

Penerapan Sensor dengan Arduino untuk Solusi Elektronika Terintegrasi

Riskawati ^{1*}, Yulianti Yusal ²

^{1, 2} Universitas Negeri Makassar, Indonesia

* riskawati@unm.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mensimulasikan sistem sensor berbasis Arduino sebagai solusi elektronika terintegrasi menggunakan platform Tinkercad Circuits. Rancangan ini menggabungkan sensor PIR untuk deteksi gerakan dan sensor suhu LM35 untuk pemantauan kondisi lingkungan, dengan LED dan buzzer sebagai indikator otomatis. Simulasi digital digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem, keakuratan logika program, dan respon keluaran terhadap variasi kondisi lingkungan. Penelitian ini menerapkan pendekatan *design-based research* yang menitikberatkan pada perancangan, visualisasi, serta pengujian konseptual sistem multi-sensor tanpa implementasi fisik. Data dikumpulkan melalui hasil simulasi, observasi perilaku komponen virtual, serta pembacaan data pada *Serial Monitor*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem mampu berfungsi secara konsisten, dengan LED dan buzzer aktif ketika suhu melebihi ambang batas atau saat gerakan terdeteksi. Penelitian ini menunjukkan bahwa Tinkercad dapat digunakan sebagai media pembelajaran dan pengembangan sistem elektronika berbasis mikrokontroler secara virtual. Meskipun penelitian ini masih bersifat rancangan simulatif, hasilnya memberikan dasar konseptual untuk pengembangan prototipe fisik dan pembelajaran berbasis teknologi di masa mendatang.

Keywords: Arduino, Sensor, Integrasi Elektronik, Sistem Monitoring

Pendahuluan

Perkembangan teknologi mikrokontroler dan sistem sensor telah memberikan peluang besar bagi dunia pendidikan dan pengembangan sistem elektronika modern. Dalam konteks pembelajaran fisika dan elektronika dasar, keberadaan sensor memungkinkan pengukuran fenomena alam seperti suhu, gerak, cahaya, dan kelembapan secara real-time sehingga konsep-konsep fisika yang abstrak dapat divisualisasikan secara lebih konkret (Putri et al., 2024). Mikrokontroler Arduino, sebagai *platform open-source*, telah menjadi sarana yang sangat populer dalam pembelajaran dan pengembangan proyek elektronika karena kemudahan pemrogramannya, fleksibilitas integrasi sensor, dan biaya yang terjangkau (Chaudry, 2020; García-Tudela & Marín-Marín, 2023; Kondaveeti et al., 2021).

Pendekatan simulatif seperti Tinkercad memungkinkan rancangan sistem diuji secara virtual tanpa memerlukan komponen fisik, sehingga memberikan ruang eksplorasi yang aman, efisien, dan edukatif bagi pelajar maupun peneliti pemula di bidang elektronika. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Arduino dan beragam sensor dalam pembelajaran mampu meningkatkan interaktivitas serta pemahaman peserta didik terhadap konsep-konsep sains (Chaudry, 2020; García-Tudela & Marín-Marín, 2023). Penggunaan teknologi berbasis sensor dalam eksperimen fisika juga terbukti efektif dalam

meningkatkan akurasi pengukuran dan memfasilitasi pemahaman konsep. Misalnya, sistem pengukuran berbasis sensor ultrasonik HC-SR04 mampu menentukan konstanta pegas dengan tingkat kesalahan relatif hanya sekitar 6% (Erol & Oğur, 2023), sedangkan perangkat eksperimen berbasis proximity sensor inframerah dapat menghasilkan akurasi pengukuran gerak harmonik hingga lebih dari 99% (Mulyadi et al., 2024). Selain itu, alat praktikum GLBB berbasis Arduino Nano juga terbukti menghasilkan hubungan waktu–sudut dan waktu–jarak yang konsisten dengan teori (Maryani et al., 2023).

Temuan-temuan ini menegaskan bahwa integrasi mikrokontroler dan sensor dalam pembelajaran fisika memberikan dukungan empiris yang kuat terhadap efektivitas teknologi dalam eksperimen mekanika maupun fenomena fisika lainnya. Pemanfaatan sensor berbasis mikrokontroler terbukti efektif membantu siswa memvisualisasikan besaran fisika yang sulit diamati secara langsung (Guven et al., 2022). Misalnya, penggunaan sensor jarak ultrasonik dan sistem akuisisi data berbasis Arduino mampu menggambarkan karakteristik percepatan dan gerak harmonik sederhana dengan akurasi tinggi, sehingga pemahaman konsep hukum-hukum Newton dapat diperoleh secara lebih konkret melalui analisis data *real-time* (Erol & Oğur, 2023; Mulyadi et al., 2024). Integrasi sensor dalam berbagai proyek berbasis Arduino juga membuka peluang penerapan pembelajaran berbasis inkuiri dan proyek, di mana siswa dapat merancang sistem pendeteksi gerak atau aplikasi robotika pendidikan yang interaktif dan kontekstual, yang terbukti meningkatkan motivasi dan kreativitas belajar (Güven et al., 2022; Riskawati et al., 2025).

