

Rancang Bangun Teaching Aid Data Communication Sebagai Perangkat Pembelajaran Praktikum Komunikasi Data IoT dan Mikrokontroler

Sarosa Castrena Abadi¹, Aris Budiarto², Hadi Supriyanto³,

Muhammad Giri Suhada⁴, Cepi Ramdani⁵

[Submission: 30-11-2024, Accepted: 31-12-2024]

Abstract— Learning media serves as a supplementary instrument, devised with the objective of streamlining the pedagogical process. This pedagogical tool assists educators in conveying material in a more lucid and engaging manner, thereby facilitating student comprehension of the subject matter. The paucity of learning aids in the laboratory of the Department Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung, impedes the efficacy of the learning process, particularly in regard to practicum activities necessitating a comprehensive grasp of data communication, microcontrollers, and Internet of Things (IoT) technology. Accordingly, the objective of this research is to construct a teaching aid device comprising an assortment of Internet of Things (IoT)-based data communication modules and STM32 and ESP32 microcontrollers. The research methodology employs the 4D method, encompassing the phases of Define, Design, Development, and Dissemination. The functionality test results indicate that each module operates in accordance with the stipulated specifications. However, the usability test results yielded an average score of 55.3, indicating the necessity for further refinement to enhance the ease of use of the teaching aid device. The dissemination of the device is facilitated through socialization activities within the broader community and its incorporation into practicum lectures.

Keyword— 4D method; ESP32; IoT; STM32; Teaching Aid.

Intisari— Media pembelajaran merupakan alat pendukung yang dirancang untuk memfasilitasi proses belajar mengajar. Alat pendukung ini membantu pengajar dalam menyampaikan materi dengan lebih jelas dan menarik serta mempermudah peserta didik dalam memahami konsep atau materi yang diajarkan. Ketersediaan alat bantu pembelajaran yang masih minim dan belum memadai di laboratorium Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung, menjadikan efektivitas proses pembelajaran terhambat terutama kegiatan praktikum yang memerlukan pemahaman dan keterampilan teknis yang mendalam terkait komunikasi data, mikrokontroler dan teknologi *Internet of Things (IoT)*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan perangkat *teaching aid* yang terdiri dari berbagai modul komunikasi data berbasis *IoT* dan mikrokontroler *STM32* dan

^{1,2,3,4,5} Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung, Jl. Kanayakan No 21 Dago Bandung Jawa Barat 40135 Indonesia (022) 2500241 (sarosa@ae.polman-bandung.ac.id, aris@ae.polman-bandung.ac.id, hadi@ae.polman-bandung.ac.id, m.girisuhada@polman-bandung.ac.id, cepi@polman-bandung.ac.id)
⁵ Corresponding Author: cepi@polman-bandung.ac.id

ESP32. Metodologi penelitian mengadopsi metode 4D yakni *Define, Design, Development, dan Dissemination*. Hasil uji fungsionalitas menunjukkan setiap modul dapat berjalan dengan baik sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Kemudian hasil uji *usability* memberikan nilai 55.3, hal ini mengindikasikan bahwa perangkat *teaching aid* masih memerlukan peningkatan lebih lanjut dari sisi kemudahan penggunaan. Diseminasi perangkat dilaksanakan melalui kegiatan sosialisasi kepada masyarakat luas dan pemanfaatan pada perkuliahan praktikum.

Kata Kunci— ESP32; IoT; Metode 4D; STM32; Teaching Aid.

I. PENDAHULUAN

Salah satu komponen penunjang mutu pendidikan yaitu media pembelajaran yang dapat memberikan informasi dan pengalaman belajar yang lebih kreatif dan inovatif. Media pembelajaran merupakan perangkat pendukung yang dirancang untuk membangkitkan motivasi belajar peserta didik agar tujuan pembelajaran tercapai. Perangkat bantu pembelajaran atau yang selanjutnya disebut *teaching aid*, sangat penting dalam menunjang kegiatan belajar baik pembelajaran teori ataupun praktik, mengurangi konsep abstrak untuk meningkatkan minat belajar dan meminimalisir kejenuhan [1]. *Teaching aid* merupakan perangkat belajar yang dapat dirancang secara mandiri dengan pengaturan komponen-komponen menyesuaikan kebutuhan kegiatan pembelajaran.

