

Artikel Penelitian (Teknik Informatika)

## Perancangan Modul Ajar Berbasis Simulasi Proyek Menggunakan Tinkercad sebagai Upaya Meningkatkan Keterampilan Praktik Siswa dalam Bidang IoT

Diva Fidela \*, Oris Krianto Sulaiman

Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Jurusan Pendidikan Teknologi Informasi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh, Indonesia

### INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 03 Januari 2026  
Revisi Akhir: 06 Februari 2026  
Diterbitkan Online: 12 April 2026

### KATA KUNCI

Internet of Things  
Modul Ajar  
Simulasi  
SMK  
Tinkercad

### KORESPONDENSI (\*)

Phone: +62821 6243 7446  
E-mail: [divafidela1@gmail.com](mailto:divafidela1@gmail.com)

### A B S T R A K

Terbatasnya sarana praktik berbasis perangkat fisik di SMK Negeri 1 Al-Mubarkeya menjadi permasalahan awal dalam penyelenggaraan pembelajaran Internet of Things (IoT) yang menuntut keterlibatan langsung peserta didik dalam kegiatan praktik. Seiring pesatnya perkembangan teknologi IoT, pembelajaran di Sekolah Menengah Kejuruan dituntut untuk mengarah pada pendekatan yang lebih aplikatif dan berorientasi pada kesiapan kerja. Namun demikian, proses pembelajaran IoT masih sering menghadapi hambatan berupa minimnya fasilitas praktik serta ketersediaan bahan ajar yang mampu merepresentasikan proyek secara memadai. Oleh karena itu, penelitian ini diarahkan pada pengembangan modul pembelajaran berbasis simulasi IoT sebagai media pendukung dalam pembelajaran Informatika pada siswa kelas X TJKT 1 SMK Negeri 1 Al-Mubarkeya. Metode yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan dengan model ADDIE yang meliputi tahap analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Penilaian pembelajaran difokuskan pada dua ranah, yaitu kognitif dan psikomotorik. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan pemahaman kognitif siswa setelah penggunaan modul simulasi IoT dengan nilai N-Gain sebesar 0,43 yang berada pada kategori sedang. Selain itu, capaian keterampilan praktik yang diukur melalui lembar instruksi kerja menghasilkan nilai rata-rata 81,6 dengan kategori sangat baik. Temuan ini mengindikasikan bahwa modul yang dikembangkan layak diterapkan dan efektif dalam menunjang pembelajaran IoT serta meningkatkan pengetahuan dan keterampilan praktis siswa di SMK.

### PENDAHULUAN

Perkembangan Era Revolusi Industri 4.0 memicu perubahan yang cukup besar di dunia pendidikan, terutama untuk Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Agar bisa menghadapi tantangan ini, SMK dituntut untuk melakukan inovasi dalam proses pembelajaran agar mampu menghasilkan lulusan yang memiliki daya pikir kritis, kreativitas, kemampuan menyelesaikan masalah, serta kesiapan memasuki dunia kerja [1]. SMK seperti SMK 1 Al Mubarkeya di Banda Aceh, memiliki peran strategis dalam menyediakan kompetensi kejuruan yang sesuai dengan kebutuhan industri dan standar praktik lapangan. Kesiapan SMK tersebut mensyaratkan bahan ajar yang relevan, terstruktur, dan aplikatif untuk diaplikasikan dalam kegiatan praktik di laboratorium.

Namun, sejumlah tantangan nyata masih dihadapi banyak SMK dalam mengimplementasikan pembelajaran Internet of Things (IoT) yang efektif. Salah satu kendala utama adalah keterbatasan sumber daya laboratorium yang memadai, terutama alat praktik dan perangkat IoT yang mendukung pembelajaran teknis praktik yang siap kerja di industri 4.0 [2]. Selain itu, kesiapan guru dalam mengajar teknologi maju juga bervariasi, karena banyak guru belum memperoleh pelatihan khusus terkait IoT dan belum terbiasa menggunakan metode pembelajaran berbasis simulasi digital yang diperlukan untuk meningkatkan efektifitas pengajaran [3]. Keadaan ini mengakibatkan proses pembelajaran lebih berorientasi pada teori dan belum optimal dalam membina keterampilan praktik siswa secara terstruktur.

Beberapa penelitian terbaru menunjukkan bahwa pemanfaatan platform simulasi digital, khususnya Tinkercad, memberikan kontribusi positif dalam pembelajaran berbasis teknologi. Candra et al. pada tahun 2025 menunjukkan bahwa penerapan simulator online Tinkercad pada pembelajaran IoT mampu meningkatkan efektivitas pelatihan bagi guru dan laboran SMK tanpa harus bergantung pada ketersediaan perangkat keras fisik[4]. Selanjutnya, temuan Putri et al. pada tahun 2024 mengungkapkan bahwa kegiatan pendampingan menggunakan Tinkercad coding simulator berkontribusi dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa sekaligus memperkuat literasi numerasi[5]. Sementara itu, Widiarini et al. pada tahun 2024 melaporkan bahwa pemanfaatan laboratorium virtual Tinkercad berbasis penilaian proyek terbukti efektif dalam meningkatkan kreativitas serta pemahaman praktis peserta didik pada mata kuliah elektronika digital[6]. Secara keseluruhan, hasil-hasil penelitian tersebut menguatkan pandangan bahwa Tinkercad memiliki potensi yang besar sebagai media pendukung pembelajaran IoT berbasis simulasi.

Namun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih menempatkan Tinkercad sebagai media latihan atau sarana eksperimen terpisah, dan belum banyak mengintegrasikannya ke dalam modul ajar yang terstruktur dan sistematis sesuai dengan kebutuhan kurikulum SMK. Modul ajar yang digunakan di sekolah umumnya masih bersifat teoritis, belum menyajikan alur pembelajaran berbasis proyek secara runtut, serta belum mengintegrasikan langkah-langkah simulasi secara komprehensif dari perencanaan, perakitan virtual, pemrograman, hingga evaluasi hasil kerja siswa. Kondisi ini menunjukkan adanya kebutuhan akan pengembangan modul ajar yang tidak hanya memuat materi konseptual, tetapi juga menyajikan panduan praktik berbasis simulasi yang terencana dan mudah diterapkan.

Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya memanfaatkan Tinkercad sebagai media latihan atau sarana eksperimen terpisah, penelitian ini menempatkan Tinkercad sebagai komponen utama dalam desain sistem pembelajaran melalui pengembangan modul ajar berbasis simulasi proyek IoT. Studi ini tidak hanya berfokus pada penggunaan platform simulasi, tetapi pada perancangan modul ajar terstruktur yang mengintegrasikan teori, simulasi, aktivitas berbasis proyek, serta penilaian hasil praktik dalam satu kesatuan pembelajaran yang sistematis[7]. Dengan pendekatan ini, penelitian ini menawarkan kontribusi baru dalam pengembangan pembelajaran IoT di SMK, yaitu integrasi simulasi digital ke dalam modul ajar sebagai sistem pembelajaran utuh, bukan sekadar sebagai media pendukung.

Berdasarkan perbedaan pendekatan tersebut, pengembangan modul pembelajaran dalam penelitian ini diterapkan menggunakan pendekatan riset dan pengembangan (Research and Development) dengan memanfaatkan simulasi proyek Internet Of Things (IoT) menggunakan Tinkercad. Model pengembangan ini dirancang untuk menciptakan bahan ajar yang telah diverifikasi keandalannya lewat proses penilaian oleh pakar, pengujian skala kecil, dan evaluasi dampaknya pada kemampuan praktis siswa. Pendekatan R&D dipilih karena sesuai dalam menghasilkan materi edukasi yang tidak cuma kuat secara konseptual, tapi juga bisa langsung diterapkan dalam lingkungan pendidikan kejuruan, terutama diarah teknologi IoT. Penelitian oleh Costaner et al. yang di publikasikan pada tahun 2025 menunjukkan bahwa pelatihan berbasis modul dan simulasi Tinkercad mampu meningkatkan kompetensi teknis siswa secara signifikan melalui proses validasi produk yang terstruktur dan pengujian efektivitas di lapangan [8]. Temuan ini memperkuat pandangan bahwa R&D adalah cara yang ideal untuk menciptakan produk yang terbukti valid, mudah digunakan, dan sesuai dengan tuntutan pendidikan kejuruan di zaman digital saat ini.

## TINJAUAN PUSTAKA

### *Internet Of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) merujuk pada suatu prinsip yang memungkinkan beragam perangkat keras saling terhubung melalui jaringan internet sehingga dapat bertukar data secara langsung guna mendukung proses otomatisasi dan pengambilan keputusan [9]. Konsep IoT melibatkan integrasi antar sensor, perangkat pintar, dan platform berbasis cloud yang membentuk suatu ekosistem terhubung dan saling berkomunikasi[10]. Definisi ini diperluas oleh Rose et al. di tahun 2020 dalam buku *Internet of Things, Principles and Paradigms*, yang menyatakan bahwa IoT bukan hanya tentang konektivitas, tetapi juga tentang analisis data yang dihasilkan untuk mendukung inovasi. Internet Of Things memiliki Komponen Utama yaitu :

1. Sensor dan Aktuator

Perangkat yang mengumpulkan data dari lingkungan (seperti suhu atau gerakan) dan melakukan tindakan fisik. Sebagai contoh, dalam konteks pendidikan, sensor ini digunakan untuk simulasi proyek IoT.

## 2. Perangkat Mikroprosesor (Controller)

Seperti Arduino atau ESP (misalnya, ESP8266/ESP32) berperan sebagai inti dari sistem IoT, bertugas memproses data yang masuk dari sensor. Mikroprosesor ini memproses instruksi, mengontrol alur data, dan memungkinkan interaksi antara perangkat, sehingga sangat penting dalam proyek IoT untuk aplikasi seperti otomatisasi rumah pintar. Berdasarkan penelitian Al-Turjman tahun 2023, perangkat ini meningkatkan efisiensi IoT dengan kemampuan pemrosesan real-time, dan dalam pembelajaran, mereka dapat disimulasikan untuk mengajar siswa tentang pemrograman dan integrasi[11].

