

Pengembangan Alat Peraga IoT Menggunakan Mikrokontroler NodeMCU ESP 8266 sebagai Media Pembelajaran Teknologi Industri 4.0 SMK Muhammadiyah 7 Gondanglegi

Muhammad Bayu Setya Wahyu Atmaja¹, Anik Nur Handayani², I Made Wirawan³

1. Universitas Negeri Malang, Indonesia | moh.bayu96@gmail.com
2. Universitas Negeri Malang, Indonesia | aniknur.ft@um.ac.id
3. Universitas Negeri Malang, Indonesia | made.wirawan.ft@um.ac.id

Abstrak

Revolusi Industri 4.0 mempunyai dampak besar bagi berkembangnya sains dan teknologi, dimana teknologi dioperasikan untuk meminimalisir manusia dalam pengaplikasiannya demi ketepatan biaya, tenaga, waktu serta pemasukan informasi dalam waktu yang sama sesuai saat dibutuhkan melalui jaringan internet. Hasil wawancara dengan guru pengampu mata Pelajaran Instalasi Penerangan Listrik menunjukkan bahwa materi IoT masih baru dan belum ada media pembelajaran yang tersedia di kompetensi dasar teknologi IoT dalam mata pelajaran tersebut. Media pembelajaran yang dibutuhkan adalah *jobsheet* dan alat peraga sehingga perlu dikembangkan media pembelajaran yang sesuai dengan kompetensi dasar dan mata pelajaran yang ada. Penelitian dilakukan sesuai strategi Sugiyono dan dilaksanakan dalam beberapa langkah yaitu Potensi dan Masalah, Pengumpulan Data, Desain Produk, Validasi Desain, Revisi Desain, Uji Coba Produk, Revisi Produk, Uji Coba Pemakaian, Revisi Produk, dan Produksi. Penelitian dan pengembangan yang dilakukan telah menghasilkan produk berupa alat peraga dan *jobsheet* yang lolos uji kelayakan media belajar Revolusi Industri 4.0 yang menggunakan NodeMCU ESP 8266 12E. Hasil dari validitas produk yang dikembangkan memperoleh rata-rata validitas 89.06% untuk alat peraga dan 91.11% untuk *jobsheet* yang masuk pada kriteria sangat valid untuk alat peraga dan *jobsheet*. Kesimpulan dari penelitian ini, dari hasil rerata validasi dan uji coba *jobsheet* dan alat peraga yang telah dikembangkan, media pembelajaran tersebut layak dan dapat digunakan dalam kegiatan belajar dan pembelajaran Revolusi Industri ke 4.0.

Kata Kunci

Revolusi Industri 4.0, IoT, Smart Building, Instalasi Penerangan Listrik

1. Pendahuluan

Perkembangan dalam dunia industri dari masa ke masa yang dimulai dari Revolusi Industri 1.0 hingga Revolusi Industri 4.0. Revolusi Industri 4.0 merupakan perkembangan teknologi yang dioperasikan untuk meminimalisir manusia dalam proses mengaplikasikan demi ketepatan biaya, tenaga, waktu serta pemasukan informasi dalam waktu yang sama sesuai saat dibutuhkan melalui jaringan internet. Perkembangan Industri 4.0 sangat membawa peran bagi ilmu pengetahuan dan teknologi yaitu munculnya berbagai macam pembaruan gagasan, diantaranya Internet of Things (IoT), Big Data, percetakan 3D, *Artificial Intelligence* (AI), kendaraan tanpa pengemudi, rekayasa genetika, robot, dan mesin pintar (Anwar and Hermanto, 2020). Teknologi jaringan internet yang sedang berkembang saat ini salah satunya adalah IoT.

Masuknya Era Revolusi Industri 4.0 dimana keberadaan IoT menjadi salah satu ciri utamanya telah membuat perubahan yang sangat signifikan di berbagai sektor kehidupan. IoT adalah jaringan objek fisik atau "sesuatu" yang disematkan dengan elektronik, perangkat lunak, sensor, aktuator, dan konektivitas untuk memungkinkan objek bertukar data dengan produsen, operator, dan/atau perangkat lain yang terhubung. Pembauran teknologi Revolusi Industri 4.0 hingga menjadi kesatuan yang utuh dalam tata kelola suatu instansi yang mengadopsi sistem pintar menjadi mungkin berkat eksistensi IoT dalam lingkup area tersebut (Utomo, 2020). IoT merupakan suatu konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus menerus (Wijayanti, 2022). Pada dasarnya IoT mengacu pada benda yang dapat diidentifikasi secara unik sebagai representatif *virtual* dalam struktur berbasis internet.

Cara kerja IoT adalah interaksi antara sesama mesin yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan user dan dalam jarak berapa pun. Agar tercapainya cara kerja IoT tersebut diatas internet menjadi penghubung di antara kedua interaksi mesin tersebut, sementara user hanya bertugas sebagai pengatur dan pengawas bekerjanya alat tersebut secara langsung. Manfaat yang didapatkan dari konsep IoT ialah pekerjaan yang dilakukan bisa menjadi lebih cepat, mudah dan efisien. Sistem dasar dari IoT terdiri dari 3 hal yaitu: *Hardware*/fisik (*Things*), koneksi internet, dan *Cloud Data Center*, tempat untuk menyimpan atau menjalankan aplikasinya (Wijayanti, 2022).