Selain itu, pemanfaatan Arduino sebagai alat pemantauan variabel fisika seperti suhu dan perubahan lingkungan memungkinkan penyajian data secara kontinu dan *real-time*, serta mendukung kegiatan eksperimen mandiri dengan biaya rendah dan efisiensi tinggi, termasuk melalui penggunaan sensor sederhana yang dapat dioperasikan di rumah maupun dalam pembelajaran daring (Wijaya et al., 2024; Souza, 2024). Tren terkini memperlihatkan peningkatan signifikan dalam pemanfaatan platform simulasi digital seperti Tinkercad sebagai media pembelajaran elektronika dan mikrokontroler yang interaktif serta mudah diakses (Riskawati, 2025). Lingkungan simulasi virtual ini memungkinkan pengguna untuk merancang, memprogram, dan menguji sistem elektronik tanpa memerlukan perangkat fisik, sehingga mendukung proses pembelajaran yang lebih efisien, aman, dan fleksibel (Riskawati et al., 2025).

Sejalan dengan temuan sebelumnya, penggunaan perangkat dan platform berbasis teknologi digital termasuk mikrokontroler Arduino telah terbukti meningkatkan pemahaman konsep dasar elektronika, keterampilan pemecahan masalah, serta kemampuan berpikir kritis melalui pendekatan eksperimen berbasis simulasi (García-Tudela & Marín-Marín, 2023; Afa et al., 2023; Wijaya et al., 2024). Penerapan media simulasi ini sejalan dengan paradigma pembelajaran abad ke-21 yang menekankan literasi teknologi, kreativitas, serta kemampuan pemecahan masalah dalam konteks STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Tren ini juga diperkuat oleh temuan García-Tudela & Marín-Marín (2023), yang menunjukkan bahwa penggunaan Arduino dalam pembelajaran berbasis inkuiri dan pemecahan masalah terus meningkat secara signifikan di berbagai jenjang pendidikan.

Meskipun sejumlah penelitian telah mengkaji penerapan Arduino dan sensor dalam pembelajaran maupun otomasi, sebagian besar studi tersebut masih berfokus pada penggunaan perangkat keras fisik secara langsung dalam kegiatan eksperimen (López-

Belmonte et al., 2020; Kondaveeti et al., 2021). Kesenjangan penelitian (*research gap*) muncul karena masih terbatasnya kajian mengenai pengembangan dan pengujian sistem terintegrasi berbasis simulasi digital yang dapat berfungsi sebagai model konseptual sebelum implementasi fisik. Selain itu, belum banyak penelitian yang secara eksplisit menelaah bagaimana rancangan sistem multi-sensor dalam lingkungan virtual dapat dimanfaatkan sebagai media pembelajaran interaktif untuk memahami prinsip-prinsip dasar elektronika dan pemrograman. Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mensimulasikan sistem sensor terintegrasi berbasis Arduino menggunakan Tinkercad, yang menggabungkan sensor PIR untuk deteksi gerakan dan sensor suhu untuk pemantauan kondisi lingkungan.

Sistem ini dirancang untuk memberikan respons otomatis berupa aktivasi LED dan buzzer ketika kondisi tertentu terdeteksi. Pertanyaan utama penelitian ini adalah: (1) bagaimana rancangan sistem multi-sensor berbasis Arduino dapat disimulasikan secara efektif dalam Tinkercad untuk menggambarkan proses deteksi dan respons otomatis, dan (2) bagaimana rancangan tersebut dapat berfungsi sebagai media pembelajaran interaktif dalam memahami konsep elektronika dan kontrol berbasis mikrokontroler. Kebaruan penelitian ini (*novelty*) terletak pada pengembangan rancangan sistem elektronika terintegrasi secara virtual yang berfungsi sebagai model konseptual pembelajaran dan dasar pengembangan prototipe fisik di tahap berikutnya. Penelitian ini diharapkan dapat berkontribusi terhadap penguatan pembelajaran berbasis teknologi, khususnya dalam bidang elektronika dan otomasi, melalui pemanfaatan simulasi digital yang efisien, fleksibel, dan ekonomis.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian berbasis rancangan (*design-based research*) dengan fokus pada pembuatan dan pengujian simulatif sistem sensor terintegrasi berbasis Arduino melalui platform *Tinkercad Circuits*. Pendekatan ini dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu merancang, memvisualisasikan, dan mengevaluasi kinerja konseptual sistem multi-sensor tanpa memerlukan implementasi fisik secara langsung. Metode rancangan ini memungkinkan peneliti untuk mengeksplorasi integrasi berbagai sensor dan komponen elektronik secara aman, efisien, dan fleksibel, serta memastikan bahwa setiap elemen sistem berfungsi secara sinergis dalam lingkungan simulasi (Nurhanafi et al., 2024; Khotimah et al., 2024).