## 3. Koneksi Internet (Network Layer)

Lapisan jaringan yang berfungsi sebagai media komunikasi antarperangkat IoT, menggunakan protokol seperti Wi-Fi, Bluetooth, atau 5G untuk mentransmisikan data secara efisien. Lapisan ini memastikan konektivitas yang andal, yang krusial untuk skala besar IoT, seperti dalam sistem pemantauan jarak jauh. Dalam konteks modul ajar, simulasi koneksi ini melalui Tinkercad dapat membantu siswa memahami tantangan jaringan tanpa perangkat fisik sebenarnya.

## 4. Aplikasi atau Platform Cloud

Tempat penyimpanan dan pemantauan data secara daring, yang memungkinkan analisis data IoT dari mana saja melalui aplikasi web atau mobile. Platform cloud seperti AWS IoT memungkinkan penyimpanan dan pemantauan data secara daring, penting di pembelajaran untuk mengajar manajemen data dan analisis IoT[8]. Dalam pembelajaran IoT, komponen ini penting untuk mengajar siswa tentang manajemen data, dan dapat disimulasikan dalam modul ajar untuk meningkatkan keterampilan praktik, sejalan dengan tahap development dalam model ADDIE.

### ***Project Based Learning***

Project Based Learning (PBL) adalah pendekatan pembelajaran yang mendorong siswa untuk terlibat langsung dalam menyelesaikan masalah nyata melalui tugas-tugas yang autentik. Pendekatan ini mengembangkan kemampuan inquiry dan kognitif yang selaras dengan pembelajaran praktis, sehingga sangat sesuai untuk meningkatkan keterampilan praktik siswa, khususnya dalam bidang Internet of Things (IoT)[12].

Pembelajaran berbasis proyek (PBL) memiliki beberapa karakteristik khas yang membedakannya dari metode pembelajaran lain dan sangat penting dalam mendukung pengembangan keterampilan praktis siswa, terutama dalam konteks IoT. Karakteristik tersebut seperti, Fokus pada masalah dunia nyata dan hasil nyata, Siswa aktif dalam eksplorasi dan pengambilan keputusan, Penilaian berbasis produk dan proses dan Mitigasi keterlibatan kolaboratif dan refleksi. PBL melibatkan tugas proyek kompleks yang menggabungkan berbagai disiplin ilmu, mendukung kerja sama dan otonomi siswa dalam mengelola waktu dan tanggung jawab pembelajaran mereka[13].

Beberapa kajian telah menunjukkan bahwa modul ajar Internet Of Things yang menerapkan pendekatan Project-Based Learning bisa membimbing siswa dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan keterampilan praktis. Salah satu contohnya adalah modul kuliah IoT yang berfokus pada proyek, yang dirancang oleh Az-zahra et al. di tahun 2025. Modul ini sudah teruji kevalidannya, kepraktisannya, dan keefektifannya dalam memperbaiki hasil belajar mahasiswa jurusan Teknik Komputer[14]. Selain itu, penelitian Rosa et al. pada tahun 2025 mengemukakan bahwa penerapan PBL pada proyek IoT mendorong pengembangan keterampilan computational thinking dan kolaborasi siswa yang esensial dalam konteks STEM[15]. PBL juga memungkinkan integrasi teori dan praktik secara menyeluruh, sehingga siswa mendapatkan pengalaman belajar yang komprehensif dari perancangan hingga pengujian solusi IoT.

### ***Simulasi Digital dalam Pembelajaran***

Simulasi digital adalah penggunaan perangkat lunak untuk memodelkan sistem atau fenomena dunia nyata ke dalam lingkungan virtual yang aman, terkendali, dan dapat diulang-ulang. Melalui simulasi digital, konsep-konsep kompleks dapat divisualisasikan secara interaktif sehingga memudahkan pemahaman dan eksperimen tanpa risiko kerusakan alat fisik atau biaya tinggi. Simulasi berfungsi sebagai alat penting dalam proses belajar STEM, yang meliputi bidang Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika, karena mampu menyatukan konsep teori dengan penerapan praktis dalam satu platform berbasis digital.

Simulasi digital memberikan kemudahan dalam pembelajaran konsep yang abstrak atau kompleks dengan menghadirkan pengalaman interaktif yang mendekati kondisi nyata. Melalui simulasi, siswa dapat melakukan

eksplorasi, percobaan, dan pengulangan proses pembelajaran tanpa batasan waktu dan ruang, sehingga memperkuat pemahaman konseptual dan keterampilan praktis secara efektif. Selain itu, simulasi digital mengoptimalkan proses belajar dengan menghilangkan keterbatasan yang biasanya muncul pada pembelajaran berbasis perangkat keras fisik, seperti biaya tinggi, keterbatasan alat, serta risiko kerusakan alat yang dapat menimbulkan kecemasan bagi siswa dan guru[16].

### ***Platform Tinkercad***

Tinkercad adalah sebuah platform simulasi berbasis web yang digunakan untuk merancang rangkaian elektronik, proyek Internet of Things (IoT), dan desain 3D secara virtual tanpa memerlukan perangkat fisik. Dikembangkan oleh Autodesk, Tinkercad menyediakan lingkungan digital yang interaktif untuk membuat dan menguji rangkaian elektronik termasuk pemrograman mikrokontroler seperti Arduino secara langsung.

Menurut penelitian Riskawati et al. yang di publikasikan tahun 2024, penggunaan Tinkercad dalam pembelajaran elektronika dasar terbukti efektif sebagai media pembelajaran inovatif yang mendukung pemahaman konsep dasar seperti rangkaian lampu LED, resistor, dan mikrokontroler Arduino secara virtual[17]. Kepraktisan platform ini, yang dapat diakses hanya melalui browser tanpa instalasi, sangat mendukung pembelajaran daring dan hybrid, memudahkan siswa menjelajahi desain rangkaian dan pemrograman dengan lebih fleksibel dan nyaman.

Tinkercad menawarkan berbagai fitur utama yang mendukung pembelajaran elektronik dan IoT secara virtual dan interaktif. Salah satu fitur utama adalah simulasi rangkaian elektronik yang interaktif, di mana pengguna dapat merancang dan menguji rangkaian listrik dengan berbagai komponen elektronik seperti resistor, LED, dan kapasitor secara real-time.

Selain itu, Tinkercad juga menyediakan berbagai komponen IoT seperti sensor suhu, sensor cahaya, aktuator, dan mikrokontroler Arduino yang dapat diprogram menggunakan fitur code blocks atau bahasa pemrograman lainnya. Fitur ini memungkinkan siswa merakit dan menguji proyek IoT secara komprehensif dalam lingkungan virtual yang realistis. Tinkercad juga mendukung pembelajaran kolaboratif melalui fitur kelas online yang memungkinkan guru membuat ruang kelas virtual untuk berbagi proyek, memberi tugas, dan melakukan evaluasi secara daring. Dengan demikian, Tinkercad mendorong interaksi aktif dan refleksi yang efektif antar siswa dan pengajar, meningkatkan kualitas dan keterlibatan dalam pembelajaran[18]

### ***Modul Ajar Sebagai Bahan Pembelajaran***

Modul ajar merupakan satu paket pembelajaran yang berisi seperangkat pengalaman belajar yang direncanakan secara sistematis supaya siswa bisa pakai sendiri tanpa perlu bantuan terus-menerus. Modul ajar benar-benar meringankan tugas guru dalam menyelenggarakan proses pembelajaran dengan lebih terarah dan konsisten, serta memudahkan pengelolaan evaluasi hasil belajar[19]. Modul ajar berfungsi sebagai bahan ajar yang menyajikan materi, panduan praktis, serta evaluasi pembelajaran secara terintegrasi untuk memudahkan pencapaian kompetensi peserta didik. Fungsi utama modul ajar adalah membantu peserta didik belajar secara mandiri dan terarah dengan menyediakan langkah-langkah kegiatan yang sistematis dan terstruktur. Dengan modul ajar, proses belajar menjadi lebih efektif karena siswa dapat memahami materi secara bertahap melalui petunjuk, aktivitas, dan evaluasi yang jelas, sehingga sasaran pembelajaran bisa tercapai dengan maksimal.

### ***Model Pengembangan ADDIE***

Model ADDIE merupakan salah satu model pengembangan pembelajaran yang banyak digunakan dalam penelitian pendidikan karena memiliki tahapan yang sistematis dan terstruktur[20]. Lima tahapan dari model ADDIE menurut Sugiyono dalam [21] adalah analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Berdasarkan model yang dipilih (1) tahap analisis merupakan fase awal dalam model pengembangan yang difokuskan pada penelusuran kebutuhan pembelajaran, pemetaan karakteristik peserta didik, serta pengkajian permasalahan yang muncul dalam proses belajar mengajar. Pada tahap ini dilakukan penelaahan terhadap kurikulum, kajian materi ajar, dan identifikasi kebutuhan siswa yang selanjutnya digunakan sebagai landasan dalam merancang produk pembelajaran; (2) tahap desain merupakan fase perancangan awal produk pembelajaran yang mencakup perumusan tujuan pembelajaran, penyusunan kerangka modul, pengaturan alur kegiatan belajar, serta pengembangan instrumen evaluasi. Tahap ini bertujuan

menghasilkan desain awal modul ajar yang tersusun secara sistematis dan selaras dengan kompetensi yang diharapkan; (3) tahap development merupakan fase pelaksanaan pengembangan produk yang berlandaskan pada rancangan yang telah dirumuskan sebelumnya. Pada tahap ini dilakukan penyusunan modul ajar, pengembangan media simulasi, serta pelaksanaan proses validasi oleh para ahli guna memastikan kelayakan materi, ketepatan bahasa, dan kualitas tampilan modul sebelum diterapkan dalam kegiatan pembelajaran; (4) tahap implementation merupakan fase penerapan produk pembelajaran dalam situasi pembelajaran nyata di kelas. Pada tahap ini modul ajar digunakan oleh guru dan peserta didik dalam proses belajar mengajar guna menilai tingkat kepraktisan serta kemudahan penggunaan modul yang telah dikembangkan; dan (5) tahap evaluation merupakan fase penilaian terhadap seluruh rangkaian proses dan hasil pengembangan produk. Evaluasi dilaksanakan untuk mengidentifikasi tingkat kevalidan, kepraktisan, serta keefektifan modul ajar, sekaligus menjadi dasar dalam melakukan penyempurnaan produk agar selaras dengan tujuan pembelajaran yang telah ditetapkan.