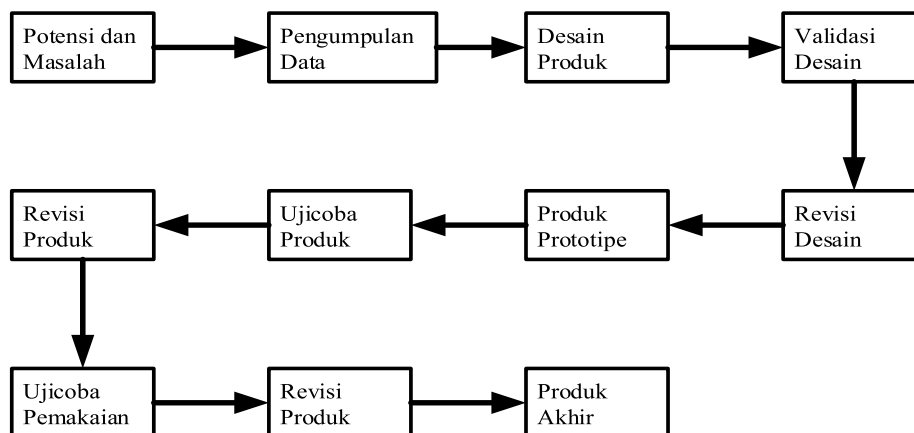
Potensi untuk berkembang revolusi industri agar lebih meluas adalah memasukkan pengetahuan tentang IoT pada generasi muda agar generasi mendatang paham akan kegunaan digital dan internet dalam Revolusi Industri 4.0. IoT sendiri sudah banyak diterapkan dalam bidang rekayasa untuk kontrol penerangan (Alfith and Dini, 2021; Putra, 2020; Widiyono et al., 2023). Salah satu langkah dalam menyalurkan pengetahuan tentang revolusi industri 4.0 yaitu dengan menyediakan media pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik terkait perkembangan revolusi industri 4.0. Media pembelajaran berfungsi untuk memperjelas pesan agar tidak terlalu verbalitas mengatasi keterbatasan ruang, waktu, tenaga, dan daya indra, menimbulkan gairah belajar, memungkinkan peserta didik belajar sesuai bakat dan kemampuan,

visual, auditori, dan kinestetiknya, dan memberikan ransangan dan presepsi yang sama (Kause, 2019).

Dalam mata pelajaran Instalasi Penerangan Listrik terdapat kompetensi yang terkait dengan IoT. Di SMK Muhammadiyah 7 Gondanglegi, kompetensi ini merupakan kompetensi baru dimana belum ada media pembelajaran yang dapat digunakan dalam pembelajaran praktek. Potensi yang ditemukan adalah terdapat kebutuhan media pembelajaran berupa alat peraga IoT yang didesain untuk menyediakan media pembelajaran revolusi industri 4.0. Hal ini disebabkan oleh meskipun telah banyak yang mengembangkan kendali penerangan dengan IoT, tapi belum ada yang menerapkan kendali penerangan tersebut dalam bentuk alat peraga yang digunakan untuk belajar di SMK. Penerapan alat peraga memungkinkan siswa memperoleh pengetahuan dan mengembangkan keterampilan psikomotorik serta menumbuhkan kreatifitas siswa untuk memecahkan permasalahan yang dihadapi oleh peserta didik. Dengan demikian akan tercipta suatu proses pembelajaran yang berkualitas (Kause, 2019). Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan media pembelajaran berupa alat peraga serta jobsheet yang akan diuji cobakan ke siswa SMK Muhammadiyah 7 Gondanglegi.

2. Metode Penelitian

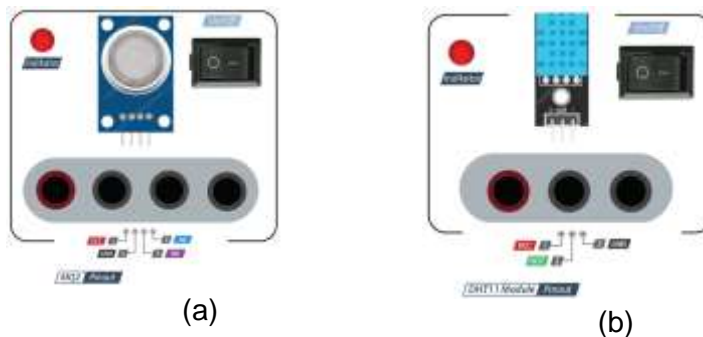
Penelitian dan pengembangan ini difokuskan untuk menguji kelayakan dari suatu produk dari produk. Metode penelitian dan pengembangan yaitu suatu usaha yang mana dilakukan untuk mengembangkan produk tertentu dan menguji keefektifan dari produk tersebut (Sugiyono, 2016). Adapun langkah-langkah pengembangan menurut Sugiyono adalah (1) Potensi dan Masalah; (2) Pengumpulan Data; (3) Desain Produk; (4) Validasi Desain; (5) Revisi Desain; (6) Uji coba Produk; (7) Revisi Produk; (8) Uji coba Pemakaian; (9) Revisi Produk; (10) Produk Akhir seperti yang terlihat dalam Gambar 1.