Ketersediaan alat bantu pembelajaran yang masih minim dan belum memadai di laboratorium Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika, Politeknik Manufaktur Bandung, menjadikan efektivitas proses pembelajaran terhambat terutama kegiatan praktikum yang memerlukan pemahaman dan keterampilan teknis yang mendalam terkait komunikasi data, mikrokontroler dan teknologi *Internet of Things (IoT)*. Kebutuhan akan adanya *teaching aid* dalam pembelajaran terkait komunikasi data, mikrokontroler, dan teknologi *IoT* sangat diperlukan. Keberadaan perangkat *teaching aid* ini dapat membantu peserta didik memahami cara pengaplikasian berbagai komponen elektronika, teknologi *IoT*, pengaplikasian bahasa pemrograman, baik pada sistem kontrol ataupun monitoring[2], disamping itu peserta didik juga terlibat dan mengalami secara langsung yang berdampak pada peningkatan penguasaan pengetahuan dan keterampilan yang lebih baik.

Kajian ilmiah terkait perangkat *teaching aid* telah banyak dilakukan diantaranya, penelitian yang dilakukan oleh [3] melakukan peningkatan modul pada *teaching aid* yang sudah ada dengan penambahan modul koneksi internet (*wifi*),



sehingga peserta didik dapat mengaplikasikan praktik kontrol dan *monitoring* jarak jauh menggunakan aplikasi *Blynk*. Hasil pengujian perangkat menunjukkan semua modul berjalan dengan baik. Penelitian [4] mengembangkan *teaching aid* pembelajaran mikrokontroler dengan memanfaatkan sistem *Internet of Things (IoT)*. Komponen pada perangkat *teaching aid* terdiri dari komponen *input* berupa Sensor *DHT22* dan sensor ultrasonik, komponen *process* terdiri dari *header male* dan *ESP8266*, dan komponen *output* yang terdiri dari modul *relay*, *OLED*, *display 4 digit* dan aplikasi *Blynk*. Perangkat yang dikembangkan dapat mempermudah peserta didik dalam melakukan pembelajaran dasar tentang *IoT*. Penelitian [5], kebutuhan akan pelaksanaan pembelajaran jarak jauh menuntut dikembangkannya perangkat *teaching aid* pembelajaran mikrokontroler *Arduino*. Perangkat yang ada, belum dapat mendukung keperluan pembelajaran secara daring. Pengembangan *teaching aid* dilakukan dengan penerapan Teknologi *Cloud Computing* agar peserta didik dapat mengakses perangkat tersebut dari jarak jauh. Hasil pengujian dan analisis, perangkat *teaching aid* dapat terhubung melalui jaringan internet dengan waktu 10 detik untuk koneksi perangkat *teaching aid* ke jaringan internet dan 16 detik untuk menghubungkan peserta didik dengan perangkat *teaching aid*. Penelitian [6] mengembangkan perangkat *teaching aid* dengan latar belakang masalah rendahnya motivasi belajar peserta didik dalam pembelajaran praktik Mikrokontroler. Kurangnya perangkat bantu yang dapat memberikan pengalaman praktik langsung, mudah diakses, dan dengan biaya yang terjangkau, mengakibatkan rendahnya motivasi belajar peserta didik karena itu dikembangkan perangkat *teaching aid* sebagai alat bantu pembelajaran praktikum. Hasil pengujian menunjukkan, perangkat *teaching aid* mampu meningkatkan motivasi belajar peserta didik secara signifikan, berdampak positif pada aspek-aspek motivasi seperti ketekunan, minat, partisipasi aktif, kepuasan proses pembelajaran, dan rasa percaya diri peserta didik. Perangkat *teaching aid* dapat menjadi alternatif yang efektif untuk meningkatkan kualitas pembelajaran praktik Mikrokontroler, khususnya dalam konteks pendidikan vokasi dan teknologi.

Berdasarkan kajian penelitian terdahulu, dapat ditarik benang merah terkait peran perangkat *teaching aid* yang memiliki kebermanfaatannya besar pada proses pembelajaran. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan rancang bangun perangkat *teaching aid data communication* untuk memfasilitasi kegiatan pembelajaran praktikum komunikasi data, mikrokontroler, dan teknologi *IoT*. Kebaruan dari perangkat yang dibangun dari penelitian sebelumnya, disamping subjek penelitian yang berbeda, adanya kebaruan modul yang ditambahkan yakni modul komunikasi jarak jauh dengan komponen dan protokol *LoRa (Long Range)* dan juga mikrokontroler yang digunakan yakni *ESP32* dan *STM32*. Metode penelitian mengadopsi metode pengembangan produk model *4D* yang terdiri dari tahapan *Define, Design, Development, dan Dissemination*. Pengujian perangkat dilakukan dengan uji fungsionalitas untuk menguji/memastikan semua modul berjalan sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan dan uji *usability* untuk mengukur pengalaman pengguna terkait tingkat kegunaan perangkat *teaching aid*.