### *N-Gain dan Kategori Interpretasi*

#### *Normalized Gain (N-Gain)*

Normalized Gain (N-Gain) merupakan salah satu teknik analisis yang digunakan untuk mengukur peningkatan hasil belajar siswa dengan membandingkan nilai pretest dan posttest. Teknik ini pertama kali dikembangkan oleh Richard R. Hake pada tahun 1998 untuk mengevaluasi efektivitas pengajaran fisika, kemudian banyak diadopsi dalam penelitian pendidikan secara luas. N-Gain menunjukkan sejauh mana peningkatan kemampuan siswa setelah mengikuti proses pembelajaran dibandingkan dengan skor maksimum yang mungkin dicapai, sehingga menghindari bias dari kondisi awal yang berbeda antar kelompok[22].

Rumus N-Gain dirumuskan sebagai berikut :

$$N - Gain = \frac{Skor_{post} - Skor_{pre}}{Skor_{max} - Skor_{pre}}$$

Nilai N-Gain yang diperoleh kemudian diinterpretasikan ke dalam kategori peningkatan sebagai berikut:

Tabel 1. Kategori Interpretasi Nilai Gain

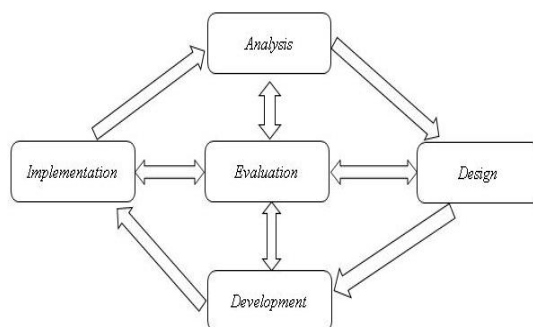
<b>Rentang N-Gain</b>	<b>Kategori</b>
N-Gain $\geq$ 0,70	Tinggi
0,30 $\leq$ N-Gain < 0,70	Sedang
N-Gain < 0,30	Rendah

Kategori ini digunakan untuk menilai tingkat efektivitas pembelajaran dalam meningkatkan hasil belajar siswa, baik pada aspek kognitif maupun keterampilan praktik.

## **METODOLOGI**

Kajian ini menerapkan metode penelitian dan pengembangan, atau yang sering disebut sebagai Research and Development (R&D). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menciptakan sebuah produk pembelajaran, yakni modul ajar yang mengandalkan simulasi proyek Internet Of Things (IoT) menggunakan Tinkercad. Modul ini dirancang agar terbukti valid, mudah diterapkan, dan berhasil meningkatkan kemampuan praktik siswa di sekolah menengah kejuruan (SMK).

Model ADDIE diterapkan sebagai kerangka pengembangan yang mencakup lima tahapan utama, yaitu tahap analisis kebutuhan, perancangan, proses pengembangan, pelaksanaan, serta evaluasi hasil pembelajaran. Pemilihan model ini dikarenakan pendekatannya yang terstruktur dan cocok untuk menciptakan produk pembelajaran yang teruji dalam kualitas dan efektivitas. Tahapan dalam pengembangan model ADDIE adalah sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram dari model ADDIE.

Urutan kegiatan yang diambil dalam penelitian ini adalah :

1. Penentuan Masalah
2. Kajian Pustaka
3. Analisis Kebutuhan
4. Desain Modul Pembelajaran
5. Pembuatan Produk
6. Pelaksanaan
7. Penilaian
8. Penyusunan Hasil dan Diskusi
9. Penarikan Kesimpulan dan rekomendasi

Studi ini dilaksanakan di SMK Negeri 1 Al-Mubarkeya di bidang keahlian Teknk Komputer dan Jaringan (TKJ). Studi ini berlangsung selama delapan minggu, dari bulan September hingga Oktober, pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026. Kegiatan ini dimulai dengan tahap analisis dan diakhiri dengan pengujian terbatas terhadap produk modul pembelajaran.

Modul Ajar diuji coba kepada 22 siswa kelas X TJKT 1 SMK Negeri 1 Al-Mubarkeya sebagai subjek penelitian. Seluruh siswa mengikuti kegiatan pembelajaran menggunakan modul simulasi proyek IoT berbasis Tinkercad dalam beberapa pertemuan untuk menguji tingkat kepraktisan dan efektivitas modul yang telah dikembangkan.

Subjek penelitian terdiri atas dua orang validator, yaitu satu orang ahli materi dan satu orang ahli media, yang keduanya merupakan guru mata pelajaran Informatika di SMK Negeri 1 Al-Mubarkeya, serta 22 siswa kelas X TJKT 1 sebagai subjek uji coba. Data dikumpulkan melalui wawancara, konsultasi dengan para ahli, tes sebelum dan sesudah pembelajaran, lembar penilaian psikomotorik, serta kuesioner respon siswa.

Uji Validitas produk dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana produk yang dibuat akurat. Apabila sebuah produk dapat memenuhi kriteria yang telah ditetapkan dengan baik, maka produk itu dianggap berhasil dan siap untuk digunakan. Para ahli di bidangnya dan perwakilan dari media ikut serta dalam tahap validasi ini untuk melakukan pengujian terhadap produk dan memberikan masukan. Informasi yang diperoleh dalam studi ini memiliki sifat kualitatif dan nantinya akan dianalisis menjadi data kuantitatif. Proses analisis data dilakukan secara deskriptif. Penilaian validitas produk diperoleh dari para penguji menggunakan skala Likert dengan empat poin yang terdiri atas kategori sangat baik dengan skor 4, baik bernilai 3, cukup bernilai 2, dan kurang bernilai 1.

Nilai yang diperoleh dari penilaian validator dihitung dengan memakai rumus rata-rata (mean) yang berikut ini:

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

Keterangan :

- $\bar{X}$  = menunjukkan nilai rata-rata dari setiap indikator.  
 $\sum X$  = menyatukan akumulasi skor seluruh indikator  
 N = jumlah indikator yang digunakan.

Selanjutnya, rata-rata nilai yang didapatkan diubah menjadi kategori kualitatif untuk mengetahui tingkat kevalidan produk. Klasifikasi validitas ditetapkan berdasarkan persentase kelayakan dengan memakai rumus berikut:

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Skor rata-rata}}{\text{skor tertinggi}} \times 100\% \quad (2)$$

Adapun kriteria validitas produk ditentukan berdasarkan persentase kelayakan yang disajikan pada Tabel berikut:

Tabel 2. Kriteria Validasi Tim Ahli

<b>Rentang Presentase</b>	<b>Kategori</b>
76 - 100%	Sangat Valid
56 - 75%	Valid
40 - 55%	Kurang Valid
≤39%	Tidak Valid

Produk dinyatakan layak digunakan apabila memperoleh kategori valid atau sangat valid.

Uji Kepraktisan dilakukan setelah produk dinilai dan hasilnya dianggap sah. Uji kepraktisan bertujuan untuk menilai kecocokan produk yang telah dibuat. Penilaian mengenai kepraktisan modul pembelajaran dilakukan dengan analisis deskriptif berdasarkan respon dari kuesioner yang diisi oleh guru serta siswa setelah menggunakan modul tersebut. Data yang dikumpulkan bersifat kualitatif dan selanjutnya diubah ke dalam bentuk numerik melalui skala Likert yang memiliki empat tingkatan, yaitu kategori sangat baik dengan nilai 4, baik dengan nilai 3, cukup dengan nilai 2, dan kurang dengan nilai 1.

Nilai kepraktisan dihitung menggunakan perhitungan rata-rata (mean) sebagaimana dirumuskan dibawah ini :

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

Nilai rata-rata yang didapatkan kemudian dihitung dalam bentuk persentase dari kepraktisan melalui perhitungan menggunakan rumus dibawah ini :

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Skor rata-rata}}{\text{skor tertinggi}} \times 100\%$$

Selanjutnya, hasil persentase tingkat kepraktisan dikelompokkan ke dalam kategori kepraktisan dari modul ajar, sesuai dengan yang terlihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 3. Kriteria Presentase Lembar Angket

<b>Rentang Presentase</b>	<b>Kategori</b>
81 - 100%	Sangat Valid
61 - 80%	Valid
41 - 60%	Kurang Valid
≤40%	Tidak Valid

Modul ajar dinyatakan praktis apabila memperoleh persentase kepraktisan  $\geq 61\%$ , sedangkan apabila persentase berada di bawah nilai tersebut, maka modul perlu dilakukan revisi untuk meningkatkan kemudahan penggunaan.

Evaluasi produk ditutup dengan pengujian efektivitas. Pegujian ini menilai sejauh mana produk memenuhi tujuan penggunaannya. Analisis efektivitas modul ajar dilakukan untuk mengidentifikasi peningkatan dalam hasil belajar

kognitif dan keterampilan praktis (psikomotorik) siswa setelah mereka menggunakan modul simulasi proyek IoT yang menggunakan Tinkercad.

