakan telah memenuhi syarat sebagai alat ukur hasil belajar yang baik. Selain instrumen tes, penelitian ini juga menggunakan angket respon mahasiswa yang diberikan setelah pelaksanaan post-test. Angket disusun menggunakan skala Likert untuk mengetahui tanggapan mahasiswa terhadap penggunaan media simulasi Wokwi, meliputi aspek kemudahan penggunaan, tampilan media, manfaat dalam memahami materi, motivasi belajar, serta minat mahasiswa terhadap pembelajaran berbasis simulasi digital.

Prosedur penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahap. Tahap pertama adalah persiapan, yaitu penyusunan perangkat pembelajaran, modul praktikum, kisi-kisi soal, dan instrumen penelitian. Tahap kedua adalah pelaksanaan pre-test untuk mengetahui kemampuan awal mahasiswa sebelum diberikan perlakuan. Tahap ketiga adalah pemberian perlakuan berupa pembelajaran menggunakan media simulasi Wokwi selama beberapa kali pertemuan. Dalam kegiatan ini mahasiswa melakukan simulasi rangkaian sensor, menulis program Arduino, menghubungkan komponen virtual, serta menganalisis keluaran sistem melalui Serial Monitor. Tahap keempat adalah pelaksanaan post-test untuk mengetahui hasil belajar akhir mahasiswa setelah menggunakan media simulasi Wokwi.

Teknik analisis data dilakukan secara deskriptif dan inferensial. Analisis deskriptif digunakan untuk mengetahui nilai rata-rata, nilai maksimum, nilai minimum, dan standar deviasi hasil pre-test dan post-test. Selanjutnya, analisis inferensial dilakukan menggunakan uji normalitas, uji-t berpasangan (*paired sample t-test*), serta N-Gain untuk mengetahui tingkat peningkatan hasil belajar mahasiswa setelah perlakuan diberikan. Kriteria pengambilan keputusan pada uji-t adalah apabila nilai signifikansi $< 0,05$ maka terdapat pengaruh yang signifikan antara penggunaan media simulasi Wokwi terhadap hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah Sensor dan Transduser. Seluruh pengolahan data dilakukan dengan bantuan perangkat lunak statistik agar hasil analisis lebih akurat dan objektif.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pengumpulan Data

Penelitian ini dilaksanakan pada semester genap Tahun Akademik 2025/2026 di Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Medan pada mata kuliah Sensor dan Transduser. Pengumpulan data dilakukan melalui dua tahap, yaitu pelaksanaan *pre-test*

sebelum penerapan media simulasi Wokwi dan *post-test* setelah proses pembelajaran selesai. Selain itu, pada akhir pembelajaran juga diberikan angket respon mahasiswa untuk mengetahui tanggapan mahasiswa terhadap penggunaan media simulasi tersebut.

Data *pre-test* diikuti oleh 37 mahasiswa, sedangkan data *post-test* yang valid dan terisi lengkap sebanyak 36 mahasiswa. Instrumen tes diberikan melalui platform digital dengan materi yang mencakup sensor LDR, sensor ultrasonik HC-SR04, pemrograman Arduino, pembacaan data sensor, serta analisis simulasi rangkaian.



Gambar 1. Pengambil Data Pada Mahasiswa.

Gambar 1 menunjukkan proses pengambilan data penelitian yang dilakukan pada mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Elektro Universitas Negeri Medan. Pada tahap ini, mahasiswa mengikuti kegiatan *pre-test* dan *post-test* serta melakukan pembelajaran menggunakan media simulasi Wokwi pada mata kuliah Sensor dan Transduser. Pengambilan data dilakukan secara langsung di ruang pembelajaran dengan menggunakan perangkat laptop yang terhubung ke platform simulasi Wokwi. Mahasiswa melakukan simulasi rangkaian sensor, pemrograman Arduino, serta pengujian sistem secara virtual. Proses ini bertujuan untuk memperoleh data hasil belajar mahasiswa sebelum dan sesudah penerapan media simulasi Wokwi.