Objek penelitian ini adalah rancangan sistem sensor terintegrasi yang menggabungkan beberapa komponen utama, yaitu sensor PIR (*Passive Infrared*) untuk mendeteksi gerakan, sensor suhu (LM35) untuk memantau kondisi termal, serta LED dan buzzer sebagai indikator visual dan suara. Semua komponen dihubungkan dan disimulasikan menggunakan Arduino Uno R3 sebagai pusat kendali data dan logika sistem. Pemilihan komponen didasarkan pada ketersediaan di lingkungan simulasi Tinkercad serta kemampuannya merepresentasikan sistem otomatisasi sederhana yang dapat diadaptasi untuk berbagai keperluan pembelajaran dan eksperimen dasar (Saputra & Putra, 2020; Laumal et al., 2017).

Tahapan perancangan dimulai dengan membuat skematik rangkaian di Tinkercad, di mana setiap sensor dihubungkan ke pin input/output yang sesuai pada Arduino Uno. Sensor PIR dihubungkan pada pin digital (misalnya D2), sedangkan sensor suhu LM35 pada pin analog (misalnya A0). LED dan buzzer disambungkan ke pin digital lainnya (misalnya D8

dan D9) untuk menerima sinyal keluaran dari Arduino. Setelah skematik selesai, langkah berikutnya adalah menyusun kode program Arduino IDE secara langsung di lingkungan Tinkercad. Kode tersebut memuat logika deteksi dan respon sistem, seperti aktivasi LED dan buzzer ketika gerakan atau suhu melebihi ambang batas yang ditentukan. Seluruh kode ditulis menggunakan sintaks dasar bahasa pemrograman C/C++, dengan fungsi *digitalRead()*, *analogRead()*, *digitalWrite()*, dan *delay()* untuk mengatur proses *input-output* secara *real-time* (Helbling & Guyer, 2016; Arief et al., 2023).

Data dikumpulkan melalui hasil simulasi berupa tampilan Serial Monitor dan observasi visual terhadap perilaku komponen virtual di Tinkercad. Nilai sensor PIR diamati melalui sinyal digital (HIGH/LOW), sementara sensor suhu menghasilkan data analog yang ditampilkan dalam bentuk perubahan nilai tegangan dan dikonversi ke suhu (°C) menggunakan rumus sederhana bawaan Arduino IDE. Respon sistem terhadap input sensor seperti aktivasi LED dan buzzer dicatat untuk memastikan keakuratan logika dan validitas rancangan. Pengumpulan data dilakukan secara deskriptif dengan mencatat pola respon sistem pada berbagai kondisi input yang divariasikan dalam simulasi (Saputra & Putra, 2020; Waluyo & Widodo, 2019).

Analisis data dilakukan secara kualitatif-deskriptif dengan menilai konsistensi antara rancangan logika program, respon komponen, dan hasil simulasi. Analisis difokuskan pada dua aspek utama, yaitu (1) fungsionalitas sistem, yang mencakup kesesuaian antara kondisi input sensor dan respon output sistem; serta (2) validitas rancangan, yang dilihat dari kemampuan simulasi merepresentasikan kondisi nyata secara konseptual. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk menilai kelayakan rancangan sebelum tahap implementasi fisik dilakukan (García-Tudela & Marín-Marín, 2023).

Keunggulan penggunaan simulasi Tinkercad dalam penelitian ini adalah kemampuannya mereplikasi perilaku rangkaian elektronika dengan akurasi tinggi tanpa risiko kerusakan komponen dan tanpa biaya tambahan untuk perangkat keras. Selain itu, metode ini mendukung pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) dengan memberikan kesempatan kepada pengguna untuk mengamati, memodifikasi, dan mengevaluasi hasil rancangan mereka secara interaktif (Khotimah et al., 2024; Apriyanto, 2025). Dengan demikian, metode penelitian berbasis rancangan ini tidak hanya relevan untuk menjawab pertanyaan penelitian, tetapi juga memberikan kontribusi terhadap pengembangan model simulasi elektronika yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran interaktif dan sarana eksplorasi awal sebelum implementasi sistem fisik yang sebenarnya.