Efektivitas kognitif dievaluasi dengan membandingkan hasil pretest dan posttest dengan menerapkan perhitungan *normalized gain* (N-gain) sebagaimana dikemukakan oleh Hake (1998) dengan menggunakan rumus berikut:

$$g = \frac{S_{post} - S_{pre}}{S_{max} - S_{pre}} \quad (3)$$

Keterangan :

$S_{post}$  = nilai rata-rata hasil post-test  
 $S_{pre}$  = nilai rata-rata pre-test  
 $S_{max}$  = skor maksimal (biasanya 100)

Modul ajar dinyatakan efektif secara kognitif apabila nilai N-gain  $\geq 0,30$  (kategori sedang atau tinggi).

Efektivitas psikomotorik diukur menggunakan lembar instruksi kerja yang dinilai oleh guru. Skor yang diperoleh dihitung dalam bentuk persentase keterampilan dengan rumus:

$$\text{Persentase Keterampilan} = \frac{\text{Total Skor Diperoleh}}{\text{Skor Maksimum}} \times 100 \% \quad (4)$$

Modul ajar dinyatakan efektif secara psikomotorik apabila persentase keterampilan siswa mencapai  $\geq 61\%$  (kategori baik atau sangat baik).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi ini menghasilkan bahan ajar yang ditujukan untuk topik pembelajaran Internet Of Things, dengan fokus utama pada penilaian validitas, kepraktisan, dan efektivitas modul tersebut. Penjelasan mengenai hasil dari setiap tahapan penelitian di sampaikan sebagai berikut:

### 1. Tahap Analisis

Fase ini bertujuan untuk mengenali kebutuhan dan masalah belajar mengenai Internet of Things (IoT) di Sekolah Menengah Kejuruan. Penilaian kebutuhan dilakukan melalui observasi terhadap siswa kelas X di SMKN 1 Al-Mubarkeya. Hasil observasi dan wawancara dengan pengajar IoT menunjukkan bahwa, akibat keterbatasan waktu dan alat bantu simulasi yang dipakai, siswa mengalami kesulitan dalam menguasai pemahaman dasar materi dan penerapan praktis dari proyek IoT. Selain itu, materi ajar yang ada sebagian besar masih bersifat teoritis dan belum terjalin dalam kegiatan yang berbasis proyek.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, peneliti memutuskan untuk mengembangkan modul ajar berbasis simulasi proyek IoT menggunakan Tinkercad yang dirancang untuk membantu siswa dalam mengerti konsep IoT dengan cara yang lebih praktis dan aplikatif. Modul ini diharapkan menjadi solusi terhadap permasalahan minimnya media praktik, terbatasnya waktu pembelajaran, serta belum tersedianya modul simulasi yang dapat digunakan siswa secara mandiri.

### 2. Tahap Desain

Pada fase ini, dirancang struktur modul pembelajaran Internet of Things (IoT) yang digunakan dalam proses pembelajaran di SMKN 1 Al Mubarkeya Ingin Jaya. Perancangan modul dilakukan dengan menyesuaikan kompetensi dasar Mata Pelajaran Informatika kelas X fase E dan mengacu pada pendekatan Deep Learning dengan model Project Based Learning (PjBL). Modul Ajar Langkah Perancangan meliputi :

#### a. Penentuan Tujuan Pembelajaran

Tujuan pembelajaran disusun berdasarkan Capaian Pembelajaran Nomor 32 Tahun 2024, yang menekankan kemampuan peserta didik dalam berpikir komputasional, berpikir kritis, dan menerapkan konsep algoritmik melalui simulasi proyek IoT di platform Tinkercad.

- b. **Penyusunan Materi Pembelajaran**

Materi pembelajaran disusun secara sistematis mulai dari konsep dasar Internet of Things (IoT), pengenalan sensor dan aktuator, hingga simulasi proyek lampu lalu lintas otomatis berbasis sensor Idr. Penguatan konsep awal IoT mengacu pada definisi dan perkembangan teknologi yang dijelaskan oleh Gubbi et al. (2013) yang memaparkan arsitektur IoT serta peranannya dalam sistem cerdas modern [23]. Penjelasan mengenai komponen sensor dan aktuator didasarkan pada literatur teknis seperti Madakam, Ramaswamy, & Tripathi [24],serta Kadir [25], yang menjelaskan fungsi sensor, aktuator, dan pemrosesan data pada platform mikrokontroler. Selanjutnya, penggunaan Tinkercad sebagai media simulasi pembelajaran merujuk pada modul pembelajaran praktik digital berbasis simulasi yang dikembangkan oleh Kemendikbud (2024). Struktur materi dirancang bertahap dari teori menuju praktik, yang mencakup, perkembangan Internet of Things, konsep dasar IoT, pengenalan Tinkercad, demonstrasi proyek lampu otomatis, hingga pembuatan proyek individu berupa “Simulasi Sensor Deteksi Kebakaran” dengan sensor suhu sesuai praktik penggunaan sensor DHT[26].
  - c. **Pembuatan LKPD dan Lembar Instruksi Kerja (LIK)**

Modul ini menyediakan LKPD (Lembar Kerja Peserta Didik) serta Lembar Instruksi Kerja (LIK) yang bertugas sebagai pedoman untuk pelaksanaan praktik. LKPD disusun dalam bentuk lembar kerja terstruktur yang memuat tujuan praktikum, langkah-langkah kegiatan, tabel hasil pengamatan, serta tugas analisis sesuai prosedur pada lampiran modul. Sementara itu, LIK dirancang sebagai panduan teknis yang memuat instruksi kerja rinci terkait penyusunan rangkaian, konfigurasi komponen (Arduino/ESP, sensor suhu DHT11, buzzer, dan komponen pendukung), serta prosedur simulasi menggunakan Tinkercad. Kedua lembar ini juga dilengkapi rubrik penilaian keterampilan dengan skala 1–4 yang digunakan untuk menilai ketepatan rangkaian, kerapian wiring, kebenaran kode program, dan kemampuan peserta didik dalam menerapkan prosedur kerja selama praktikum berlangsung.
  - d. **Desain Format Modul Ajar**

Desain modul ajar disusun dengan format yang ringkas dan terstruktur, mengikuti pola penyajian pada modul inti, yaitu memadukan uraian materi, tabel informasi, serta langkah-langkah kegiatan yang disajikan secara sistematis. Tampilan modul dibuat sederhana dan mudah dibaca, dengan penggunaan heading, numbering, dan tabel aktivitas seperti pada bagian kegiatan pembelajaran dan lembar tugas. Format ini memudahkan peserta didik mengikuti alur materi, memahami instruksi simulasi, serta mengerjakan LKPD secara mandiri maupun terarah sesuai tahapan pembelajaran yang telah disediakan dalam modul.
  - e. **Integrasi Penilaian**

Modul ini dilengkapi dengan instrumen penilaian yang disusun sesuai format penilaian pada modul, yang mencakup ujian awal dan ujian akhir untuk menilai sejauh mana pemahaman siswa tentang konsep dasar Internet of Things (IoT). Selain itu, modul juga menyediakan instrumen penilaian praktik yang digunakan untuk menilai kemampuan siswa dalam merakit, melakukan simulasi di Tinkercad, dan menerapkan langkah kerja dengan tepat. Penilaian praktik menggunakan rubrik skala 1–4 sebagaimana tercantum pada lampiran modul, meliputi aspek ketepatan rangkaian, kerapian pengkabelan, kebenaran kode program, serta kemampuan mengikuti instruksi kerja selama proses praktik berlangsung.
3. **Tahap Pengembangan**

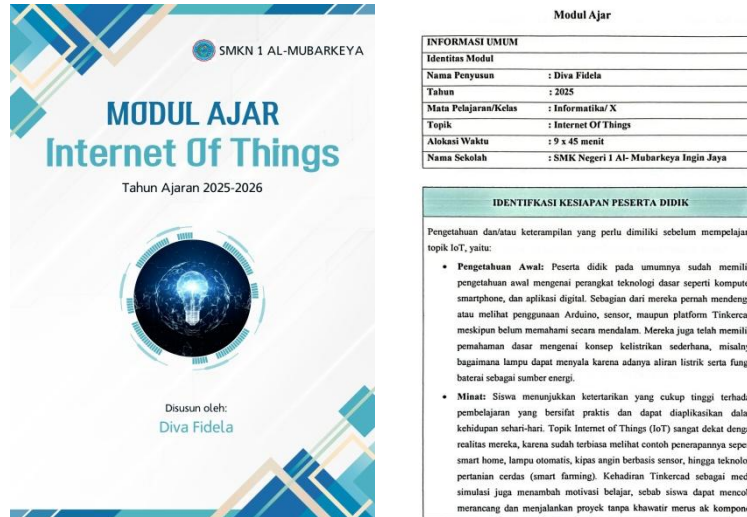
Fase ini merupakan proses lanjutan setelah rancangan modul ajar selesai disusun. Pada tahap ini, produk awal modul ajar berbasis simulasi proyek IoT menggunakan Tinkercad direalisasikan menjadi bahan ajar yang siap digunakan dalam pembelajaran.

Modul dikembangkan menggunakan pendekatan Project Based Learning (PjBL) yang terintegrasi dalam model ADDIE, dengan memperhatikan kesesuaian isi terhadap kompetensi dasar, struktur kegiatan pembelajaran, serta komponen penilaian kognitif dan psikomotorik. Proses yang dilakukan pada fase pengembangan adalah sebagai berikut:

    - a. **Penyusunan Produk Awal**

Produk awal materi pembelajaran dibuat berdasarkan kerangka yang diterapkan pada modul, dengan desain yang sederhana, fokus, dan mudah dimengerti oleh siswa. Penyusunan modul dilakukan secara sistematis mulai dari bagian pendahuluan hingga instrumen evaluasi. Komponen produk awal meliputi:

- 1) Sampul dan identitas modul, yang memuat judul, mata pelajaran, kelas, dan identitas penyusun.