Gambar 1 Model Pengembangan Sugiyono

Setelah ditemukan potensi dan masalah di sekolah tempat penelitian, selanjutnya dilakukan pengumpulan data. Data yang dikumpulkan meliputi arsitektur IoT serta komponen untuk menyusun alat peraga. Media pembelajaran yang dikembangkan merupakan alat peraga yang menggunakan teknologi IoT beserta jobsheet. Dalam konsep IoT, arsitektur IoT adalah suatu sistem yang menghubungkan antar perangkat agar proses komunikasi data dapat berjalan. Pada dasarnya dalam membangun arsitektur IoT terdiri dari tiga layer yaitu *Perception layer*, *Network layer* dan *Application layer* (Jan et al., 2019).

Perception layer adalah bagian terbawah pada arsitektur IoT yang bertanggung jawab atas pengumpulan berbagai jenis informasi melalui sensor dan aktuator yang digunakan untuk menghasilkan data kemudian diproses untuk memperoleh informasi yang akan dikirim ke *Network layer* (Aarika et al., 2020). Dalam penelitian yang dikembangkan layer persepsi adalah web browser, sensor DHT 11 dan MQ2 yang dapat ditunjukkan oleh Gambar 2 (a) dan 2 (b).

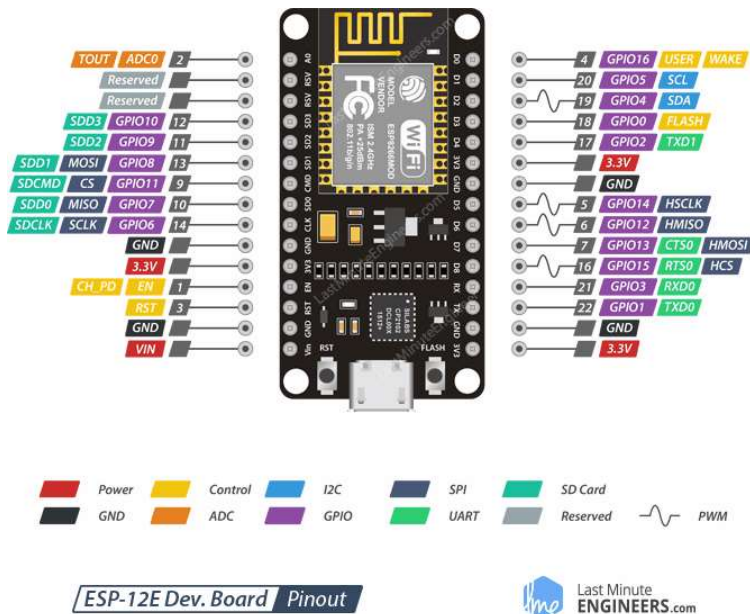


Gambar 2 *Perception Layer*

Network layer adalah layer yang bertanggung jawab untuk mentransmisikan dan melakukan *reouting* pada data yang telah diterima dari *perception layer*. *Device* yang digunakan adalah perangkat yang mampu terhubung dengan internet. Secara garis besar *network layer* bertanggung jawab untuk menghubungkan persepsi layer dengan internet atau perangkat terkoneksi (Bello et al., 2017).

Alat peraga IoT ini dibuat untuk menyediakan media pembelajaran berupa rangkaian elektronika yang terdiri atas kontroler NodeMCU ESP 8266, sensor dengan komponen output yang beroperasi dalam suatu jaringan. Dalam produk ini terdapat dua sumber tegangan opsional terdapat DC dan AC, namun penggunaan sumber AC lebih diutamakan. Sumber DC terdapat voltase input (V_{in}) dengan port usb mini b sebagai upload data dan suplai tegangan DC pada NodeMCU ESP 8266. Pada bagian sumber AC terdapat steker yang terhubung dengan sumber 220VAC dimana konektor yang digunakan pada alat peraga setelah sumber AC yaitu, konektor dalam bentuk jek banana fasa dan netral. Alat peraga menggunakan jumper untuk menyambungkan antar komponen baik DC maupun AC dan menggunakan relay untuk menyambungkan antara kontrol dan output.

Kontroler perangkat yang mampu melakukan koneksi dengan internet dan sekaligus kontroler yang digunakan dalam pengembangan adalah NodeMCU ESP 8266 12E, dimana pemilihan kontroler didasarkan atas wifi modul yang sudah *embeded system* di dalamnya (LastMinuteEngineers.com, 2022). Kontroler NodeMCU ESP 8266 dapat dilihat dalam Gambar 3.