II. STUDI PUSTAKA

Internet of Thing (IoT), istilah ini pertama kali digunakan pada tahun 1999 oleh pionir teknologi asal Inggris, Kevin Ashton, untuk menggambarkan sebuah sistem di mana objek-objek di dunia fisik dapat dihubungkan ke Internet dengan menggunakan sensor. Skenario di mana konektivitas jaringan dan kemampuan komputasi meluas ke objek, sensor, dan barang sehari-hari yang biasanya tidak dianggap sebagai komputer, memungkinkan perangkat ini berkolaborasi, bertindak, menghasilkan, bertukar, dan mengonsumsi data dengan sedikit campur tangan manusia [7][8] atau *monitoring* dan pengendaliannya dapat dilakukan dari jarak jauh [9].

Mikrokontroler adalah sebuah perangkat elektronik kecil yang berfungsi sebagai komputer terintegrasi dalam satu *chip*, biasanya terdiri dari sebuah *CPU*, memori (*RAM dan ROM*), *timer/counter*, dan perifer *input-output* yang dapat diprogram [10]. Perangkat ini dirancang untuk mengendalikan perangkat atau sistem elektronik dengan cara membaca masukan, memproses data, dan mengendalikan luaran. Mikrokontroler yang digunakan dalam penelitian ini adalah *ESP32* dan *STM32*.

Uji Fungsionalitas (*Functional Testing*) adalah evaluasi untuk memastikan setiap fitur, fungsi, atau modul pada perangkat yang dikembangkan bekerja sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan [11]. Pengujian fungsionalitas dilakukan dengan cara melakukan pengecekan setiap modul, memberikan *input* dan mengamati *output* yang dihasilkan.

Tabel 1. Daftar Pertanyaan Uji SUS

No	Pertanyaan	Rentang Bobot
P1	<i>I think that I would like to use this system frequently;</i>	1 - 5
P2	<i>I found the system unnecessarily complex;</i>	1 - 5
P3	<i>I thought the system was easy to use;</i>	1 - 5
P4	<i>I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system;</i>	1 - 5
P5	<i>I found the various functions in this system were well integrated;</i>	1 - 5
P6	<i>I thought there was too much inconsistency in this system;</i>	1 - 5
P7	<i>I would imagine that most people would learn to use this system very quickly;</i>	1 - 5
P8	<i>I found the system very cumbersome to use;</i>	1 - 5
P9	<i>I felt very confident using the system;</i>	1 - 5
P10	<i>I needed to learn a lot of things before I could get going with this system.</i>	1 - 5

Uji *Usability* adalah teknik analisis secara kualitatif untuk menentukan tingkat kepuasan pengguna dalam menggunakan suatu sistem atau perangkat [12]. Lebih lanjut [13] menerangkan bahwa uji *usability* berfungsi mengukur tingkat kemudahan suatu perangkat untuk dipelajari dan digunakan oleh pengguna dalam mencapai tujuannya. Metode uji *usability* yang digunakan pada penelitian ini adalah *System Usability Scale (SUS)*, merupakan metode untuk mengevaluasi perangkat lunak dan perangkat keras dalam berbagai skenario dengan cara yang cepat dan sederhana (*quick and dirty*), memberikan data subjektif pengguna yang dapat diandalkan, dirancang untuk fleksibilitas tinggi, sehingga dapat digunakan untuk mengukur tingkat *usability* dari berbagai jenis perangkat, sistem, atau

produk digital maupun fisik. Uji *SUS* memiliki 10 format pertanyaan yang pilihan jawabannya berupa skala *likert* dengan 5 nilai dalam rentang 1 (Sangat tidak setuju) hingga 5 (Sangat setuju) [14][15]. Pertanyaan uji *SUS* dikelompokkan ke dalam 2 kategori, pertanyaan bernomor ganjil yang merupakan kelompok pertanyaan aspek positif dan pertanyaan bernomor genap yang merupakan kelompok pertanyaan aspek negatif [16], format pertanyaan dapat dilihat pada tabel 1 [17].