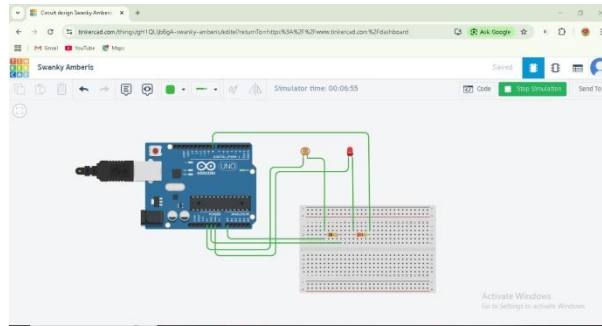
Gambar 1. Sampul dan identitas Modul

- 2) Capaian Pembelajaran(CP), Alur Tujuan Pembelajaran(ATP) dan Pemetaanya , disusun sesuai CP Fase E

ELEMEN	CAPAIAN PEMBELAJARAN	ALUR TUJUAN PEMBELAJARAN (FASE E)																			
<b>Berpikir Komputasional</b>	<p>Peserta didik mampu memahami validitas sumber data; memahami konsep struktur data dan algoritma standar; menerapkan proses komputasi yang dilakukan manusia secara mandiri maupun berkelompok untuk mendapatkan data yang bersih, benar, dan terpercaya; menerapkan struktur data dan algoritma standar untuk menghasilkan berbagai solusi dalam menyelesaikan persoalan yang mengandung himpunan data berstruktur kompleks dengan volume yang tidak kecil; serta menuliskan solusi rancangan program sederhana dalam format pseudocode yang dekat dengan bahasa komputer.</p> <p>Peserta didik juga mampu memahami model dan menyimpulkan dinamika Input-Proses-Output dalam sebuah komputer Von Neumann, serta memahami peran sistem operasi</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ELEMEN</th> <th>TUJUAN PEMBELAJARAN</th> <th>ALUR TUJUAN PEMBELAJARAN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4"><b>Berpikir Komputasional</b></td> <td>1.1. Memahami pengertian dan konsep dasar Internet of Things (IoT) dan mengaitkannya dengan prinsip Input-Proses-Output pada sistem komputer.</td> <td>1.1. Peserta didik melakukan pengamatan dan diskusi mengenai contoh penerapan IoT dalam kehidupan sehari-hari, kemudian menganalisis bagaimana data dikumpulkan (input), diolah (proses), dan menghasilkan aksi (output).</td> </tr> <tr> <td>1.2. Memahami Komponen Sistem IoT, seperti sensor, aktuator, mikrokontroler, dan koneksi jaringan.</td> <td>1.2. Peserta didik mempelajari fungsi setiap komponen dan membuat peta konsep hubungan antara sensor, aktuator, dan mikrokontroler dalam sistem IoT.</td> </tr> <tr> <td>1.3. Dapat Menganalisis alur data dalam sistem IoT, dari pengumpulan data hingga penyimpanan di server atau cloud.</td> <td>1.3. Peserta didik menyusun diagram alur data IoT dan menjelaskan proses komunikasi antara perangkat dan jaringan secara digital.</td> </tr> <tr> <td>1.4. Peserta didik mampu menerapkan algoritma sederhana untuk mengontrol sensor dan aktuator dalam simulasi proyek IoT menggunakan Tinkercad Circuits</td> <td>1.4. Peserta didik membuat simulasi IoT sederhana menggunakan Arduino di Tinkercad serta memverifikasi hasil program sesuai alur yang dibuat</td> </tr> <tr> <td rowspan="3"><b>Literasi Digital</b></td> <td>1.5. Peserta didik mampu menjelaskan penerapan IoT di berbagai bidang kehidupan (rumah pintar, pertanian, industri, kesehatan, pendidikan).</td> <td>1.5. Peserta didik mengkaji studi kasus penerapan IoT dan mendiskusikan dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan dari teknologi tersebut</td> </tr> <tr> <td>1.6. Peserta didik mampu melakukan simulasi proyek IoT sederhana menggunakan platform Tinkercad Circuits.</td> <td>1.6. Peserta didik membuat proyek simulasi IoT sederhana, seperti lampu otomatis berbasis sensor cahaya atau sistem monitoring suhu dan kelembapan.</td> </tr> <tr> <td>1.7. Peserta didik mampu menganalisis permasalahan nyata dan mengusulkan solusi IoT yang aplikatif</td> <td>1.7. Peserta didik mengidentifikasi masalah di lingkungan sekitar (misalnya efisiensi energi atau monitoring</td> </tr> </tbody> </table>	ELEMEN	TUJUAN PEMBELAJARAN	ALUR TUJUAN PEMBELAJARAN	<b>Berpikir Komputasional</b>	1.1. Memahami pengertian dan konsep dasar Internet of Things (IoT) dan mengaitkannya dengan prinsip Input-Proses-Output pada sistem komputer.	1.1. Peserta didik melakukan pengamatan dan diskusi mengenai contoh penerapan IoT dalam kehidupan sehari-hari, kemudian menganalisis bagaimana data dikumpulkan (input), diolah (proses), dan menghasilkan aksi (output).	1.2. Memahami Komponen Sistem IoT, seperti sensor, aktuator, mikrokontroler, dan koneksi jaringan.	1.2. Peserta didik mempelajari fungsi setiap komponen dan membuat peta konsep hubungan antara sensor, aktuator, dan mikrokontroler dalam sistem IoT.	1.3. Dapat Menganalisis alur data dalam sistem IoT, dari pengumpulan data hingga penyimpanan di server atau cloud.	1.3. Peserta didik menyusun diagram alur data IoT dan menjelaskan proses komunikasi antara perangkat dan jaringan secara digital.	1.4. Peserta didik mampu menerapkan algoritma sederhana untuk mengontrol sensor dan aktuator dalam simulasi proyek IoT menggunakan Tinkercad Circuits	1.4. Peserta didik membuat simulasi IoT sederhana menggunakan Arduino di Tinkercad serta memverifikasi hasil program sesuai alur yang dibuat	<b>Literasi Digital</b>	1.5. Peserta didik mampu menjelaskan penerapan IoT di berbagai bidang kehidupan (rumah pintar, pertanian, industri, kesehatan, pendidikan).	1.5. Peserta didik mengkaji studi kasus penerapan IoT dan mendiskusikan dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan dari teknologi tersebut	1.6. Peserta didik mampu melakukan simulasi proyek IoT sederhana menggunakan platform Tinkercad Circuits.	1.6. Peserta didik membuat proyek simulasi IoT sederhana, seperti lampu otomatis berbasis sensor cahaya atau sistem monitoring suhu dan kelembapan.	1.7. Peserta didik mampu menganalisis permasalahan nyata dan mengusulkan solusi IoT yang aplikatif	1.7. Peserta didik mengidentifikasi masalah di lingkungan sekitar (misalnya efisiensi energi atau monitoring
ELEMEN	TUJUAN PEMBELAJARAN	ALUR TUJUAN PEMBELAJARAN																			
<b>Berpikir Komputasional</b>	1.1. Memahami pengertian dan konsep dasar Internet of Things (IoT) dan mengaitkannya dengan prinsip Input-Proses-Output pada sistem komputer.	1.1. Peserta didik melakukan pengamatan dan diskusi mengenai contoh penerapan IoT dalam kehidupan sehari-hari, kemudian menganalisis bagaimana data dikumpulkan (input), diolah (proses), dan menghasilkan aksi (output).																			
	1.2. Memahami Komponen Sistem IoT, seperti sensor, aktuator, mikrokontroler, dan koneksi jaringan.	1.2. Peserta didik mempelajari fungsi setiap komponen dan membuat peta konsep hubungan antara sensor, aktuator, dan mikrokontroler dalam sistem IoT.																			
	1.3. Dapat Menganalisis alur data dalam sistem IoT, dari pengumpulan data hingga penyimpanan di server atau cloud.	1.3. Peserta didik menyusun diagram alur data IoT dan menjelaskan proses komunikasi antara perangkat dan jaringan secara digital.																			
	1.4. Peserta didik mampu menerapkan algoritma sederhana untuk mengontrol sensor dan aktuator dalam simulasi proyek IoT menggunakan Tinkercad Circuits	1.4. Peserta didik membuat simulasi IoT sederhana menggunakan Arduino di Tinkercad serta memverifikasi hasil program sesuai alur yang dibuat																			
<b>Literasi Digital</b>	1.5. Peserta didik mampu menjelaskan penerapan IoT di berbagai bidang kehidupan (rumah pintar, pertanian, industri, kesehatan, pendidikan).	1.5. Peserta didik mengkaji studi kasus penerapan IoT dan mendiskusikan dampak sosial, ekonomi, dan lingkungan dari teknologi tersebut																			
	1.6. Peserta didik mampu melakukan simulasi proyek IoT sederhana menggunakan platform Tinkercad Circuits.	1.6. Peserta didik membuat proyek simulasi IoT sederhana, seperti lampu otomatis berbasis sensor cahaya atau sistem monitoring suhu dan kelembapan.																			
	1.7. Peserta didik mampu menganalisis permasalahan nyata dan mengusulkan solusi IoT yang aplikatif	1.7. Peserta didik mengidentifikasi masalah di lingkungan sekitar (misalnya efisiensi energi atau monitoring																			

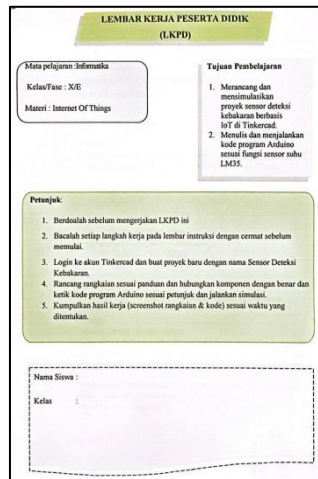
Gambar 2. Capaian Pembelajaran dan Alur Tujuan Pembelajaran

- 3) Kerangka Pembelajaran, langkah – langkah pembelajaran berdiferensiasi mulai dari Kegiatan Pendahuluan sampai Kegiatan Penutup dan Assesmen pembelajaran.
- 4) Materi pokok, Meliputi perkembangan Internet Of Things, konsep dasar IoT, pengenalan sensor dan aktuator, dan rangkaian simulasi proyek IoT berupa simulasi proyek lampu lalu lintas otomatis menggunakan Tinkercad.