Hasil Penelitian

Deskripsi Nilai Pre-test dan Post-test

Deskripsi nilai *pre-test* dan *post-test* digunakan untuk mengetahui gambaran umum hasil belajar mahasiswa sebelum dan sesudah penerapan media simulasi Wokwi. Analisis deskriptif meliputi jumlah responden, nilai rata-rata, nilai tertinggi, dan nilai terendah. Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh statistik deskriptif sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistik Deskriptif Nilai Pre-test dan Post-test.

No	Keterangan	Pre-test	Post-test
1	Jumlah Responden	37	36
2	Nilai Rata-rata	63,78	94,72
3	Nilai Tertinggi	100	100
4	Nilai Terendah	40	80

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa nilai rata-rata mahasiswa mengalami peningkatan dari 63,78 menjadi 94,72. Nilai terendah juga meningkat dari 40 menjadi 80, sedangkan nilai tertinggi tetap 100. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan mahasiswa setelah pembelajaran menggunakan media simulasi Wokwi mengalami peningkatan yang baik. Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai rata-rata adalah:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N} \quad (1)$$

Keterangan:

- \bar{X} = nilai rata-rata
- $\sum X$ = jumlah seluruh nilai mahasiswa
- N = jumlah responden

Rumus untuk menentukan nilai tertinggi dan nilai terendah:

$$X_{maks} = \max (X_i), X_{min} = \min (X_i) \quad (2)$$

Keterangan:

- X_{maks} = nilai tertinggi
- X_{min} = nilai terendah
- X_i = data nilai mahasiswa ke-i

Substitusi nilai rata-rata berdasarkan data penelitian:

$$\bar{X}_{pre} = 63.78; \bar{X}_{post} = 94.72$$

Dengan demikian, hasil analisis deskriptif menunjukkan bahwa nilai *post-test* lebih tinggi dibandingkan nilai *pre-test*, sehingga dapat diindikasikan bahwa penggunaan media simulasi Wokwi memberikan dampak positif terhadap hasil belajar mahasiswa.

Peningkatan Hasil Belajar Mahasiswa

Peningkatan hasil belajar mahasiswa dapat diketahui melalui perbandingan nilai rata-rata *pre-test* dan *post-test*. Berdasarkan hasil penelitian, nilai rata-rata *pre-test* sebesar 63,78, sedangkan nilai rata-rata *post-test* sebesar 94,72. Data tersebut menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar setelah penerapan media simulasi Wokwi.

Tabel 2. Peningkatan Nilai Rata-rata Hasil Belajar Mahasiswa.

No	Uraian	Nilai
1	Rata-rata Pre-test	63,78
2	Rata-rata Post-test	94,72
3	Selisih Peningkatan	30,94

Berdasarkan Tabel 2, selisih peningkatan nilai rata-rata mahasiswa sebesar 30,94 poin.

Rumus yang digunakan untuk menghitung peningkatan nilai rata-rata adalah:

$$\Delta X = \bar{X}_{post} - \bar{X}_{pre} \quad (3)$$

Keterangan:

- ΔX = peningkatan hasil belajar
- \bar{X}_{post} = rata-rata nilai post-test
- \bar{X}_{pre} = rata-rata nilai pre-test

Substitusi nilai:

$$\Delta X = 94.72 - 63.78 = 30.94$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa terjadi peningkatan hasil belajar mahasiswa sebesar 30,94 poin setelah menggunakan media simulasi Wokwi. Hal ini menunjukkan bahwa media simulasi Wokwi memberikan pengaruh positif terhadap pemahaman mahasiswa pada mata kuliah Sensor dan Transduser.

Hasil Angket Respon Mahasiswa

Berdasarkan hasil angket, sebagian besar mahasiswa memberikan tanggapan positif terhadap penggunaan media simulasi Wokwi. Mahasiswa menyatakan bahwa simulasi membantu memahami konsep sensor lebih cepat, meningkatkan keberanian mencoba rangkaian tanpa takut merusak komponen, serta membuat mahasiswa lebih siap melakukan praktikum menggunakan alat asli. Secara umum, mahasiswa menilai bahwa pembelajaran menggunakan Wokwi lebih menarik, interaktif, dan memudahkan praktik mandiri di luar laboratorium.