Aturan rekapitulasi nilai, untuk kelompok pertanyaan ganjil (aspek positif) berlaku aturan, nilai dikurangi 1 dan untuk kelompok pertanyaan genap (aspek negatif) berlaku aturan, 5 dikurangi nilai. Kemudian total penjumlahan nilai kesepuluh pertanyaan tersebut dikalikan dengan 2.5, ini adalah rekapitulasi nilai per responden (X_i). Skor uji *SUS* didapatkan dengan mencari rerata nilai dari semua nilai responden, rumus (1) dapat digunakan untuk mencari Skor uji *SUS*/rerata nilai.

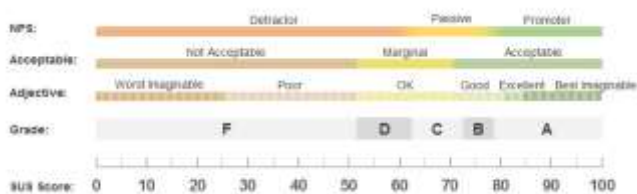
$$\text{Skor uji } SUS = \sum_{i=1}^n X_i / N \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

X_i → Rekapitulasi nilai per responden

N → Jumlah responden

Terdapat lebih dari satu cara untuk interpretasi skor uji *SUS*, pada penelitian ini menggunakan interpretasi menurut Sauro [18], gambar 1 menunjukkan interpretasi Sauro.



Gambar 1. Interpretasi Skor *SUS* menurut Sauro[19]

III. METODOLOGI

Pengembangan perangkat *teaching aid* ini mengadopsi metode penelitian dan pengembangan produk model 4D. Model 4D dikembangkan oleh *Sivasailam Thiagarajan*, *Dorothy S. Semmel* dan *Melvyn I. Semmel* dimaksudkan untuk mengembangkan perangkat pembelajaran (*instructional development*). Model ini memiliki 4 tahapan yakni, *Define*, *Design*, *Development*, dan *Dissemination* [20][21]. Gambar 2 menunjukkan tahapan dari penelitian ini dengan mengadopsi model 4D.

1. Define

Pada tahap ini dilakukan perumusan masalah, mendefinisikan spesifikasi dan analisis kebutuhan perangkat yang sesuai dengan kebutuhan target pengguna. Dalam penelitian ini dilakukan penentuan komponen apa saja yang akan digunakan, materi ajar apa saja yang akan diberikan.

2. Design

Sarosa Castrena Abadi : Rancang Bangun Teaching Aid ...

Dilakukan perancangan perangkat sesuai dengan spesifikasi dan hasil analisis kebutuhan pada tahap *Define*. Pada tahap ini dibuat perwura dalam bentuk gambar.

3. Development

Pada tahap ini dilakukan pembuatan perangkat sesuai dengan rancangan/desain pada tahap *Design*. Perangkat yang telah dibuat dilakukan pengujian untuk memastikan setiap fitur berjalan sesuai dengan kriteria yang ditentukan. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini yakni uji fungsionalitas dan uji *usability*.

4. Dissemination

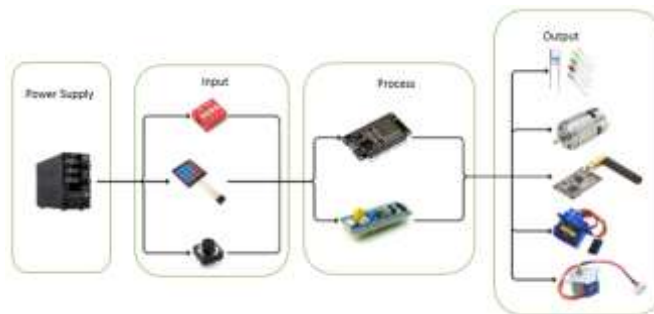
Tahap ini merupakan tahap terakhir, dilakukan pengemasan dan penyebaran perangkat yang telah dikembangkan untuk dimanfaatkan oleh target pengguna yang telah ditentukan.



Gambar 2. Metodologi Penelitian Model 4D

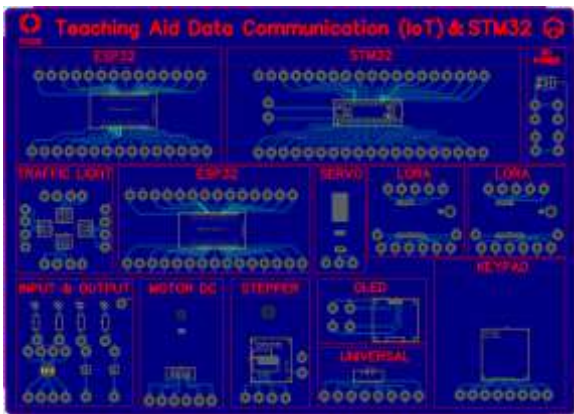
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perangkat *teaching aid data communication* yang dikembangkan memiliki beberapa komponen utama, menyesuaikan kebutuhan pengajaran, yakni *Power Supply*, *Input*, *Process*, dan *Output*. Gambar 3 menunjukkan komponen-komponen utama perangkat *teaching aid data communication*.