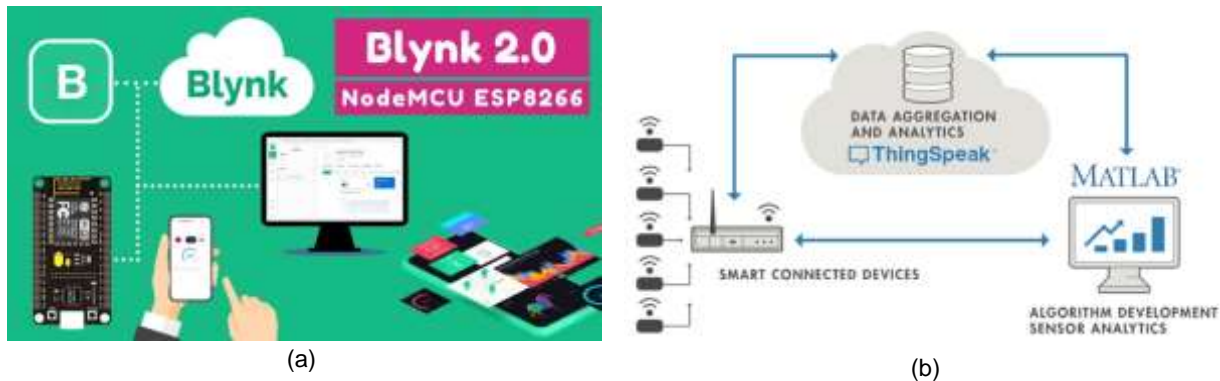
ESP-12E Dev. Board Pinout

Last Minute ENGINEERS.com

Gambar 3 NodeMCU ESP 8266 12E

Application Layer merupakan layer yang memiliki kerahasiaan, keaslian dan integritas data. Memiliki tujuan dari proses informasi akhir IoT yaitu pada layer ini. Dimana pada layer aplikasi, informasi yang diterima dapat diterapkan menjadi sebuah teknologi yang cerdas (Yassein, Muneer Bani Shatnawi, Mohammed Q. Al-zoubi, 2016). *Platform* yang digunakan untuk kepentingan IoT versi *mobile* baik iOS maupun Android yang digunakan sebagai kendali atau kontrol layaknya arduino maupun ESP 8266 dan modul kontroler sejenisnya dengan tanpa menggunakan sebuah kabel dalam proses transformasi data melainkan dihubungkan dengan jaringan internet. *Platform* yang digunakan yaitu Blynk dan ThingSpeak.

Software aplikasi yang digunakan untuk mengontrol keluaran maupun logika alat peraga menggunakan platform IoT yang bisa dijalankan pada android maupun ios dengan nama Blynk (Blynk, n.d.) dalam Gambar 4 (a) dan cloud di personal komputer dengan nama ThingSpeak (Thingspeak, n.d.) dalam Gambar 4 (b).



Gambar 4 Blynk & ThingSpeak(

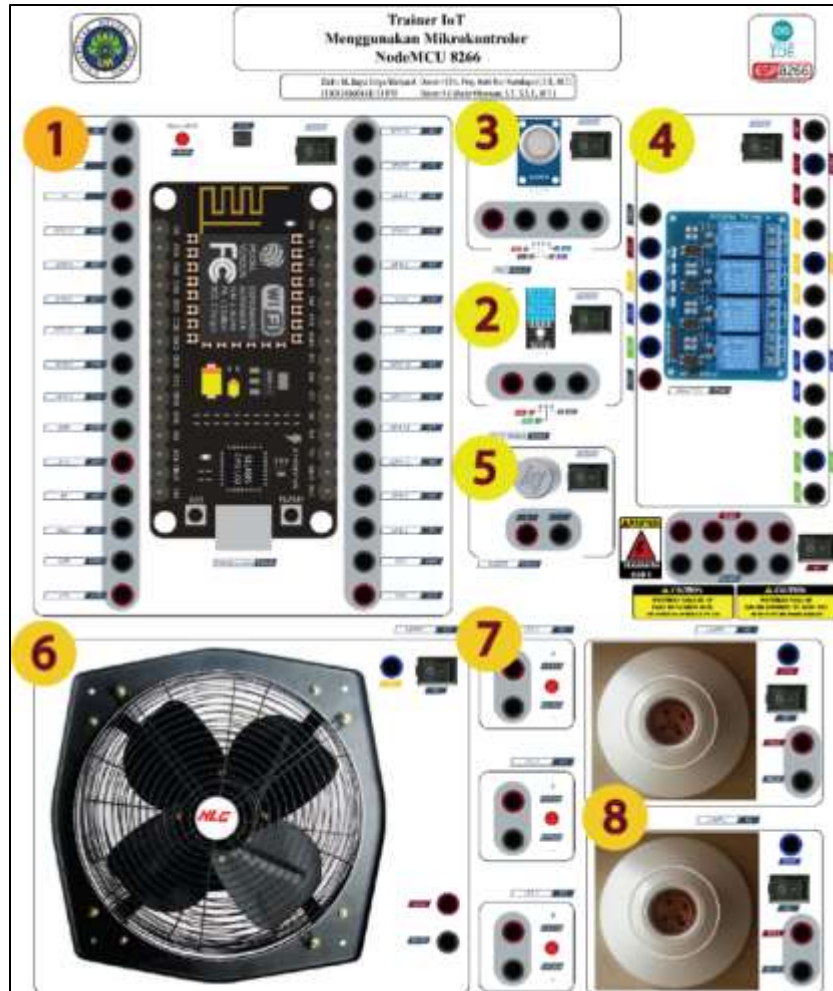
Setelah melakukan pengumpulan data, selanjutnya dilakukan desain produk yang berupa alat peraga dan jobsheet. Desain produk tersebut divalidasi oleh ahli. Jika ada revisi dari ahli maka dilakukan revisi sebelum dilanjutkan dengan pembuatan produk. Setelah produk penelitian selesai dibuat, lalu dilanjutkan dengan uji coba kepada peserta didik kelas XI TITL SMK Muhammadiyah 7 Gondanglegi yang telah menempuh mata pelajaran Instalasi Penerangan Listrik. Peserta didik ini merupakan populasi penelitian yang berjumlah 35. Sampel penelitian ini dipilih menggunakan cara sampling jenuh dimana sampel berjumlah sesuai dengan populasi yang ada.