Pembahasan

Pengaruh Media Simulasi terhadap Hasil Belajar

Tabel 3. Pengaruh Media Simulasi Wokwi terhadap Hasil Belajar Mahasiswa.

No	Aspek Penilaian	Sebelum Menggunakan Wokwi (Pre-test)	Sesudah Menggunakan Wokwi (Post-test)	Keterangan
1	Nilai rata-rata hasil belajar	63,78	94,72	Mengalami peningkatan
2	Pemahaman konsep sensor	Cukup	Sangat baik	Mahasiswa lebih mudah memahami konsep
3	Kemampuan memahami program Arduino	Rendah	Tinggi	Mahasiswa mampu membuat dan memperbaiki program

4	Pemahaman rangkaian elektronik	Kurang optimal	Lebih baik	Simulasi membantu visualisasi rangkaian
5	Keaktifan mahasiswa dalam pembelajaran	Cukup aktif	Sangat aktif	Mahasiswa lebih terlibat dalam praktik
6	Kemandirian belajar	Rendah	Meningkat	Mahasiswa dapat belajar mandiri melalui simulasi

Berdasarkan Tabel 3, penggunaan media simulasi Wokwi memberikan pengaruh positif terhadap hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah Sensor dan Transduser. Peningkatan terlihat dari nilai rata-rata mahasiswa yang mengalami kenaikan dari 63,78 pada pre-test menjadi 94,72 pada post-test. Selain itu, mahasiswa juga menunjukkan peningkatan dalam memahami konsep sensor, logika pemrograman Arduino, serta perancangan rangkaian elektronik. Media simulasi Wokwi membantu mahasiswa memahami materi secara lebih konkret karena proses kerja sensor dan keluaran sistem dapat diamati secara langsung melalui simulasi. Mahasiswa juga dapat melakukan percobaan berulang, memperbaiki kesalahan program, dan menguji rangkaian tanpa takut merusak komponen elektronik. Kondisi tersebut membuat proses pembelajaran menjadi lebih interaktif, efektif, dan mendorong mahasiswa untuk belajar secara mandiri.

Kesesuaian dengan Penelitian Sebelumnya

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan media simulasi Wokwi mampu meningkatkan hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah Sensor dan Transduser. Peningkatan tersebut terlihat dari kenaikan nilai rata-rata mahasiswa setelah proses pembelajaran menggunakan media simulasi digital. Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penggunaan media simulasi berbasis virtual laboratory dapat meningkatkan pemahaman konsep, motivasi belajar, serta keterampilan praktik mahasiswa pada bidang teknik dan sains. Pembelajaran berbasis simulasi memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk melakukan eksplorasi, pengujian rangkaian, dan percobaan secara mandiri sehingga proses belajar menjadi lebih aktif dan bermakna.

Penelitian ini juga mendukung hasil penelitian terdahulu yang menyebutkan bahwa Wokwi efektif digunakan dalam pembelajaran mikrokontroler dan elektronika karena mampu menampilkan simulasi rangkaian serta hasil program secara real-time. Melalui simulasi tersebut, mahasiswa dapat memahami hubungan antara perangkat keras dan perangkat lunak dengan lebih mudah dibandingkan pembelajaran konvensional yang hanya berfokus pada teori. Selain itu, mahasiswa dapat melakukan trial and error tanpa takut merusak komponen elektronik, sehingga meningkatkan keberanian dan minat belajar selama proses praktikum berlangsung.