Komponen	Deskripsi
Power Supply	Komponen ini menyediakan sumber daya listrik untuk keseluruhan sistem. <i>Power supply</i> ini memberikan tegangan dan arus yang diperlukan agar sistem dapat berfungsi dengan baik.
Input	Komponen ini digunakan untuk memberikan sinyal masukan terdiri dari, Keypad: Sebuah modul <i>input</i> yang memungkinkan pengguna memasukkan data berupa angka atau perintah melalui tombol; Push Button: Tombol tekan yang biasa digunakan untuk memberikan sinyal <i>input</i> sederhana, biasanya untuk memberikan perintah <i>on/off</i> atau sebagai <i>trigger</i> ; DIP Switch: Sebuah sakelar manual yang digunakan untuk mengatur status <i>input</i> , umumnya untuk konfigurasi manual.
Process	Bagian ini merupakan pusat pemrosesan yang terdiri dari mikrokontroler atau <i>microprocessor</i> terdiri dari, ESP32: Sebuah mikrokontroler dengan kemampuan <i>WiFi</i> dan <i>Bluetooth</i> , yang digunakan untuk pemrosesan utama dari sinyal <i>input</i> serta mengirimkan sinyal ke <i>output</i> ; STM32: Sebuah mikrokontroler lain yang bisa digunakan sebagai <i>co-processor</i> atau sebagai pengendali tambahan dalam sistem.
Output	Komponen output menerima sinyal dari mikrokontroler dan melakukan aksi tertentu terdiri dari, DC Motor: Digunakan untuk menggerakkan suatu mekanisme dalam aplikasi tertentu; Servo Motor: Digunakan untuk kontrol posisi yang lebih presisi, sering digunakan pada robotik atau mekanisme penggerak kecil; Stepper Motor: Jenis motor yang bergerak dalam langkah-langkah kecil untuk kontrol rotasi yang lebih akurat. Modul ini digunakan untuk aplikasi yang memerlukan posisi presisi, seperti mesin <i>CNC</i> atau printer <i>3D</i> LED Indicator: Menunjukkan status atau hasil dari proses yang dilakukan oleh sistem, dapat berupa indikator visual; Display OLED: Menampilkan hasil dari proses yang dilakukan oleh <i>controller</i> seperti data sensor, status <i>input</i> dan <i>output</i> ; LoRa Receiver & Transmitter: merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang dirancang untuk transmisi jarak jauh dengan daya rendah, dapat diimplementasikan untuk aplikasi <i>Internet of Things (IoT)</i> .

Hasil perancangan perangkat yang merupakan luaran dari tahap *Design* ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Desain Perangkat *Teaching Aid*

Terdapat modul untuk pembelajaran praktik traffic light, motor DC, motor servo, motor Stepper, komunikasi nirkabel dengan teknologi LoRa, I/O, OLED, Keypad 4x4, dan Modul Universal sebagai area serbaguna yang dapat digunakan untuk menghubungkan berbagai sensor atau modul tambahan sesuai kebutuhan. Sementara itu desain pengemasan perangkat *teaching aid* ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Desain Pengemasan Perangkat

Implementasi perangkat *teaching aid* berdasarkan rancangan yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Implementasi Perangkat *Teaching Aid*

Pengujian fungsionalitas dilakukan dengan menguji setiap modul, memberikan tugas dan mengamati luaran yang dihasilkan. Pemrograman mikrokontroler menggunakan *Arduino IDE*. Hasil pengujian fungsionalitas, dipaparkan pada tabel 3, menunjukkan semua modul berjalan sesuai dengan kriteria yang telah ditetapkan.