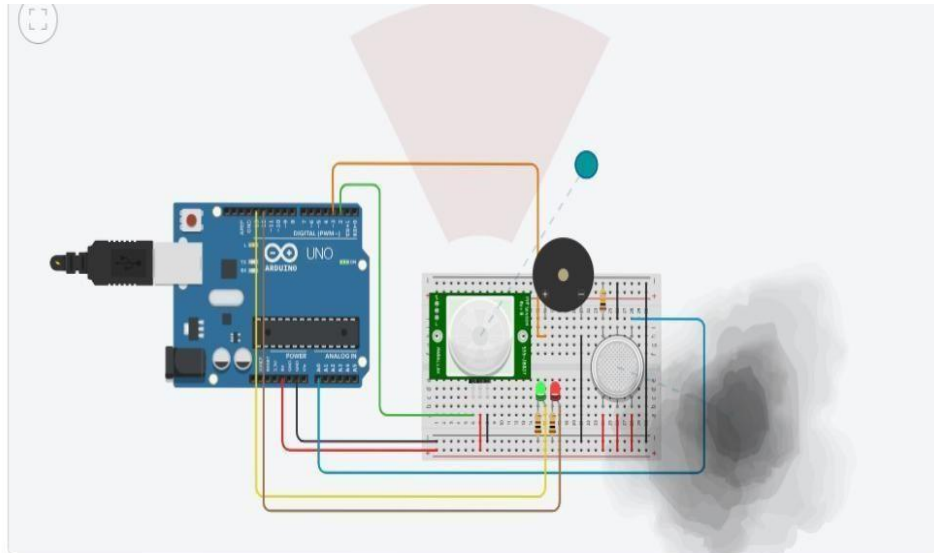
Hasil

Desain Rancangan Sistem di Tinkercad

Rancangan sistem sensor berbasis Arduino dibuat menggunakan Tinkercad Circuits dengan tujuan untuk mensimulasikan interaksi antara sensor PIR, sensor suhu LM35, LED, dan buzzer dalam satu sistem terintegrasi. Arduino Uno R3 berfungsi sebagai pusat kendali, yang menerima sinyal input dari sensor dan menghasilkan output berupa aktivasi LED serta buzzer. Rancangan sirkuit terdiri atas empat komponen utama, antara lain: sensor PIR terhubung pada pin digital D2 untuk deteksi gerakan, sensor suhu LM35 terhubung pada pin analog A0, LED terhubung pada pin D8, dan buzzer pada pin D9.

Program disusun langsung pada editor Arduino di dalam Tinkercad menggunakan bahasa pemrograman C/C++. Struktur logika program mencakup pembacaan nilai sensor

suhu menggunakan fungsi *analogRead()* dan pembacaan status gerakan dari sensor PIR menggunakan *digitalRead()*. Output dari kedua sensor diolah oleh Arduino untuk menentukan kondisi sistem: apabila gerakan terdeteksi atau suhu melebihi ambang batas (misalnya 30°C), maka LED dan buzzer akan aktif secara bersamaan. Gambar 1 memperlihatkan hasil rancangan sistem yang disimulasikan pada Tinkercad Circuits, yang menunjukkan hubungan antar-komponen dan tampilan visual sistem ketika dijalankan.



Gambar 1. Rancangan sistem sensor terintegrasi berbasis Arduino pada Tinkercad Circuits

Prinsip kerja sirkuit deteksi asap berbasis sensor fotokonduktivitas dimulai ketika partikel asap memasuki sensor dan menghambat cahaya inframerah yang dipancarkan oleh sumber cahaya internal, menyebabkan perubahan resistansi pada sensor. Perubahan resistansi ini kemudian terdeteksi oleh mikrokontroler Arduino Uno sebagai sinyal input, yang diproses sesuai dengan program yang telah dibuat. Berdasarkan hasil deteksi, jika keberadaan asap terkonfirmasi, Arduino memberikan perintah untuk mengaktifkan buzzer sebagai output dari sistem. Bunyi buzzer berfungsi sebagai indikator adanya deteksi asap.

Konsep fisika yang mendasari sistem ini meliputi fotokonduktivitas, di mana resistansi sensor berubah akibat penghambatan cahaya inframerah oleh partikel asap, yang dijelaskan dalam penelitian tentang prinsip kerja sensor asap berbasis fotokonduktivitas (Smith, 2021). Selain itu, prinsip-prinsip dasar elektronika, termasuk tegangan, arus, dan logika digital, juga berperan penting dalam sistem ini, sebagaimana dibahas dalam buku mengenai konsep dasar elektronika untuk mikrokontroler (Gupta, 2019). Aspek optik, di mana cahaya inframerah digunakan untuk mendeteksi partikel asap melalui perubahan resistansi pada fotodioda, turut berkontribusi pada kerja sensor, seperti yang dijelaskan dalam penelitian tentang aplikasi optik dalam sensor asap (Turner, 2020).

Hasil Simulasi Sensor PIR dan Respon Sistem

Simulasi pertama dilakukan untuk menguji kinerja sensor PIR dalam mendeteksi gerakan objek di depan sensor. Sensor PIR diatur untuk mendeteksi perubahan inframerah pasif yang dihasilkan oleh tubuh manusia. Ketika objek bergerak melewati area deteksi, sensor memberikan sinyal digital HIGH ke Arduino. Hasil simulasi menunjukkan bahwa setiap kali gerakan terdeteksi, LED dan buzzer aktif secara bersamaan, sedangkan pada kondisi tanpa gerakan keduanya dalam keadaan OFF. Tabel 1 berikut menyajikan data sederhana hasil simulasi dalam tiga kali pengujian berbeda.