Pengambilan data penelitian dilakukan menggunakan instrumen data berupa kuesioner. Sesuai dengan pendapat kuesioner adalah teknik dalam pengumpulan suatu data yang mana diberlakukan dengan memberikan satu paket pertanyaan atau pernyataan tertulis kepada responden untuk dijawabnya (Sugiyono, 2016). Bentuk kuesioner yang dipergunakan dalam melakukan pengumpulan data pada pengembangan produk ini adalah kuesioner tertutup dan kuesioner terbuka. Kuesioner tertutup merupakan pertanyaan yang diberikan pada responden dan memberikan wewenang untuk memilih alternatif jawaban yang telah disediakan (Sugiyono, 2016). Kuesioner terbuka merupakan pertanyaan yang diberikan pada responden dan memberikan wewenang untuk menjawab sesuai dengan kehendak dan keadaan jawaban responden dengan kalimat mereka sendiri. Penilaian tiap butir instrumen menggunakan skala pengukuran rating scale. Skala pengukuran yang digunakan yaitu model rating scale yaitu skala rating data nominal (data bukan nol mutlak; berupa data kategorik) yang diperoleh berupa angka setelah ditafsirkan dari pengertian kualitatif.

3. Hasil Dan Pembahasan

Media yang dikembangkan berwujud *alat peraga* dan *jobsheet* IoT yang diharapkan mampu menunjang mata pelajaran yang akan dikembangkan dalam SMK Muhammadiyah 7 Gondanglegi Media pembelajaran teknologi industri 4.0. Hasil pengembangan media pembelajaran *alat peraga* IoT Desain dan penempatan komponen pada alat peraga dapat ditinjau pada Gambar 5,

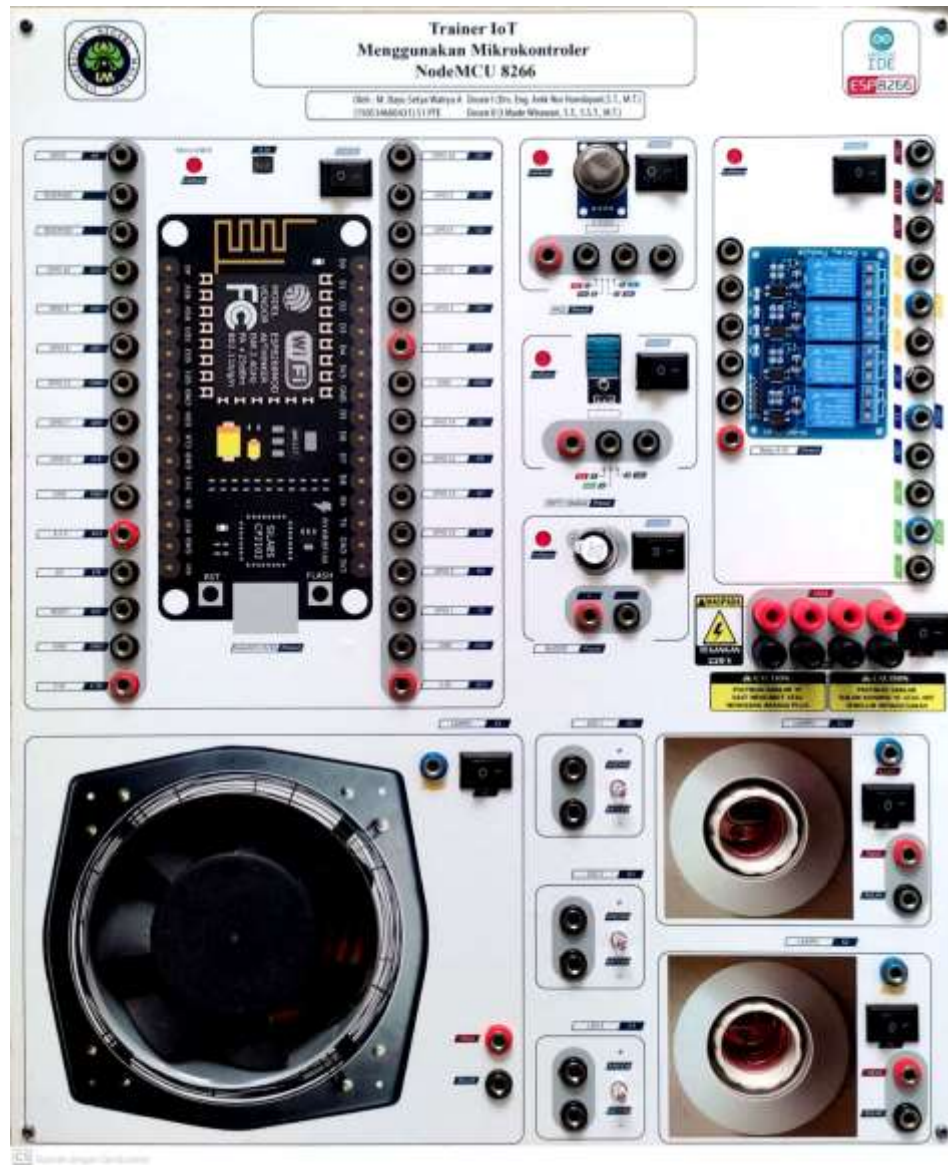
penomoran nama komponen dapat ditinjau pada Tabel 1. Hasil alat peraga yang dikembangkan dapat dilihat dalam Gambar 6, 7, dan 8.