Tabel 3. Pengujian Fungsionalitas

Modul	Skema	Hasil
Traffic Light	Studi kasus <i>timer traffic light</i>	Berhasil
Motor DC	Studi kasus kendali kecepatan dan arah putaran motor	Berhasil
Motor Servo	Studi kasus kendali posisi	Berhasil
Motor Stepper	Studi kasus kendali posisi	Berhasil
LoRa	Studi kasus komunikasi <i>master slave</i>	Berhasil
I/O	Studi kasus digital input (<i>push button</i> ,	Berhasil

	dip switch), digital output (LED)	
OLED	Studi kasus tampilan menu	Berhasil
Keypad 4x4	Studi kasus set point sudut posisi servo	Berhasil
Universal	Studi kasus sensor (Sensor DHT11 dan Sensor Ultrasonik HCSR04)	Berhasil

Pengujian *Usability* menggunakan metode *System Usability Scale (SUS)*, sebanyak 42 responden melakukan pengisian formulir pertanyaan SUS. Sebagian hasil penilaian orisinal responden ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Penilaian Orisinal Responden Uji SUS

No	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
1	5	1	5	1	4	3	5	1	5	1
2	5	3	4	5	4	3	4	2	4	5
3	3	2	5	2	2	4	5	2	3	4
4	2	3	3	3	1	5	4	5	2	4
5	4	2	5	5	3	4	4	3	4	4
...
...
...
39	3	2	4	3	2	3	3	2	4	5
40	4	4	3	3	2	3	3	2	2	4
41	5	1	5	3	5	1	5	1	5	3
42	4	4	2	4	3	4	4	4	4	3

Pengolahan dan perhitungan nilai uji SUS dilakukan terhadap nilai orisinal tersebut sesuai dengan aturan dan rumus (1) metode pengujian SUS. Aturan yang dimaksud yakni, nilai pertanyaan ganjil – 1 dan untuk nilai pertanyaan genap berlaku aturan 5 – nilai asli pertanyaan genap. Hasil pengolahan dan rekapitulasi nilai uji SUS ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Rekapitulasi Nilai Uji SUS

No	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Tot al	Tot al * 2,5
1	4	4	4	4	3	2	4	4	4	4	37	92,5
2	4	2	3	0	3	2	3	3	3	0	23	57,5
3	2	3	4	3	1	1	4	3	2	1	24	60
4	1	2	2	2	0	0	3	0	1	1	12	30
5	3	3	4	0	2	1	3	2	3	1	22	55
6	2	3	3	3	0	0	2	3	1	3	20	50
7	1	3	3	2	1	0	3	3	0	2	18	45
8	2	2	3	3	2	3	2	3	2	3	25	62,5
9	3	2	2	2	3	3	2	2	2	1	22	55
10	2	2	3	1	1	3	2	3	0	1	18	45

No	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Tot al	Tot al * 2,5
11	3	2	3	2	3	2	3	3	3	1	25	62,5
12	3	1	1	0	1	1	2	1	3	1	14	35
13	4	4	4	4	2	2	3	3	2	2	30	75
14	3	3	3	2	2	1	3	3	3	1	24	60
15	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	50
16	4	0	4	1	4	4	4	4	4	2	31	77,5
17	2	4	4	0	3	0	4	2	1	1	21	52,5
18	4	4	4	1	2	0	3	3	2	1	24	60
19	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	28	70
20	4	3	3	3	3	2	3	3	3	1	28	70
21	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	5
22	3	2	3	3	2	2	3	3	2	1	24	60
23	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	50
24	2	4	4	3	3	3	4	4	3	2	32	80
25	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	20	50
26	2	4	4	0	3	2	0	3	2	4	24	60
27	3	3	3	2	3	4	3	2	3	0	26	65
28	4	4	4	0	3	0	4	4	4	0	27	67,5
29	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	50
30	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	18	45
31	2	1	1	3	0	0	4	3	1	2	17	42,5
32	3	3	3	2	3	3	2	3	3	1	26	65
33	1	1	4	0	1	0	3	1	0	0	11	27,5
34	1	1	1	3	2	3	1	3	2	2	19	47,5
35	3	2	2	1	4	1	3	2	2	0	20	50
36	3	3	3	3	1	2	2	1	2	1	21	52,5
37	2	4	3	3	3	1	2	2	1	2	23	57,5
38	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	20	50
39	2	3	3	2	1	2	2	3	3	0	21	52,5
40	3	1	2	2	1	2	2	3	1	1	18	45
41	4	4	4	2	4	4	4	4	4	2	36	90
42	3	1	1	1	2	1	3	1	3	2	18	45
Rerata												55,3