Tabel 1. Hasil Simulasi Sensor PIR dan Respon Sistem

Kondisi Uji	Status Sensor PIR	Status LED	Status Buzzer
Tidak ada gerakan	LOW (0)	Mati (OFF)	Tidak bunyi
Gerakan terdeteksi (uji 1)	HIGH (1)	Nyala (ON)	Aktif (bunyi)
Gerakan terdeteksi (uji 2)	HIGH (1)	Nyala (ON)	Aktif (bunyi)
Tidak ada gerakan	LOW (0)	Mati (OFF)	Tidak bunyi

Hasil simulasi pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa sistem mampu merespons secara konsisten terhadap input dari sensor PIR. Tidak ditemukan keterlambatan (*delay*) signifikan antara deteksi gerakan dan aktivasi komponen output pada Tinkercad.

Hasil Simulasi Sensor Suhu LM35

Simulasi kedua dilakukan untuk menguji kinerja sensor suhu LM35 dalam memantau perubahan temperatur di lingkungan simulasi. Sensor LM35 menghasilkan tegangan analog yang sebanding dengan suhu, di mana setiap kenaikan 10 mV merepresentasikan kenaikan 1°C. Nilai keluaran dibaca oleh Arduino melalui pin analog dan dikonversi menggunakan persamaan bawaan $temperature = (analogValue * 5.0 * 100) / 1024$. Tabel 2 berikut menunjukkan hasil simulasi sederhana untuk tiga kondisi suhu berbeda dalam sistem.

Tabel 2. Hasil Simulasi Sensor Suhu LM35 dan Respon Sistem

Kondisi Uji	Nilai Analog (Ao)	Suhu Terbaca (°C)	Status LED	Status Buzzer
Lingkungan normal	300	24.5	Mati (OFF)	Tidak bunyi
Suhu meningkat	380	30.0	Nyala (ON)	Aktif (bunyi)
Suhu tinggi	420	33.1	Nyala (ON)	Aktif (bunyi)

Berdasarkan hasil simulasi, sistem secara otomatis mengaktifkan LED dan buzzer ketika suhu melebihi 30°C. Hal ini menunjukkan bahwa program logika yang diimplementasikan di Arduino IDE bekerja sesuai rancangan.

Integrasi Sistem Multi-Sensor

Tahap terakhir simulasi dilakukan untuk menguji sistem secara terpadu, yaitu dengan menggabungkan sensor PIR dan LM35 dalam satu rangkaian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat merespons baik terhadap sinyal dari kedua sensor secara simultan. Ketika gerakan terdeteksi pada saat suhu juga berada di atas ambang batas, LED dan buzzer tetap aktif tanpa terjadi konflik instruksi pada mikrokontroler. Data yang diperoleh dari Serial Monitor menunjukkan pembacaan suhu dan status gerakan secara real-time, yang diperbarui setiap 500 milidetik. Hal ini mengonfirmasi bahwa komunikasi antara sensor dan mikrokontroler berjalan normal dalam lingkungan simulasi.

Ringkasan Hasil Rancangan dan Simulasi

Secara keseluruhan, hasil rancangan sistem menunjukkan bahwa setiap komponen dalam simulasi Tinkercad bekerja sesuai fungsi yang diharapkan. Sistem anatar lain dapat mendeteksi gerakan melalui sensor PIR dan memberikan respon otomatis, mengukur suhu lingkungan melalui sensor LM35 dan mengaktifkan output saat ambang batas tercapai, menjalankan kedua sensor secara simultan tanpa gangguan fungsi. Hasil ini menunjukkan bahwa rancangan sistem sensor terintegrasi berbasis Arduino dapat direalisasikan secara konseptual melalui simulasi digital Tinkercad, dan berpotensi dikembangkan menjadi prototipe fisik pada tahap selanjutnya.

Pembahasan

Analisis Fungsionalitas Sistem Simulasi

Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem rancangan yang dikembangkan di Tinkercad bekerja sesuai dengan logika yang dirancang dalam program Arduino IDE. Ketika sensor PIR mendeteksi gerakan, LED dan buzzer aktif secara bersamaan sebagai bentuk respon otomatis. Demikian pula, sensor suhu LM35 memberikan sinyal analog yang dikonversi dengan tepat oleh Arduino menjadi nilai suhu, dan memicu LED serta buzzer saat suhu melampaui ambang batas yang ditentukan.