Gambar 5 Alat Peraga yang Dikembangkan

Tabel 1 Nama Komponen dalam Alat Peraga

No	Nama Komponen	Status Komponen	Spesifikasi	Tegangan Operasi
1	NodeMCU ESP 8266	Kontroler	Kontroler	3,3 – 12 VDC
2	DHT 11	Input/sensor	Sensor Suhu	3,3 – 5 VDC
3	MQ2	Input/sensor	Sensor gas	3,3 – 5 VDC
4	Relay 4 sambungan	Output AC/DC	Output AC/DC	Max 30VDC/250VAC
5	Buzzer	Output	Output (DC)	3,3 – 5 VDC
6	Kipas Angin	Output	Output (AC)	220 VAC
7	Led Merah	Output	Output (DC)	1,6 – 2 VDC
8	Lampu	Output	Output (AC)	220 VAC



Gambar 6 Alat Peraga Yang Dikembangkan Tampak Atas

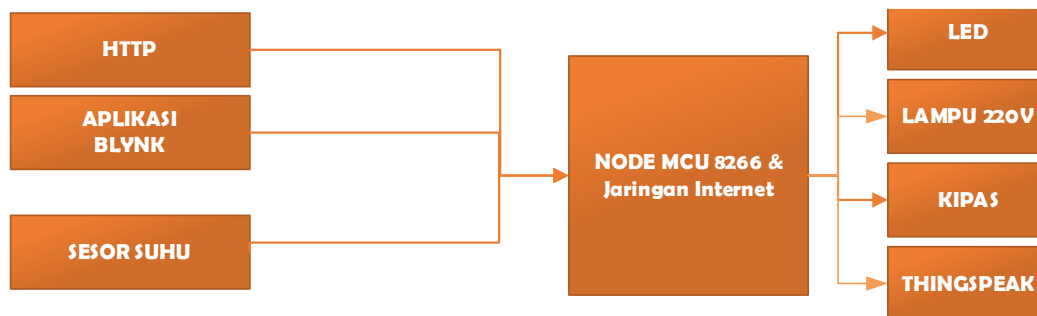


Gambar 7 Alat Peraga Tampak Samping Depan



Gambar 8 Alat Peraga Tampak Samping Belakang

Blok sistem Alat peraga IoT yang digunakan baik input proses dan output ditampilkan pada diagram balok dalam Gambar 9. Cover *jobsheet* yang dikembangkan pada penelitian ini ditampilkan dalam Gambar 10.

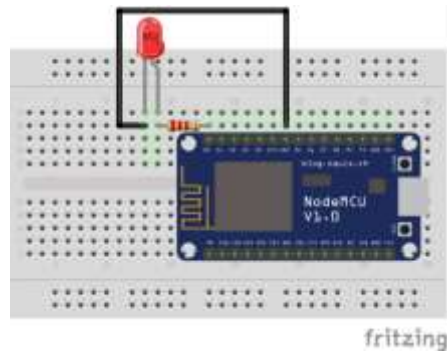


Gambar 9 Diagram Balok Alat Peraga



Gambar 10 Jobsheet yang Dikembangkan

Dalam penelitian dan pengembangan yang dikembangkan terdapat 3 jobsheet yang dapat digunakan untuk mempelajari *Internet of Things*. *Jobsheet 1* digunakan untuk menyalakan lampu led dengan HTML yang dibuat secara sederhana di browser dan untuk menyalakan dan mematikan led. Skema rangkaian untuk *Jobsheet 1* dapat dilihat dalam Gambar 11. Tampilan HTML yang digunakan untuk mengendalikan keluaran pada web browser yang dikembangkan dapat dilihat dalam Gambar 12.