Berdasarkan hasil pengolahan dan rekapitulasi, didapatkan nilai uji SUS sebesar 55,3. Interpretasi terhadap nilai berdasarkan Interpretasi Sauro [18], maka perangkat *teaching aid* berada dalam peringkat “D”, termasuk dalam kategori “OK”, dapat diterima secara “Marginal”, sementara untuk *Skor Net Promoter (NPS)* berada dalam kategori “Detractors”, yang berarti pengguna kurang puas dan kurang antusias dalam menggunakan perangkat, serta tidak akan merekomendasikan perangkat kepada orang lain. Data penilaian uji SUS ini valid berdasarkan uji validitas yang dilakukan dengan tingkat



signifikansi 5% dan R_{Tabel} sebesar 1,684. Dikatakan valid apabila $R_{Tabel} < R_{Hitung}$ [22]. Tabel perbandingan R_{Tabel} dan R_{Hitung} untuk setiap instrumen pertanyaan dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Validitas

Pertanyaan	R Tabel	R Hitung	Hasil
P1	1,683851013	6,468047178	Valid
P2	1,683851013	4,932539583	Valid
P3	1,683851013	5,803469774	Valid
P4	1,683851013	2,038355548	Valid
P5	1,683851013	6,267158888	Valid
P6	1,683851013	4,242978411	Valid
P7	1,683851013	3,911183044	Valid
P8	1,683851013	7,90508145	Valid
P9	1,683851013	6,42012601	Valid
P10	1,683851013	2,3195441	Valid

V. KESIMPULAN

Teaching aid yang dihasilkan memiliki 9 modul yakni *traffic light*, *Motor DC*, *Motor Servo*, *Motor Stepper*, *LoRa*, *I/O*, *OLED*, *Keypad 4x4*, dan *Universal*. Pengujian dilakukan dengan 2 metode pengujian yakni pengujian fungsionalitas (*functional testing*) dan *pengujian usability*. Pengaturan *LED* merah, kuning, dan hijau dengan perangkat *IoT*, menyala sesuai waktu yang diatur. Pengaturan waktu dan status lampu berhasil dilakukan melalui kode program yang dibuat. Simulasi dan pengaturan kontrol kecepatan motor (*RPM*) searah maupun berlawanan arah jarum jam berhasil dilakukan secara akurat. Pengendalian posisi sudut ke sudut yang diatur dan deteksi arah putaran pada *Motor Servo* maupun *Stepper* dapat berjalan dengan baik. Pengujian proses komunikasi (*Transmit* dan *Receive*) *gateway* dan *end device* menggunakan *LoRa* dengan frekuensi 915 MHz dapat berjalan dengan baik, dimana berhasil terjalin komunikasi antar *device*. Pada modul *I/O*, pengujian kepada perangkat *input* (*push button*, *dip switch*), perangkat dapat menerima masukkan digital, sementara perangkat *output* dapat menampilkan luaran sesuai dengan data masukkan dan pengaturan. Pengujian *OLED*, untuk menampilkan teks berjalan, menu *drop down*, dan data hasil pembacaan sensor berhasil dilakukan. Pengujian *Keypad 4x4*, digunakan sebagai perangkat untuk memasukkan nilai sudut posisi motor *servo*. Kemudian pengujian modul *universal*, melakukan pengukuran jarak, suhu, dan kelembapan, proses pengukuran berhasil dilakukan. Hasil pengujian fungsionalitas menunjukkan semua modul berjalan sesuai spesifikasi yang telah ditentukan.

Hasil pengujian *usability* menggunakan metode *SUS* (*System Usability Scale*), menunjukkan tingkat penggunaan perangkat *teaching aid* berada pada nilai 55.3, peringkat "D", termasuk dalam kategori "OK", dapat diterima secara "Marginal", sementara untuk *Skor Net Promoter (NPS)* berada dalam kategori "*Detractors*", yang berarti pengguna kurang puas dan kurang antusias dalam menggunakan perangkat, serta tidak akan merekomendasikan perangkat kepada orang lain, hal ini berarti perangkat *teaching aid* dari aspek kemudahan penggunaan masih perlu ditingkatkan kembali. Diseminasi produk dilaksanakan dengan berbagai kegiatan yakni,

sosialisasi/presentasi perangkat kepada pihak internal, pemaparan kepada masyarakat luas melalui media massa, dan pemanfaatan perangkat dalam kegiatan perkuliahan praktikum sesuai dengan tujuan dari penelitian ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapkan terima kasih, Kami sampaikan kepada Kampus Politeknik Manufaktur Bandung yang telah memberikan dukungan fasilitas, rekan-rekan dosen di Jurusan Jurusan Teknik Otomasi Manufaktur dan Mekatronika yang berkenan untuk Kami repotkan dalam pelaksanaan penelitian ini, serta para mahasiswa yang terlibat langsung membantu dalam pengembangan perangkat *teaching aid*.