Hal ini menunjukkan bahwa algoritma logika berbasis fungsi *digitalRead()* dan *analogRead()* berfungsi secara akurat dalam mendeteksi perubahan lingkungan virtual. Kinerja sistem multi-sensor juga memperlihatkan stabilitas logika pemrograman Arduino dalam menangani dua input berbeda secara simultan tanpa konflik instruksi. Respons waktu sistem terhadap input sensor PIR dan LM35 yang hampir instan menandakan bahwa simulasi ini berhasil mereplikasi perilaku sistem otomatisasi sederhana yang dapat digunakan untuk aplikasi seperti sistem peringatan dini, pengendalian suhu ruangan, atau pengawasan area terbatas. Temuan ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya yang menekankan pentingnya integrasi logika pemrograman sederhana dalam menghasilkan sistem sensor yang efisien dan adaptif (Saputra dan Putra, 2020 & Laumal et al., 2017).

Keterkaitan dengan Penelitian Sebelumnya

Secara konseptual, hasil rancangan ini konsisten dengan penelitian yang menegaskan bahwa integrasi sensor dalam sistem mikrokontroler dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran sains melalui visualisasi data dan pengalaman langsung (McLoughlin, 2019). Rancangan berbasis Tinkercad ini menguatkan gagasan tersebut dengan menampilkan bahwa interaksi antar-komponen elektronika dan hasil respon sistem dapat diamati secara real-time tanpa harus membangun perangkat fisik.

Temuan ini juga sejalan dengan penelitian yang menggunakan sensor ultrasonik dan inframerah untuk mengukur jarak dan waktu tempuh benda secara akurat (Siti et al., 2021), serta dengan hasil yang memanfaatkan Arduino untuk monitoring suhu dan kelembapan di laboratorium (Ribeiro et al., 2021). Dalam konteks pembelajaran, rancangan yang dikembangkan pada penelitian ini memiliki kesamaan prinsip yaitu menyediakan media interaktif untuk memahami konsep dasar elektronika dan sistem kontrol otomatis.

Penelitian ini juga mendukung temuan yang menekankan efektivitas Tinkercad sebagai media pembelajaran digital interaktif (Khotimah et al., 2024; Nurhanafi et al., 2024). Platform ini memungkinkan mahasiswa dan siswa untuk mempelajari sistem elektronika dengan risiko rendah, biaya minimal, dan fleksibilitas tinggi. Dengan demikian, rancangan simulatif ini bukan hanya bersifat teknis, tetapi juga memberikan kontribusi pedagogis terhadap pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning*) dalam bidang STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*).

Kelebihan dan Keterbatasan Sistem

Berdasarkan hasil rancangan, terdapat beberapa kelebihan yang dapat dicatat. Pertama, sistem berbasis simulasi ini memberikan efisiensi tinggi karena tidak memerlukan perangkat keras fisik, sehingga cocok digunakan dalam tahap awal perancangan atau pembelajaran di lingkungan pendidikan dengan keterbatasan fasilitas. Kedua, sistem ini

mudah dimodifikasi; pengguna dapat menambahkan atau mengganti jenis sensor lain seperti sensor cahaya (LDR) atau sensor gas tanpa perlu menyusun ulang rangkaian secara fisik. Ketiga, hasil simulasi menunjukkan keakuratan logika pemrograman yang tinggi, dengan respon sistem yang konsisten dan cepat terhadap perubahan kondisi input.

Keterbatasan utama dari penelitian ini terletak pada sifatnya yang masih berupa simulasi konseptual. Karena seluruh proses dilakukan secara virtual di Tinkercad, maka belum dapat dipastikan keakuratan performa sistem dalam kondisi nyata, terutama terkait dengan delay waktu aktual, kestabilan sinyal sensor, dan gangguan lingkungan fisik seperti noise listrik atau suhu lingkungan yang fluktuatif (Lestari et al., 2022). Selain itu, platform Tinkercad memiliki keterbatasan dalam mensimulasikan sensor-sensor yang kompleks, seperti sensor kelembapan DHT22 atau modul komunikasi nirkabel seperti WiFi dan Bluetooth. Keterbatasan tersebut memberikan peluang bagi penelitian lanjutan untuk melakukan realisasi fisik prototipe menggunakan perangkat keras sebenarnya. Dengan demikian, hasil simulasi yang diperoleh dapat divalidasi secara empiris untuk memastikan kesesuaian antara perilaku sistem virtual dan nyata.

Implikasi Pendidikan dan Teknologi

Penelitian ini memiliki implikasi penting baik dalam konteks pendidikan maupun pengembangan teknologi. Dari sisi pendidikan, rancangan sistem ini dapat digunakan sebagai media pembelajaran berbasis simulasi digital yang membantu siswa memahami hubungan antara perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) dalam sistem kontrol elektronik. Melalui simulasi Tinkercad, siswa dapat belajar mengenai prinsip dasar elektronika seperti hukum Ohm, logika digital, pembacaan sinyal analog, serta konsep pemrograman mikrokontroler secara langsung. Hal ini sejalan dengan pandangan yang menyatakan bahwa penggunaan Arduino dalam pembelajaran dasar dapat meningkatkan literasi teknologi dan keterampilan berpikir komputasional (García-Tudela & Marín-Marín, 2023).