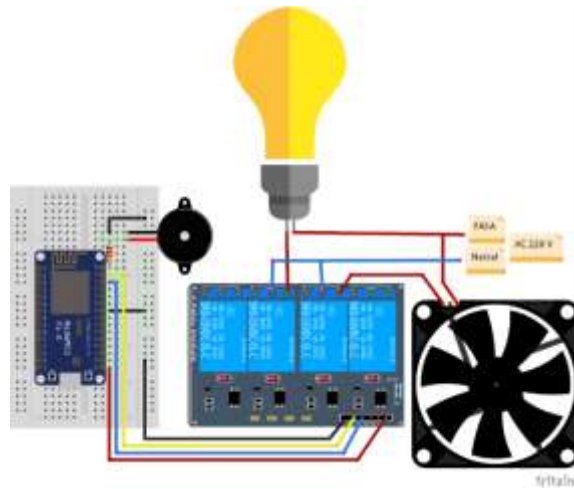


Gambar 11 Skema Rangkaian *Jobsheet 1*

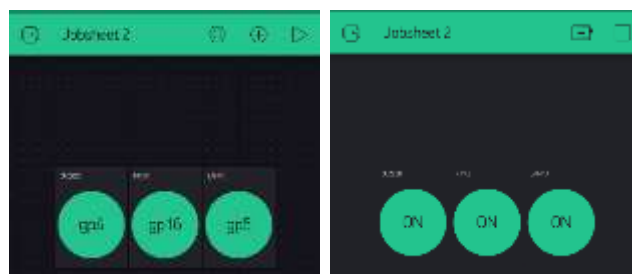


Gambar 12 Kendali Output Menggunakan Web Browser

Jobsheet 2 yaitu menggunakan platform Blynk digunakan sebagai pengganti saklar mekanik dengan terkoneksi dengan internet dengan jaringan internet yang sama. Blynk digunakan sebagai inputan dan masuk ke mikrokontroler untuk mengendalikan beban tegangan AC. Skem rangkaian *Jobsheet 2* dapat dilihat dalam Gambar 13. Gambar 14 adalah tampilan aplikasi blynk yang digunakan untuk mengontrol keluaran pada alat peraga yang dikembangkan.



Gambar 13 Skema Rangkaian *Jobsheet 2*

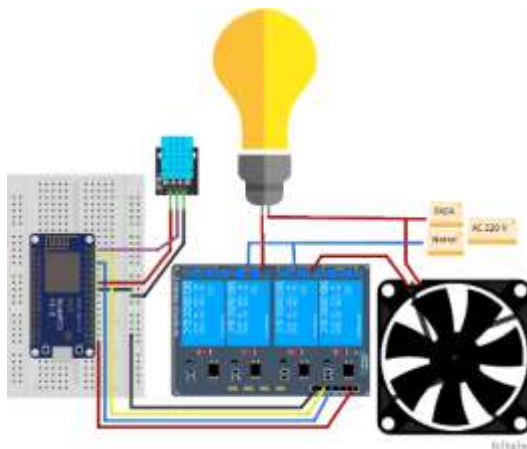


Gambar 14 Tampilan Kontrol Output Pada Aplikasi Blynk

Jobsheet 3 menggunakan Thingspeak yang digunakan sebagai monitor suhu DHT 11 dengan jaringan internet. Tampilan monitor terdapat pada Gambar 15. Gambar 16 merupakan rangkaian pada *Jobsheet 3* yang dikembangkan.



Gambar 15 Tampilan Monitoring pada Thingspeak



Gambar 16 Skema Rangkaian *Jobsheet* 3

Validasi dilakukan oleh ahli media dan ahli materi terhadap alat peraga dan *jobsheet* IoT menggunakan NodeMCU ESP 8266, yaitu dosen Jurusan Teknik Elektro Universitas Negeri Malang dan guru SMK Muhammadiyah 7 Gondanglegi. Hasil validasi media mengenai *alat peraga & jobsheet* media yang dikembangkan mendapatkan nilai rerata 89,06 % dengan keterangan kriteria validasi sangat valid dari skala nilai 85,01 % - 100,00 % yang dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Validasi Media Alat Peraga dan *Jobsheet*

No	Indikator	TSe	TSh	%	Keterangan
1	Kualitas Teknik	23	26	88.46%	Sangat Valid
2	Kelengkapan	15	17	88.24%	Sangat Valid
3	Penyajian	19	21	90.48%	Sangat Valid
Jumlah		57	64		
Rata-Rata				89.06%	Sangat Valid

Hasil validasi materi pada *alat peraga & jobsheet* yang dikembangkan mendapatkan nilai rerata 91,11 % dengan keterangan kriteria validasi sangat valid dari skala nilai 85,01 % - 100,00 % dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Validasi Materi Alat Peraga dan *Jobsheet*

No	Prediktor	TSe	TSh	%	Keterangan
1	Kesesuaian (<i>Alat peraga</i>)	22	24	91.67%	Sangat Valid
2	Kemudahan Penggunaan	34	40	85.00%	Sangat Valid
3	Kualitas Teknis	31	32	75.00%	Cukup Valid
4	Kesesuaian (<i>Jobsheet</i>)	16	16	100.00%	Sangat Valid
5	Kelengkapan	19	20	95.00%	Sangat Valid
6	Penyajian	24	24	100.00%	Sangat Valid
Jumlah		146	156		
Rata-Rata				91.11%	Sangat Valid

Hasil dari uji coba produk pada kelompok kecil didapatkan mendapatkan nilai rerata 98,00% dengan keterangan kriteria validasi sangat valid yang dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Uji Coba Produk

No	Prediktor	TSe	TSh	%	Keterangan
1	Kesesuaian	80	80	100.00%	Sangat Valid
2	Kelengkapan	180	200	90.00%	Sangat Valid
3	Kemudahan Penggunaan	200	200	100.00%	Sangat Valid
4	Kemampuan Media	240	240	100.00%	Sangat Valid
5	Kualitas Teknis	400	400	100.00%	Sangat Valid
Jumlah		1100	1120		
Rata-Rata				98.00%	Sangat Valid

Hasil dari ujicoba pemakaian didapat data nilai rerata 90,00% dengan keterangan kriteria validasi sangat valid dari skala nilai 85,01 % - 100,00 pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Uji Coba Pemakaian