Kesesuaian hasil penelitian ini dengan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa media simulasi digital memiliki kontribusi positif terhadap peningkatan kualitas pembelajaran di bidang teknik elektro. Penggunaan Wokwi terbukti mampu menciptakan pembelajaran yang lebih interaktif, fleksibel, dan berorientasi pada praktik. Dengan demikian, penelitian ini memperkuat temuan-temuan sebelumnya bahwa pemanfaatan teknologi simulasi dapat menjadi alternatif media pembelajaran yang efektif untuk mendukung pembelajaran praktikum di perguruan tinggi, khususnya pada mata kuliah yang membutuhkan integrasi antara teori dan praktik.

Implikasi Penelitian

Penelitian ini memberikan implikasi penting baik secara teoritis maupun praktis dalam pengembangan pembelajaran berbasis teknologi di pendidikan teknik elektro. Secara teoritis, hasil penelitian membuktikan bahwa penggunaan media simulasi digital seperti Wokwi mampu meningkatkan hasil belajar mahasiswa karena proses pembelajaran menjadi lebih interaktif, kontekstual, dan berorientasi pada praktik langsung. Mahasiswa tidak hanya memahami konsep secara teoritis, tetapi juga mampu melihat implementasi kerja sensor dan sistem mikrokontroler melalui simulasi secara real-time. Temuan ini memperkuat teori pembelajaran konstruktivistik yang menekankan bahwa pemahaman konsep akan lebih efektif apabila mahasiswa terlibat langsung dalam proses eksplorasi, percobaan, dan pemecahan masalah secara mandiri.

Secara praktis, penggunaan Wokwi dapat menjadi solusi alternatif terhadap berbagai kendala pembelajaran praktikum, seperti keterbatasan alat laboratorium, tingginya biaya pengadaan komponen elektronik, keterbatasan waktu penggunaan laboratorium, serta risiko kerusakan perangkat saat praktik berlangsung. Dengan adanya simulasi virtual, mahasiswa tetap dapat melakukan eksperimen, pengujian program, dan perancangan rangkaian elektronik tanpa harus selalu menggunakan perangkat keras fisik. Hal ini membuat proses pembelajaran menjadi lebih fleksibel karena dapat dilakukan kapan saja dan di mana saja melalui perangkat komputer maupun laptop yang terhubung dengan internet. Selain itu, penerapan Wokwi juga memberikan dampak positif terhadap peningkatan keterampilan abad ke-21 mahasiswa, seperti kemampuan berpikir kritis, problem solving, kreativitas, dan kemandirian belajar. Mahasiswa dapat melakukan trial and error secara langsung, memperbaiki kesalahan program secara mandiri, serta mengembangkan proyek sederhana berbasis sensor dan mikrokontroler. Kondisi tersebut menjadikan pembelajaran lebih aktif dan berpusat pada mahasiswa (student centered learning), sehingga dosen berperan sebagai fasilitator dalam proses pembelajaran.

Implikasi lainnya adalah bahwa media simulasi Wokwi berpotensi diterapkan tidak hanya pada mata kuliah Sensor dan Transduser, tetapi juga pada mata kuliah lain yang berkaitan dengan praktikum elektronika dan sistem kendali, seperti Mikrokontroler, Sistem Otomasi, Instrumentasi, Embedded System, serta Internet of Things (IoT). Oleh karena itu, hasil penelitian ini dapat menjadi referensi bagi dosen maupun institusi pendidikan dalam mengembangkan model pembelajaran digital yang inovatif, efektif, dan sesuai dengan perkembangan teknologi pendidikan di era modern.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penggunaan media simulasi Wokwi pada mata kuliah Sensor dan Transduser terbukti mampu meningkatkan hasil belajar mahasiswa. Peningkatan tersebut terlihat dari nilai rata-rata mahasiswa yang meningkat dari 63,78 pada saat pre-test menjadi 94,72 pada saat post-test. Penggunaan media simulasi Wokwi membantu mahasiswa memahami konsep sensor, pemrograman Arduino, serta perancangan rangkaian elektronik secara lebih konkret melalui simulasi virtual yang interaktif dan real-time. Selain itu, media simulasi Wokwi juga meningkatkan keaktifan, kemandirian, dan minat belajar mahasiswa selama proses pembelajaran berlangsung.