Pada sisi teknologi, penelitian ini menunjukkan bahwa *platform open-source* seperti Arduino dapat dikombinasikan dengan simulator digital untuk mengembangkan prototipe konseptual sistem otomatisasi yang fleksibel dan ekonomis. Sistem seperti ini berpotensi dikembangkan untuk berbagai aplikasi, mulai dari sistem keamanan sederhana, kontrol lingkungan, hingga pengembangan sistem *Internet of Things (IoT)* berbasis pendidikan. Dengan demikian, rancangan ini bukan hanya sekadar representasi simulatif, tetapi juga menjadi langkah awal menuju pengembangan model sistem elektronika terintegrasi yang dapat diimplementasikan secara nyata di masa mendatang, baik dalam konteks pendidikan maupun inovasi teknologi tepat guna.

Kesimpulan

Penelitian ini menghasilkan rancangan sistem sensor terintegrasi berbasis Arduino yang disimulasikan menggunakan Tinkercad Circuits sebagai media pembelajaran dan pengujian virtual. Sistem terdiri atas sensor PIR untuk deteksi gerakan dan sensor suhu LM35 untuk pemantauan suhu lingkungan, yang keduanya berfungsi sesuai rancangan. Dalam simulasi, LED dan buzzer aktif otomatis ketika sistem mendeteksi gerakan atau suhu melebihi ambang batas yang ditetapkan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa logika program dan integrasi multi-sensor berjalan stabil tanpa konflik instruksi, mencerminkan keandalan rancangan algoritmik serta kompatibilitas antarperangkat yang baik. Penelitian

ini membuktikan efektivitas Tinkercad sebagai media simulasi pembelajaran elektronika karena membantu pengguna memahami interaksi antara perangkat keras dan perangkat lunak secara aman dan efisien tanpa risiko kerusakan komponen fisik. Tahapan simulasi ini juga memberikan pengalaman pembelajaran berbasis eksperimen digital yang relevan dengan pembelajaran abad ke-21. Namun, penelitian masih terbatas pada simulasi virtual sehingga performa sistem dalam kondisi nyata belum dapat divalidasi. Secara konseptual, hasil penelitian ini memperluas pemahaman mengenai penerapan Arduino dan simulasi digital sebagai sarana pengembangan sistem otomatisasi dan model pembelajaran berbasis teknologi yang inovatif. Penelitian lanjutan disarankan untuk mewujudkan rancangan dalam bentuk prototipe fisik agar hasil simulasi dapat divalidasi secara empiris, serta mengembangkan sistem berbasis *Internet of Things (IoT)* dengan penambahan modul komunikasi nirkabel seperti WiFi atau Bluetooth. Model ini juga dapat diterapkan dalam pembelajaran STEM guna mengukur efektivitasnya terhadap peningkatan literasi teknologi dan kemampuan berpikir komputasional siswa. Berdasarkan hasil dan keterbatasan yang ditemukan, penelitian selanjutnya perlu melakukan pengujian sistem secara fisik menggunakan komponen nyata serta menambahkan fitur IoT seperti ESP8266 atau Bluetooth HC-05 untuk memungkinkan pemantauan data jarak jauh.

Acknowledgment

-

Daftar Pustaka

- Apriyanto, J. (2025). Pelatihan dan Pengenalan Elektronika Serta Dasar Koding Menggunakan Tinkercad di MAN Insan Cendekia Pekalongan. *TEKIBA: Jurnal Teknologi dan Pengabdian Masyarakat*, 5(2), 107-119. <https://doi.org/10.36526/tekiba.v5i2.5340>
- Arief, M., Kustiawan, E., Suwandi, S., & Royana, D. (2022). Perancangan Lampu Lalu Lintas Dengan Led Bicolor Menggunakan Arduino. *SUTET*, 12(2), 98-108. <https://doi.org/10.33322/sutet.v12i2.1851>
- Chaudry, A. M. (2020). Using Arduino Uno microcontroller to create interest in physics. *The Physics Teacher*, 58(6), 418-421. <https://doi.org/10.1119/10.0001841>
- Erol, M., & Oğur, M. (2023). Teaching large angle pendulum via Arduino based STEM education material. *Physics Education*, 58(4), 045001. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/accef4>
- García-Tudela, P. A., & Marín-Marín, J.-A. (2023). Use of Arduino in Primary Education: A Systematic Review. *Education Sciences*, 13 (2), 134. <https://doi.org/10.3390/educsci13020134>
- Guyen, G., Kozcu Cakir, N., Sulun, Y., Cetin, G., & Guven, E. (2022). Arduino-assisted Robotics Coding Applications Integrated Into The 5E Learning Model in Science Teaching. *Journal of Research on Technology in Education*, 54(1), 108-126. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1812136>
- Helbling, C., & Guyer, S. Z. (2016, September). Juniper: A Functional Reactive Programming Language For the Arduino. In *Proceedings of the 4th International*