No	Prediktor	TSe	TSh	%	Keterangan
1	Kesesuaian	200	200	100,00%	Sangat Valid
2	Kelengkapan	425	500	85,00%	Sangat Valid
3	Kemudahan Penggunaan	400	500	80,00%	Sangat Valid
4	Kemampuan Media	525	600	87,50%	Sangat Valid
5	Kualitas Teknis	925	1000	92,50%	Sangat Valid
Jumlah		1550	2800		
Rata-Rata				89,00%	Sangat Valid

4. Kesimpulan

Produk yang dikembangkan dan telah direvisi yaitu berupa alat peraga IoT berbasis NodeMCU 8266. *Jobsheet* yang dikembangkan pada mata pelajaran Instalasi Penerangan Listrik yang digunakan pada murid kelas XI Jurusan Teknik Instalasi Tenaga Listrik SMK Muhammadiyah 7 Gondanglegi. Pengujian alat peraga dan *jobsheet* mendapatkan hasil yang sangat valid, baik dari ahli media dan ahli materi, media pembelajaran yang dikembangkan dan diujicobakan mendapatkan hasil yang layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran.

Alat Peraga yang dikembangkan dapat digunakan di semua sekolah menengah kejuruan, namun perlu mempertimbangkan karakteristik siswa, dan fasilitas sekolah dengan demikian penyebaran produk dapat dilakukan dengan baik. Pengembangan alat peraga tidak hanya menggunakan NodeMCU 8266 namun juga bisa menggunakan Arduino dengan ditambahkan modul yang mampu melakukan komunikasi dengan jaringan internet. Alat peraga yang dikembangkan dapat menjadi alat peraga *smart building* dengan kegunaan efisiensi daya.

Daftar Rujukan

Aarika, K., Bouhlal, M., Abdelouahid, R.A., Elfilali, S., Benlahmar, E., 2020. Perception layer security in the internet of things. *Procedia Computer Science*, The 17th International

- Conference on Mobile Systems and Pervasive Computing (MobiSPC), The 15th International Conference on Future Networks and Communications (FNC), The 10th International Conference on Sustainable Energy Information Technology 175, 591–596. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.07.085>
- Alfith, Dini, R.A., 2021. Internet of Thing Sistem Pengendalian Lampu Jarak Jauh Menggunakan Nodemcu Amica CP2102 berbasis Mobile. *Jurnal Teknik Elektro* 10, 93–98. <https://doi.org/10.21063/JTE.2021.31331014>
- Anwar, S., Hermanto, 2020. Pemanfaatan Internet of Thing (IoT) Dalam Pengendalian Lampu Dan Kipas Berbasis Android. *Jurnal RESTIKOM : Riset Teknik Informatika dan Komputer* 2, 17–31. <https://doi.org/10.52005/restikom.v2i1.63>
- Bello, O., Zeadally, S., Badra, M., 2017. Network layer inter-operation of Device-to-Device communication technologies in Internet of Things (IoT). *Ad Hoc Networks, Special Issue on Internet of Things and Smart Cities*: security, privacy and new technologies 57, 52–62. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2016.06.010>
- Blynk, n.d. Get started with Blynk [WWW Document]. URL <https://blynk.io/getting-started> (accessed 8.26.24).
- Jan, M.A., Khan, F., Alam, M., 2019. *Recent Trends and Advances in Wireless and IoT-enabled Networks*. Springer.
- Kause, M.C., 2019. Rancang Bangun Alat Peraga Fisika Berbasis Arduino (Studi Kasus Gerak Jatuh Bebas). *CYCLOTRON*. <https://doi.org/10.30651/cl.v2i1.2511>
- LastMinuteEngineers.com, 2022. Insight Into ESP8266 NodeMCU Features & Using It With Arduino IDE [WWW Document]. URL LastMinuteEngineers.com
- Putra, D.E., 2020. Perancangan Smarthome Terintegrasi IoT untuk Kendali Penerangan Rumah Tinggal dan Monitoring Suhu Berbasis Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 | *Jurnal Teknik Elektro*. *Jurnal Teknik Elektro* 10.
- Sugiyono, 2016. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta, Bandung.
- Thingspeak, n.d. Collect Data in a New Channel - MATLAB & Simulink [WWW Document]. URL <https://www.mathworks.com/help/thingspeak/collect-data-in-a-new-channel.html> (accessed 8.26.24).
- Utomo, T., 2020. Potensi Implementasi Internet of Things (IoT) untuk Perpustakaan.
- Widiyono, W., Wibowo, A.P., Hapsoro, H.W., 2023. Sistem Pengendalian Swich Lampu Penerangan Berbasis Internet of Things (IoT): Internet of Thing, Sistem Pengendalian, GPIO Raspberry Pi. *IC-Tech* 18, 42–47. <https://doi.org/10.47775/ictech.v18i1.263>
- Wijayanti, M., 2022. Prototype Smart Home dengan NodeMCU ESP8266 Berbasis IoT. *Jurnal Ilmiah Teknik* 1, 101–107. <https://doi.org/10.56127/juit.v1i2.169>
- Yassein, Muneer Bani Shatnawi, Mohammed Q. Al-zoubi, D., 2016. Application Layer Protocols for the Internet of Things: A survey. 2016 International Conference on Engineering & MIS (ICEMIS). <https://doi.org/10.1109/icemis.2016.7745303>