Media simulasi Wokwi dapat dijadikan sebagai alternatif media pembelajaran yang efektif pada mata kuliah Sensor dan Transduser karena mampu mendukung pembelajaran praktikum secara fleksibel tanpa bergantung sepenuhnya pada perangkat keras fisik. Namun, penelitian ini masih memiliki keterbatasan karena hanya dilakukan pada satu kelas dengan jumlah responden terbatas serta materi pembelajaran yang masih berfokus pada beberapa jenis sensor tertentu. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk melibatkan jumlah sampel yang lebih besar, menerapkan media simulasi pada materi yang lebih beragam, serta mengombinasikan simulasi virtual dengan praktikum langsung menggunakan perangkat keras agar hasil pembelajaran menjadi lebih optimal dan komprehensif.

DAFTAR REFERENSI

- Arif, R., Dirja, C., Ilham, N., Sipahutar, E., & Budiansyah, A. (2025). *Penerapan Simulator Online Wokwi untuk Pembelajaran Mikrokontroler bagi Guru Smk Kabupaten Aceh Selatan*. 1–4.
- Ariyadi, A., Sumaedi, A., & Mardiansyah. (2024). *Simulasi Rancang Bangun Pengukuran Suhu dan Kelembaban Menggunakan Sensor DHT-22 dengan*. 02(1), 55–63.
- Asparuhova, K., Shehova, D., Asenov, S., Kanevski, H., & Parushev, A. (2024). *Using WOKWI Simulator to Support Engineering Student Learning in Microcontrollers And Sensors*. 3–6.
- Auliani, Q., Aditya, R., Saputra, M. D., Aldi, M., Pahlevi, B. R., & Aribowo, D. (2024). *Simulasi Sensor Parkir Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno dengan Sensor HC-SR04 Menggunakan Website Wokwi*. 3.
- Bond, M., Buntins, K., Bedenlier, S., Zawacki-richter, O., & Kerres, M. (2020). *Mapping research in student engagement and educational technology in higher education : a systematic evidence map*.
- Buwarda, S. (2024). *Utilization of ChatGPT in Design and Simulation of Arduino- Based Electronic Products via the Wokwi Platform*. 3(1), 16–21.
- Dewi, R., Risdianto, E., Negeri, S. M. K., & Lebong, R. (2024). *Development of Learning Media Based on Electrical Control Techniques Simulator to Improve Learning Achievement (Studies on Electrical Power Installation Engineering Subjects for Class XI Students at Rejang Lebong Vocational School)*. 3(2), 73–82.
- Faizah, N., Zamira, N., & Azrina, B. (2024). *LASI WOKWI DALAM PENGEMBANGAN MODUL LATIHAN KIT IOT UNTUK PEMBELAJARAN KURSUS INTERNET OF THINGS (IoT)*. 2024, 1–7.
- Jamlan, M., Yildiz, R., Boglou, A. K., Hazmi, Z., & Baharin, Z. (2024). *Utilization of Wokwi Technology as a Modern Electronics Learning Media*. 2(2). <https://doi.org/10.37251/jetlc.v2i2.1392>
- Maulia, A., Baihaqi, N., Faiz, N. F., Rizki, M., & Aribowo, D. (2024). *Simulasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Ruangan Menggunakan Arduino Uno dan DHT22 pada Wokwi*.
- Mutmainnah, A., & Rizky, Y. M. (2025). *Simulasi Sistem Pendeteksi Kebisingan dalam Ruangan Berbasis Sensor dengan Indikator Lampu LED*. 6(1).
- Najamuddin, F., Wahrini, R., & Suhaeb, S. (2023). *Pengembangan Modul Project Based Learning Mata Kuliah Sistem Sensor dan Tranduser*. 360–366.
- Ratnaya, I. G. (2024). *PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN TRAINER KIT SENSOR FISIKA DAN SENSOR KIMIA DI PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK*. 13, 99–108.
- Robertus, J., & Setiabudi, K. (2026). *Simulasi Numerik dan Implementasi Prototipe Sistem Pemantauan Suhu Tubuh Real-Time Berbasis ESP32-MQTT pada Simulator Wokwi*. 01.