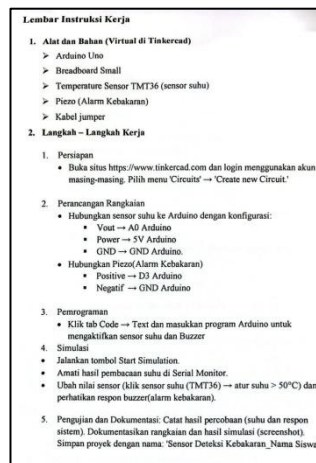
Gambar 3. Contoh Simulasi rangkaian latihan awal menggunakan Tinkercad.

- 5) Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD), yang berisi langkah kerja, dan tujuan pembelajaran.



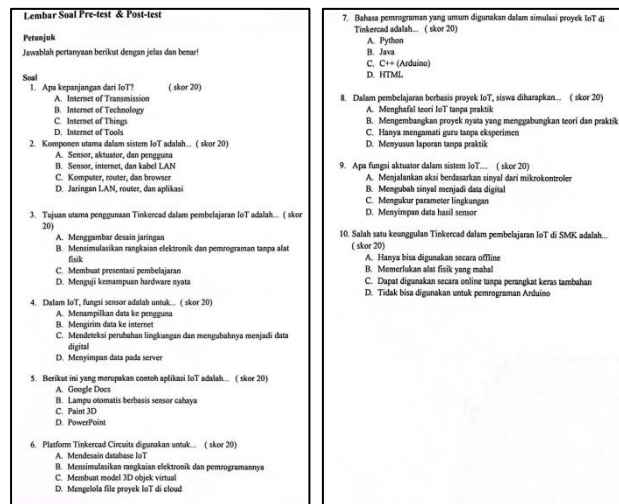
Gambar 3. LKPD

- 6) Lembar Instruksi Kerja (LIK), sebagai panduan teknis penyusunan rangkaian dan penulisan program.



Gambar 4. Lembar Instruksi Kerja (LIK)

- 7) Pretest dan posttest diterapkan untuk mengevaluasi kemampuan siswa pada awal dan akhir proses pembelajaran.



Gambar 5. Lembar Soal Pretest & Post test

Produk awal modul disusun dalam format Microsoft Word agar mudah direvisi sesuai masukan validator.

b. Proses Revisi Awal (Pra-Validasi)

Sebelum modul diberikan kepada validator, peneliti melakukan pemeriksaan awal untuk memastikan:

- 1) Tidak ada kesalahan tata bahasa,
- 2) Tampilan konsisten,
- 3) Gambar dan ilustrasi tampilan dengan jelas,
- 4) Instruksi teknis mudah dipahami,
- 5) Kode program sudah diuji dan berjalan dengan benar di Tinkercad.

c. Hasil penilaian dari Ahli Materi serta Ahli Media

Fase verifikasi produk adalah tahap penting dalam model ADDIE untuk memastikan bahwa modul ajar berbasis simulasi IoT yang dibuat memenuhi kriteria materi dan media sebelum diterapkan oleh siswa. Pada tahap ini, peneliti melibatkan validator, yaitu pakar materi dan pakar media yang merupakan guru mata pelajaran informatika. Validator ini menilai modul dengan menggunakan instrumen validasi yang telah ditentukan.

1) Hasil Validasi Ahli Materi

Berdasarkan evaluasi bahan ajar, dapat diidentifikasi mutu dari modul pengajaran yang telah dibuat. Elemen materi berhubungan dengan Modul Ajar yang disusun secara berurutan, materi yang disajikan sistematis, Mencantumkan Materi, Mencantumkan keterangan Kelas/Semester, Menyampaikan Tujuan Pembelajaran, Menyampaikan Materi menggunakan media PPT, proses belajar dirancang sesuai dengan kebutuhan siswa, dan Terdapat kegiatan pemberian umpan balik.

Hasil dari pengujian angket yang dilakukan oleh pakar materi dtampilkan pada Tabel 1 di bawah ini :

Tabel 4. Hasil Angket oleh Ahli Materi

No	Indikator Penilaian	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
1	2	3			
1.	Modul Ajar Disusun Secara Runtun				√
2.	Materi yang disajikan Sistematis				√
3.	Mencantumkan Materi				√

- 4. Mencantumkan keterangan Kelas / Semester √

**Kegiatan Pembelajaran**

- 5. Mempersiapkan siswa baik secara fisik maupun mental sebelum kegiatan pembelajaran dimulai. √
- 6. Menyampaikan Tujuan Pembelajaran √
- 7. Menyampaikan Materi menggunakan media PPT √
- 8. Pembelajaran berorientasi pada siswa dan dirancang agar mereka terlibat secara aktif √
- 9. Proses belajar dirancang sesuai dengan kebutuhan siswa √
- 10. Terdapat kegiatan pemberian umpan balik √

<b>Jumlah Skor</b>	40
<b>Total Perolehan Skor</b>	40
<b>Nilai Rata - rata</b>	4
<b>Tingkat Persentase</b>	100%
<b>Persentase Kriteria</b>	Sangat Valid

Hasil evaluasi oleh pakar materi menunjukkan bahwa semua elemen mendapatkan nilai 4 yang berada pada kategori sangat baik. Akumulasi nilai yang didapatkan mencapai 40 dengan nilai rata-rata sebesar 4. Hasil konversi ke dalam skala 4 menunjukkan bahwa modul ajar ini memenuhi kategori sangat valid. Mengacu pada temuan tersebut, pakar materi menyatakan bahwa modul ajar layak digunakan, dengan catatan dilakukan penyempurnaan sesuai rekomendasi yang diberikan. Adapun masukan yang disampaikan yaitu materi yang disajikan telah sesuai untuk jenjang sekolah menengah kejuruan dan memiliki potensi untuk dikembangkan atau disesuaikan pada tingkat pendidikan yang lebih tinggi.

2) Hasil Validasi oleh Ahli Media

Selain penilaian terhadap isi materi, evaluasi juga dilakukan oleh pakar media untuk menilai mutu tampilan dan desain modul agar memenuhi standar pedagogis dan estetis dalam media pendidikan. Unsur media tersebut mencakup: keselarasan desain dan pengaturan tampilan, kesesuaian gambar dan ilustrasi dengan materi yang diajarkan, kejelasan instruksi penggunaan, kualitas visual, teks, daya tarik modul, serta kemudahan akses dan penggunaan modul dalam proses pembelajaran. Data penilaian dari pakar media dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 5. Hasil Angket oleh Ahli Media

No	Indikator Penilaian	Skala Penilaian			
		1	2	3	4
1	2	3			
1.	Keterpaduan desain dan tata letak tampilan modul				√
2.	Kesesuaian ilustrasi dan gambar dengan materi				√
3.	Kejelasan navigasi dan petunjuk penggunaan media				√
4.	Kualitas visual dan keterbacaan teks				√
5.	Konsistensi desain antar halaman				√

6. Daya tarik tampilan modul untuk siswa SMK	√
7. Kesesuaian format dengan pembelajaran berbasis simulasi	√
8. Kemudahan akses dan penggunaan modul dalam proses belajar	√
<b>Jumlah Skor</b>	32
<b>Total Perolehan Skor</b>	32
<b>Nilai Rata - rata</b>	4
<b>Tingkat Persentase</b>	80%
<b>Persentase Kriteria</b>	Sangat Valid

Hasil evaluasi yang didapat dari penilaian pakar media berdasarkan aspek tampilan, menunjukkan bahwa seluruh indikator yang dievaluasi menunjukkan hasil yang sangat baik. Perolehan skor yang keseluruhan mencapai 32 dengan nilai rata-rata sebesar 4. Setelah dilakukan konversi ke dengan skala 4, hasil tersebut menunjukkan kriteria sangat valid. Ini berarti, modul tersebut sangat pantas digunakan dari segi desain dan media pembelajaran.

Kesimpulan dari hasil validasi menunjukkan bahwa modul ajar memenuhi kriteria sangat valid, baik dari aspek materi maupun tampilan media, sehingga layak digunakan dalam tahap Implementasi.

### 3. Tahap Implementasi

Tahap Implementasi adalah langkah yang diambil setelah modul pembelajaran berbasis simulasi telah diperbaiki dengan baik, yaitu menerapkan modul tersebut kepada siswa menggunakan metode pembelajaran yang berbasis simulasi.

Implementasi dilakukan di SMK Negeri 1 Al-Mubarkeya pada kelas X TJKT 1 yang menjadi kelas sasaran penelitian. Kelas ini dipilih berdasarkan pertimbangan guru mata pelajaran bahwa siswa-siswa di kelas tersebut memiliki ketertarikan dan kemampuan awal yang baik dalam bidang jaringan dan teknologi digital, sehingga relevan untuk menerima pembelajaran berbasis proyek Internet of Things.