- Workshop on Functional Art, Music, Modelling, and Design (pp. 8-16).
<https://doi.org/10.1145/2975980.2975982>
- Khotimah, C., Kartikawati, S., & Hardiyanto, D. (2024). Pengaruh media pembelajaran website tinkercad untuk meningkatkan kemampuan psikomotorik. *JUPITER (Jurnal Pendidikan Teknik Elektro)*, 9(1), 13-18. <https://doi.org/10.25273/jupiter.v9i1.19523>
- Kondaveeti, H. K., Kumaravelu, N. K., Vanambathina, S. D., Mathe, S. E., & Vappangi, S. (2021). A systematic literature review on prototyping with Arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. *Computer Science Review*, 40, 100364. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100364>
- López-Belmonte, J., Marín-Marín, J. A., Soler-Costa, R., & Moreno-Guerrero, A. J. (2020). Arduino advances in Web of Science: A scientific Mapping Of Literary Production. *IEEE Access*, 8, 128674–128682. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3008572>
- Maryani, M., Azizah, S. Y. N., Febrianty, W., Al Amri, H., Fuadiyah, T., Putri, M. K., & Subiki. (2023). Design and Development of A Physics Laboratory Tool Based on Arduino Nano Sensor For The Topic of Uniformly Accelerated Linear Motion (UALM). *International Journal of Educational Sciences and Development*, 1(1), 30–36. <https://doi.org/10.54099/ijesd.v1i1.615>
- Mulyadi, E., Asrizal, Amir, H., & Sari, M. B. (2024). Design and Construction Of A Mathematical Pendulum Harmonic Motion Experiment System Using Arduino-Based E18-D80NK proximity sensor. *Journal of Experimental and Applied Physics*, 2(3), 40–49. <https://doi.org/10.24036/jeap.v2i3.68>
- Nurhanafi, K., Zarkasi, A., Putri, E. R., Putri, D. R. P. S., Syahrir, S., & Ummah, A. R. (2025). Pelatihan Software Simulasi Elektronika Tinkercad Untuk Guru Fisika SMA Kota Samarinda dan Sekitarnya. *Mitra Mahajana: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(1), 48-54. <https://doi.org/10.37478/mahajana.v6i1.4935>
- Putri, A. J., Setiawan, M. A., & Putro, H. Y. S. (2024). Pendampingan Minat Bakat Tinkercad Coding Simulator Mengasah Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Untuk Penguatan Literasi Numerasi. *Jurnal Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat (JP2M)*, 5(3), 535-545. <https://doi.org/10.33474/jp2m.v5i3.21983>
- Riskawati, R. (2025). Desain dan Simulasi Sistem Remote Control IR menggunakan Arduino untuk Pembelajaran Elektronika Interaktif di Tinkercad. *Journal Artificial: Informatika Dan Sistem Informasi*, 3(1), 11–20. <https://doi.org/10.54065/artificial.523>
- Riskawati, R., Kurnia, F., Nursam, N., Noviyanti, N., Annisa, N., Aco, P. M. S., & Muliana, N. (2025). Desain Sistem Deteksi Password pada Keypad dan LCD dengan Arduino melalui Tinkercad untuk Pembelajaran Elektronika . *Journal Artificial: Informatika Dan Sistem Informasi*, 3(1), 69–78. <https://doi.org/10.54065/artificial.686>
- Riskawati, R., Melati, A. P., Thahir, N. F., Nock M, J., Padliani, I., & Winarti, W. (2025). Desain Sistem Monitoring Suhu Berbasis Arduino sebagai Media Pembelajaran Fisika. *Journal Artificial: Informatika Dan Sistem Informasi*, 3(2), 141–150. <https://doi.org/10.54065/artificial.685>
- Souza, S. S. F. de. (2024). Utilização da plataforma Arduino no processo de ensino/aprendizado de fundamentos de eletricidade na física. *Research, Society and Development*, 13(3), e5213345227. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v13i3.45227>

- Waluyo, J., & Widodo, N. (2019). Pengendali Lampu LED Matrix Headlamp Pada Kendaraan Bermotor. *Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro*, 1(1), 35. <https://doi.org/10.12928/biste.v1i1.834>
- Wijaya, A., Pratidhina, E., Herwinarso, & Untung, B. (2024). Implementation of Arduino-assisted 5E Learning Model In Physics Online Learning. *Magister Scientiae*, 52(1), 20–29. <https://doi.org/10.33508/mgs.v52i1.5278>