- Sabara, E. (2022). *DESAIN DAN IMPLEMENTASI MEDIA PEMBELAJARAN MIKROKONTROLER DESIGN AND IMPLEMENTATION OF HYBRID LEARNING-BASED MICROCONTROLLER LEARNING MEDIA USING WOKWI SIMULATION*. 19(3), 186–193.
- Suhaeb, S., & Risal, A. (2024). *Pemanfaatan Wokwi Simulation untuk Pengujian Mikrokontroler Light Emitting Diode (LED) yang Efisien dan Akurat*. 8698, 1–8.
- Suwardika, A., Gede, I., Surya, M., & Pracasitaram, B. (2025). *Trainer Pembelajaran Berbasis Sensor Ultrasonik*. 14, 148–160.
- Wahab, A., Suherli, Z., Fitriati, R., Tinggi, S., Islam, A., & Majene, N. (2026). *The Use of Wokwi Learning Media Can Increase Science Learning Outcomes in Madrasah Ibtidaiyah* *Penggunaan Media Pembelajaran Wokwi Dapat Meningkatkan Hasil Belajar IPA Pada Siswa Madrasah Ibtidaiyah*. 2(1), 45–57.
- Wahyudi, F., Choirina, P., & Jannah, U. M. (2025). *Penerapan Teknologi Internet of Things(IoT) Berbasis Arduino: Pelatihan Praktis Menggunakan Wokwi sebagai Media Simulasi Virtual*. 5(4), 2590–2600.
- Wati, M., Arifin, Z., Firdaus, M. B., & Saragih, M. N. (2025). *Simulasi Mikrokontroler Arduino Berbasis Website Wokwi*. 8(April), 17–24.
- Widiyantoro, H., Mediaty, U., & Primadiyono, Y. (2014). *MEDIA PEMBELAJARAN SENSOR DAN TRANSDUSER PADA PROGRAM SEMARANG*. 3(1), 24–28.
- Zakaria, A., & Sucahyo, I. (2024). *Development of continuity principles tools based on the WOKWI simulator Arduino Uno sensor for dynamic fluids* *Development of continuity principles tools based on the WOKWI simulator Arduino Uno sensor for dynamic fluids*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2900/1/012014>
- Arif, R., Dirja, C., Ilham, N., Sipahutar, E., & Budiansyah, A. (2025). *Penerapan Simulator Online Wokwi untuk Pembelajaran Mikrokontroler bagi Guru Smk Kabupaten Aceh Selatan*. 1–4.
- Ariyadi, A., Sumaedi, A., & Mardiansyah. (2024). *Simulasi Rancang Bangun Pengukuran Suhu dan Kelembaban Menggunakan Sensor DHT-22 dengan*. 02(1), 55–63.
- Asparuhova, K., Shehova, D., Asenov, S., Kanevski, H., & Parushev, A. (2024). *Using WOKWI Simulator to Support Engineering Student Learning in Microcontrollers And Sensors*. 3–6.
- Auliani, Q., Aditya, R., Saputra, M. D., Aldi, M., Pahlevi, B. R., & Aribowo, D. (2024). *Simulasi Sensor Parkir Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno dengan Sensor HC-SR04 Menggunakan Website Wokwi*. 3.
- Bond, M., Buntins, K., Bedenlier, S., Zawacki-richter, O., & Kerres, M. (2020). *Mapping research in student engagement and educational technology in higher education : a systematic evidence map*.
- Buwarda, S. (2024). *Utilization of ChatGPT in Design and Simulation of Arduino- Based Electronic Products via the Wokwi Platform*. 3(1), 16–21.
- Dewi, R., Risdianto, E., Negeri, S. M. K., & Lebong, R. (2024). *Development of Learning Media Based on Electrical Control Techniques Simulator to Improve Learning Achievement (Studies on Electrical Power Installation Engineering Subjects for Class XI Students at Rejang Lebong Vocational School)*. 3(2), 73–82.