#### a. Waktu dan tempat pelaksanaan

Implementasi modul dilaksanakan pada :

- 1) Waktu Pelaksanaan : Rabu, 29 Oktober 2025
  - 2) Lokasi Kegiatan : Ruang Kelas X TJKT 1, SMKN 1 Al-Mubarkeya
- Jumlah Peserta : 22 orang

#### b. Langkah – langkah implementasi

Pelaksanaan implementasi dilakukan melalui beberapa tahapan pembelajaran yang tersusun secara sistematis. Tahap pertama diawali dengan pemberian pretest kepada peserta didik sebelum penggunaan modul ajar. Pretest dilakukan untuk mengukur kemampuan awal siswa pada ranah kognitif, terutama dalam memahami konsep dasar Internet of Things sebelum pembelajaran berlangsung.

Setelah pretest, pembelajaran dilanjutkan dengan pengenalan modul ajar dan pelaksanaan pembelajaran menggunakan modul ajar berbasis simulasi IoT. Peserta didik kemudian melaksanakan proyek IoT, yaitu pembuatan Sistem Alarm Kebakaran berbasis sensor suhu menggunakan platform Tinkercad. Selama kegiatan proyek berlangsung, peserta didik mengikuti langkah-langkah kerja yang terdapat pada Lembar Instruksi Kerja (LIK) dan LKPD yang disediakan dalam modul.

Pada saat peserta didik menyelesaikan proyek tersebut, dilakukan observasi keterampilan praktik (psikomotorik). Observasi bertujuan untuk menilai kemampuan peserta didik dalam menerapkan

konsep IoT secara langsung melalui simulasi. Aspek yang diamati meliputi persiapan alat dan komponen virtual, keterampilan menyusun rangkaian (wiring), pemrograman (coding), kemampuan menjalankan simulasi di Tinkercad, serta kemandirian peserta didik dalam menyelesaikan proyek. Observasi dilakukan menggunakan instrumen rubrik dengan skala penilaian 1–4, sehingga penilaian keterampilan psikomotorik siswa dapat dilakukan secara objektif dan sistematis.

Setelah seluruh rangkaian kegiatan pembelajaran dan praktik selesai dilaksanakan, peserta didik diberikan posttest. Posttest bertujuan untuk mengukur peningkatan kemampuan kognitif siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan modul ajar berbasis simulasi IoT. Dengan demikian, efektivitas modul ajar diukur melalui dua cara, yaitu tes kognitif (pretest dan posttest) serta tes psikomotorik (lembar instruksi kerja).

Hasil observasi keterampilan praktik peserta didik selama menyelesaikan proyek Sistem Alarm Kebakaran berbasis simulasi IoT menunjukkan bahwa siswa mampu mengikuti langkah-langkah praktik dengan baik. Observasi dilakukan untuk menilai keterampilan psikomotorik siswa yang meliputi persiapan komponen, ketepatan rangkaian pada Tinkercad, kebenaran pemrograman, kemampuan menjalankan simulasi, serta kemandirian dalam menyelesaikan proyek. Setiap aspek dinilai menggunakan rubrik skala 1–4. Berdasarkan rekapitulasi seluruh nilai individu peserta didik kelas X TJKT 1, menunjukkan nilai rerata yang diperoleh adalah 81,6 yang tergolong dalam kategori Sangat Praktis. Hal tersebut menunjukkan bahwa penerapan modul pengajaran berbasis simulasi IoT mampu membantu siswa dalam belajar secara mandiri dan teratur, serta efektif dalam mendukung pemahaman mereka mengenai konsep IoT melalui aktivitas praktikum berbasis proyek.

Selain pengukuran efektivitas melalui aspek kognitif dan psikomotorik, pada tahap implementasi juga dilakukan penilaian kepraktisan modul ajar. Penilaian kepraktisan bertujuan untuk mengetahui tingkat kemudahan penggunaan modul ajar dari sudut pandang pengguna, yaitu guru dan peserta didik, selama proses pembelajaran berlangsung.

Penilaian kepraktisan dilakukan melalui angket respon pengguna yang diberikan kepada guru mata pelajaran dan peserta didik setelah pelaksanaan pembelajaran. Aspek yang dinilai meliputi kemudahan memahami isi modul, kejelasan petunjuk penggunaan, keterlaksanaan langkah pembelajaran, kemudahan penggunaan simulasi Tinkercad, efisiensi waktu pembelajaran, serta kemandirian peserta didik dalam belajar.

Berdasarkan hasil analisis angket kepraktisan diperoleh hasil sebagai berikut:

- 1) Respon guru menunjukkan nilai persentase sebesar 100% dengan kategori sangat praktis, yang berarti modul ajar dinilai sangat mudah digunakan, sistematis, dan mendukung pelaksanaan pembelajaran berbasis proyek secara optimal.
- 2) Respon peserta didik menunjukkan nilai persentase sebesar 89% dengan kategori sangat praktis, yang menunjukkan bahwa modul ajar mudah dipahami, langkah-langkah kerja jelas, serta memudahkan peserta didik dalam melaksanakan proyek IoT secara mandiri menggunakan simulasi Tinkercad.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa modul ajar berbasis simulasi proyek IoT memiliki tingkat kepraktisan yang sangat tinggi, sehingga dikategorikan sebagai sangat praktis dan layak digunakan dalam pembelajaran IoT di SMK.

#### 4. Tahap Evaluasi

Tahap penilaian adalah langkah terakhir dalam desain modul pembelajaran yang menggunakan simulasi Internet of Things (IoT) dan bertujuan untuk mengukur sejauh mana efektivitas serta kemudahan penggunaan modul ajar setelah diterapkan dalam kegiatan belajar mengajar. Penilaian dilaksanakan untuk mengevaluasi sejauh mana modul ajar dapat meningkatkan prestasi siswa, baik dari segi kognitif maupun psikomotor.

Evaluasi di bidang kognitif dilakukan melalui pemberian pretest dan posttest kepada siswa. Pretest diberikan pada awal pembelajaran sebelum siswa menggunakan modul ajar, dengan tujuan untuk

mengukur kemampuan serta pemahaman awal siswa mengenai materi Internet of Things. Selanjutnya, setelah seluruh rangkaian pembelajaran dan pelaksanaan proyek berbasis simulasi IoT selesai dilaksanakan, peserta didik diberikan posttest untuk mengukur peningkatan pemahaman kognitif setelah menggunakan modul ajar.

Data nilai pretest dan posttest dianalisis lebih lanjut dengan menggunakan perhitungan N-Gain agar dapat mengetahui tingkat peningkatan capaian belajar siswa setelah mengikuti pembelajaran. Dengan menggunakan rata-rata nilai pretest yang sebesar 72 dan meningkat menjadi 84 pada posttest, serta skor maksimal 100, diperoleh hasil perhitungan N-Gain sebesar 0,43 tergolong pada tingkat sedang. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penerapan modul ajar dengan pendekatan simulasi IoT membantu meningkatkan pemahaman dan kemampuan berpikir siswa dalam memahami materi pembelajaran.

Nilai N-Gain yang berada pada kategori sedang ini dipengaruhi oleh beberapa faktor. Pertama, kemampuan awal siswa yang relatif sudah cukup baik menyebabkan ruang peningkatan tidak terlalu besar. Kedua, terdapat kendala teknis ringan selama proses simulasi, seperti kesalahan wiring virtual dan kesalahan sintaks program, yang memerlukan waktu tambahan untuk perbaikan sehingga mengurangi efektivitas waktu belajar. Ketiga, perbedaan kecepatan belajar antar siswa menyebabkan tidak semua siswa mencapai peningkatan yang maksimal dalam waktu yang sama.

Meskipun demikian, nilai N-Gain 0,43 tetap menunjukkan bahwa modul ajar berbasis simulasi IoT memberikan dampak positif terhadap peningkatan pemahaman kognitif siswa.

Selain aspek kognitif, evaluasi juga dilakukan pada aspek psikomotorik melalui observasi keterampilan praktik peserta didik saat menyelesaikan proyek pembuatan Sistem Alarm Kebakaran berbasis simulasi IoT menggunakan platform Tinkercad. Penilaian psikomotorik dilakukan menggunakan lembar instruksi kerja (LIK) dengan rubrik penilaian skala 1–4. Aspek yang dinilai meliputi persiapan alat dan komponen virtual, ketepatan rangkaian, pemrograman, kemampuan menjalankan simulasi, serta kemandirian dalam menyelesaikan proyek.

Berdasarkan pengamatan terhadap keterampilan praktik, didapatkan nilai rerata 81,6 yang mencerminkan tingkat kepraktisan yang sangat tinggi. Temuan ini menunjukkan bahwa siswa dapat menjalankan kegiatan praktik dengan baik dan modul pembelajaran yang dibuat dapat membantu siswa secara terstruktur dan mandiri dalam menyelesaikan proyek yang berbasis IoT. Aspek yang paling berhasil dikuasai siswa meliputi keterampilan menyusun rangkaian, memahami fungsi komponen, serta menerapkan logika pemrograman dasar dalam proyek IoT.

Secara keseluruhan, hasil evaluasi menunjukkan bahwa modul ajar berbasis simulasi Internet of Things (IoT) menggunakan Tinkercad telah memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif, serta layak digunakan sebagai bahan ajar pendukung pada mata pelajaran Informatika di SMK.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Melalui proses kajian serta pengembangan modul ajar yang memanfaatkan simulasi Internet of Things (IoT), diperoleh kesimpulan bahwa modul yang dihasilkan layak serta efektif untuk digunakan dalam proses belajar Informatika di kelas X TJKT 1 SMK Negeri 1 Al-Mubarkaya. Pengembangan modul ini dilakukan melalui tahapan ADDIE yang mencakup Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi.

Hasil penilaian di bidang kognitif menunjukkan bahwa terdapat kemajuan dalam pemahaman siswa setelah mereka memanfaatkan modul pengajaran yang berfokus pada simulasi IoT. Dari analisis pretest dan posttest yang dilakukan dengan rumus N-Gain, didapatkan nilai N-Gain sebesar 0,43 dengan kategori sedang. Hal ini menandakan bahwa modul ajar tersebut mampu memberikan peningkatan yang cukup besar terhadap pemahaman kognitif siswa mengenai materi Internet of Things dengan cukup baik.

Selain itu, hasil evaluasi pada aspek psikomotorik yang diperoleh melalui observasi keterampilan praktik menggunakan lembar instruksi kerja (LIK) menunjukkan rata-rata nilai sebesar 81,6 dengan kategori Sangat Praktis. Hasil ini

mengindikasikan bahwa peserta didik mampu melaksanakan kegiatan praktik proyek IoT secara mandiri, sistematis, dan sesuai dengan tahapan yang terdapat di modul ajar.

Hal ini menunjukkan bahwa modul ajar berbasis simulasi Internet of Things (IoT), secara efektif membantu meningkatkan hasil belajar kognitif dan praktis dalam mengembangkan keterampilan psikomotorik siswa, serta sesuai digunakan sebagai materi tambahan dalam pembelajaran berbasis proyek di SMK.

Berdasarkan studi yang dilakukan, peneliti menyampaikan beberapa rekomendasi sebagai berikut:

1. Bagi pengajar, modul pembelajaran yang berfokus pada simulasi IoT ini bisa dijadikan pilihan lain sebagai sumber ajar dalam mendukung pembelajaran berbasis proyek, terutama mengenai topik Internet of Things. Pengajar juga dianjurkan untuk menggabungkan modul tersebut dengan diskusi dan pendampingan yang mendalam agar hasil pembelajaran lebih maksimal.
2. Untuk Siswa, Diharapkan agar siswa dapat menggunakan modul pembelajaran ini secara mandiri guna memperdalam pengertian konsep serta kemampuan praktis IoT, baik melalui simulasi maupun dengan mengembangkan proyek yang lebih lanjut.
3. Untuk Peneliti Mendatang, Disarankan agar penelitian berikutnya menciptakan modul pengajaran yang berfokus pada IoT dengan materi yang lebih beragam, menggabungkan penggunaan perangkat keras IoT secara langsung, serta mengevaluasi seberapa efektif modul tersebut ketika diterapkan di lebih banyak kelas atau sekolah.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan rasa syukur dan terima kasih banyak kepada SMKN 1 Al Mubarkaya atas dukungan dan kesempatan yang diberikan dalam menjalankan kegiatan serta pengumpulan informasi yang berkaitan dengan pembuatan artikel ini. Dan Ucapan Terima kasih juga ditujukan kepada para guru, dan pihak lain yang telah memberikan bantuan serta informasi penting selama proses penelitian dan penyusunan artikel.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Setiadi, "Tantangan revolusi industri 4.0: Pembelajaran abad 21 di SMK," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Pendidik. Pascasarj. UNIMED*, vol. 3, no. 5, pp. 395–401, 2019.
- [2] A. Cahyadi Maseri, "PEMANFAATAN TEKNOLOGI IoT UNTUK Mendukung Pembelajaran Interaktif dan Pengelolaan Sarana Prasarana di Lembaga Pendidikan Islam UTILIZATION OF IoT TECHNOLOGY TO SUPPORT INTERACTIVE LEARNING AND MANAGEMENT OF FACILITIES IN INFRASTRUCTURE IN ISLAMIC EDUCATIO," *Sibatik J. | Vol.*, vol. 4, no. 6, pp. 899–918, 2025, [Online]. Available: <https://publish.ojs-indonesia.com/index.php/>
- [3] I. A. Huda, "Perkembangan Teknologi Informasi Dan Komunikasi (Tik) Terhadap Kualitas Pembelajaran Di Sekolah Dasar," *J. Pendidik. dan Konseling*, vol. 2, no. 1, pp. 121–125, 2020, doi: 10.31004/jpdk.v1i2.622.
- [4] R. A. Candra, D. N. Ilham, E. Sipahutar, and ..., "Implementasi simulator online Tinkercad dalam pembelajaran IoT untuk guru dan laboran SMK di Aceh Selatan," *DCS J. ...*, 2025, [Online]. Available: <https://journal.dcircle.org/index.php/dcs/article/view/75>
- [5] A. J. Putri, M. A. Setiawan, and H. Y. S. Putro, "Pendampingan minat bakat tinkercad coding simulator mengasah kemampuan berpikir kritis siswa untuk penguatan literasi numerasi," *J. Pembelajaran ...*, 2024, [Online]. Available: <https://riset.unisma.ac.id/index.php/JP2M/article/view/21983>
- [6] P. WIDIARINI, N. I. K. RAPI, and K. SUMA, "Efektivitas Penggunaan Laboratorium Virtual Tinkercad Berbasis Penilaian Proyek Terhadap Kreativitas Mahasiswa pada Matakuliah Elektronika Digital," *Sci. J. Inov. ...*, 2024, [Online]. Available: <https://jurnalp4i.com/index.php/science/article/view/3291>
- [7] T. H. Rochadiani, H. Santoso, and H. Mayatopani, "Pengembangan Computational Thinking Melalui IoT Apps Programming Dengan Tinkercad," *J. ABDINUS J. Pengabd. Nasant.*, vol. 6, no. 1, pp. 230–240, 2022, doi: 10.29407/ja.v6i1.16007.
- [8] L. Costaner, "Pelatihan Teknologi Internet of Things ( IoT ) bagi Pelajar Disekolah," vol. 9, no. 1, pp. 91–97, 2025.
- [9] A. Al-Fuqaha, M. Guizani, M. Mohammadi, M. Aledhari, and M. Ayyash, "Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications," *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 17, no. 4, pp. 2347–

- 2376, 2015, doi: 10.1109/COMST.2015.2444095.
- [10] K. Li *et al.*, “When Internet of Things Meets Metaverse: Convergence of Physical and Cyber Worlds,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 10, no. 5, pp. 4148–4173, 2023, doi: 10.1109/JIOT.2022.3232845.
- [11] Prof.Dr.Fadi Al-Turjman, “JOURNAL FOR ARTIFICIAL, INTELLIGENCE AND INTERNET OF THINGS” vol. 2, no. 1, pp. 1–65, 2023.
- [12] Baso Intang Sappaile *et al.*, “Effect Size Model Pembelajaran Project Based Learning Berbasis IoT terhadap Keterampilan Berpikir Abad 21 Siswa,” *Puan Indones.*, vol. 5, no. 2, pp. 605–614, 2024, doi: 10.37296/jpi.v5i2.222.
- [13] M. Overtadara, Firman, and Desyandri, “Penerapan Model Project Based Learning Dalam Meningkatkan Komunikasi Matematis Siswa Sekolah Dasar,” *Didakt. J. Ilm. PGSD STKIP Subang*, vol. 8, no. 2, pp. 2667–2678, 2023, doi: 10.36989/didaktik.v8i2.579.
- [14] S. D. Az-zahra and S. G. Zain, “Open Access PENGEMBANGAN MODUL PEMBELAJARAN MATA KULIAH INTERNET OF THINGS ( IOT ) BERBASIS PROYEK ( PROJECT BASED LEARNING ) DEVELOPMENT OF THE LEARNING MODULE FOR THE INTERNET OF THINGS ( IOT ) COURSE PROJECT BASED LEARNING ( PJBL ),” vol. 02, no. 02, pp. 436–443, 2025.
- [15] Elisa Rosa *et al.*, “Project-Based Learning dalam Pembelajaran Proyek IoT untuk meningkatkan Computational Thinking dan Kolaborasi Siswa,” *J. Petisi*. vol. 06, no. 02, pp. 99–113, 2025.
- [16] A. P. Sari and M. Munir, “Pemanfaatan Teknologi Digital dalam Inovasi Pembelajaran untuk Meningkatkan Efektivitas Kegiatan di Kelas,” *Digit. Transform. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 977–983, 2024, doi: 10.47709/digitech.v4i2.5127.
- [17] Riskawati, S. Said, and N. M. Herman, “Efektivitas Simulasi Pola LED Menggunakan Tinkercad: Media Pembelajaran Inovatif pada Elektronika Dasar,” *J. Pendidik. Fis. Undiksha*, vol. 14, no. 3, pp. 524–531, 2024, doi: 10.23887/jjpf.v14i3.87201.
- [18] R. R. Admutia and A. D. Samala, “Pengembangan E-Jobsheet Pada Pembelajaran Mikroprosesor Dan Mikrokontroler Berbantu Tinkercad,” vol. 8, pp. 27713–27723, 2024.
- [19] S. Ulfa, A. I. Irvani, and R. Warliani, “Pengembangan Modul Ajar Fisika Kurikulum Merdeka,” *J. Pendidik. Fis. dan Sains*, vol. 7, no. 1, pp. 51–59, 2024, doi: 10.52188/jpfs.v7i1.562.
- [20] U. I. N. Sultan and S. Kasim, “Pengembangan Model ADDIE ( Analisis , Design , Development , Implemetation , Evaluation ),” vol. 8, 2024.
- [21] I. M. Syahid, N. A. Istiqomah, and K. Azwary, “Model ADDIE dan ASSURE dalam pengembangan media pembelajaran,” *J. Int. ...*, 2024, [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/118809575/422.pdf>
- [22] F. Febrinita and U. I. Balitar, “ditempuh mahasiswa Program Studi,” vol. 5, no. 1, pp. 1–9, 2022.
- [23] J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, and M. Palaniswami, “Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions,” *Futur. Gener. Comput. ...*, 2013, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X13000241>
- [24] S. Madakam, R. Ramaswamy, and ..., “Internet of Things (IoT): A literature review,” *J. ...*, 2015.
- [25] A. Kadir, “Panduan Praktis Mempelajari aplikasi mikrokontroler dan pemrogramannya menggunakan Arduino,” *Yogyakarta Andi*, 2013.
- [26] M. S. Novelan and M. Amin, “Monitoring system for temperature and humidity measurements with DHT11 sensor using nodeMCU,” *Int. J. Innov. Sci. ...*, 2020.