- Faizah, N., Zamira, N., & Azrina, B. (2024). *LASI WOKWI DALAM PENGEMBANGAN MODUL LATIHAN KIT IOT UNTUK PEMBELAJARAN KURSUS INTERNET OF THINGS (IoT)*. 2024, 1–7.
- Jamlan, M., Yildiz, R., Boglou, A. K., Hazmi, Z., & Baharin, Z. (2024). *Utilization of Wokwi Technology as a Modern Electronics Learning Media*. 2(2). <https://doi.org/10.37251/jetlc.v2i2.1392>
- Maulia, A., Baihaqi, N., Faiz, N. F., Rizki, M., & Aribowo, D. (2024). *Simulasi Pengukuran Suhu dan Kelembaban Ruangan Menggunakan Arduino Uno dan DHT22 pada Wokwi*.
- Mutmainnah, A., & Rizky, Y. M. (2025). *Simulasi Sistem Pendeteksi Kebisingan dalam Ruangan Berbasis Sensor dengan Indikator Lampu LED*. 6(1).
- Najamuddin, F., Wahriani, R., & Suhaeb, S. (2023). *Pengembangan Modul Project Based Learning Mata Kuliah Sistem Sensor dan Transduser*. 360–366.
- Ratnaya, I. G. (2024). *PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN TRAINER KIT SENSOR FISIKA DAN SENSOR KIMIA DI PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK*. 13, 99–108.
- Robertus, J., & Setiabudi, K. (2026). *Simulasi Numerik dan Implementasi Prototipe Sistem Pemantauan Suhu Tubuh Real-Time Berbasis ESP32-MQTT pada Simulator Wokwi*. 01.
- Sabara, E. (2022). *DESAIN DAN IMPLEMENTASI MEDIA PEMBELAJARAN MIKROKONTROLER DESIGN AND IMPLEMENTATION OF HYBRID LEARNING-BASED MICROCONTROLLER LEARNING MEDIA USING WOKWI SIMULATION*. 19(3), 186–193.
- Suhaeb, S., & Risal, A. (2024). *Pemanfaatan Wokwi Simulation untuk Pengujian Mikrokontroler Light Emitting Diode (LED) yang Efisien dan Akurat*. 8698, 1–8.
- Suwardika, A., Gede, I., Surya, M., & Pracasitaram, B. (2025). *Trainer Pembelajaran Berbasis Sensor Ultrasonik*. 14, 148–160.
- Wahab, A., Suherli, Z., Fitriati, R., Tinggi, S., Islam, A., & Majene, N. (2026). *The Use of Wokwi Learning Media Can Increase Science Learning Outcomes in Madrasah Ibtidaiyah Students Penggunaan Media Pembelajaran Wokwi Dapat Meningkatkan Hasil Belajar IPA Pada Siswa Madrasah Ibtidaiyah*. 2(1), 45–57.
- Wahyudi, F., Choirina, P., & Jannah, U. M. (2025). *Penerapan Teknologi Internet of Things(IoT) Berbasis Arduino: Pelatihan Praktis Menggunakan Wokwi sebagai Media Simulasi Virtual*. 5(4), 2590–2600.
- Wati, M., Arifin, Z., Firdaus, M. B., & Saragih, M. N. (2025). *Simulasi Mikrokontroler Arduino Berbasis Website Wokwi*. 8(April), 17–24.
- Widiyantoro, H., Mediaty, U., & Primadiyono, Y. (2014). *MEDIA PEMBELAJARAN SENSOR DAN TRANSDUSER PADA PROGRAM SEMARANG*. 3(1), 24–28.
- Zakaria, A., & Sucahyo, I. (2024). *Development of continuity principles tools based on the WOKWI simulator Arduino Uno sensor for dynamic fluids Development of continuity principles tools based on the WOKWI simulator Arduino Uno sensor for dynamic fluids*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2900/1/012014>