REFERENSI

- [1] I. W. Andis Indrawan, K. O. Saputra, and Linawati, "Augmented Reality sebagai Media Pendidikan Interaktif dalam Pandemi Covid-19," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 20, no. 1, p. 61, 2021, doi: 10.24843/mite.2021.v20i01.p07.
- [2] F. M. Putra, M. Aulia, and A. Banjardana, "Perancangan kit trainer sebagai modul praktikum mikroprosesor untuk laboratorium Teknik Elektro Universitas Teknologi Sumbawa," *Renew. Energy Technol. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 11–17, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.uts.ac.id/index.php/rentechs/article/view/3561>
- [3] Muhammad Mufti Wibowo and Reza Nandika, "Pengembangan Trainer Kit Pada Praktikum Mikrokontroler Berbasis Internet of Things Menggunakan Blynk," *Sigma Tek.*, vol. 5, no. 2, pp. 295–304, 2022, [Online]. Available: <https://www.journal.unrika.ac.id/index.php/sigmateknika/article/download/4601/pdf>
- [4] A. Banjardana, M. Aulia, and F. M. Putra, "Trainer Mikroprosesor Berbasis Internet of Things sebagai Media Pembelajaran di Universitas Teknologi Sumbawa," *Renew. Energy Technol. J.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2023, [Online]. Available: <http://www.jurnal.uts.ac.id/index.php/rentechs/article/view/3561>
- [5] J. Utama, T. Rahajoeningroem, and Y. Firmansyah, "Rancang Bangun Kit Pembelajaran Mikrokontroler Arduino untuk Menunjang Pelajaran Jarak Jauh Menggunakan Raspberry Pi," *J. Teknol. dan Inf.*, vol. 12, no. 2, pp. 131–148, 2022, doi: 10.34010/jati.v12i2.6963.
- [6] F. Eliza, Z. Faudi, and R. Fadli, "Rancang Bangun Trainer Mikrokontroler untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Mahasiswa," *JRST (Jurnal Ris. Sains dan Teknol.)*, vol. 8, no. 2, p. 137, Oct. 2024, doi: 10.30595/jrst.v8i2.20231.
- [7] S. Mhlongo, K. Mbatha, B. Ramatsetse, and R. Dlamini, "Challenges, opportunities, and prospects of adopting and using smart digital technologies in learning environments: An iterative review," *Heliyon*, vol. 9, no. 6, pp. 1–20, 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e16348.
- [8] E. Marianis, L. Jasa, and P. Rahardjo, "Sistem Pemantauan Kekurangan dan Suhu Air Pada Akuarium Ikan Hias Air Tawar Berbasis IoT (Internet of Things)," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 21, no. 2, p. 271, 2022, doi: 10.24843/mite.2022.v21i02.p15.
- [9] K. Novendra Kusuma Syaputra, S. Kartikawati, and D. Hardiyanto, "Rancang Bangun Trainer Arduino Wemos D1 berbasis Internet of Things (IoT)," *SENASSDRA (Seminar Nas. Semin. Nas. Sos. Sains, Pendidikan, Humaniora)*, vol. 3, no. 1, pp. 471–480, 2024, [Online]. Available: <http://prosiding.unipma.ac.id/index.php/SENASSDRA>
- [10] A. Fradika, M. I. Ardiansah, M. R. Firdaus, and I. Hidayah, "Implementasi Teknologi Kontrol Suhu Lampu Berbasis IoT untuk Mengembangkan Burung Murai Batu," *J. Educ. Res.*, vol. 4, no. 1, pp. 47–52, 2023, doi: 10.37985/jer.v4i1.114.
- [11] O. K. Mahmudin and M. Fitri, "Uji Fungsional dan Analisis Validasi Alat Uji Putaran Kritis Poros dengan Beban," *J. ALMIKANIK*, vol. 5, no. 3, pp. 134–140, 2023, doi: <https://doi.org/10.32832/almikanika.v5i3>.
- [12] J. R. P. Pradhana *et al.*, "Pengujian Usability untuk Mengetahui Kepuasan Pengguna pada Website Perpustakaan Institut Teknologi Telkom Purwokerto," *J. ICTEE*, vol. 2, no. 1, p. 36, Mar. 2021, doi: 10.33365/jictce.v2i1.1038.
- [13] A. S. Wijaya, B. Suprianto, I. G. P. A. Buditjahjanto, and F. Baskoro, "Uji Functional Suitability Dan Usability Pada Sistem Kendali Mesin

- 3D Print Berbasis IoT,” *J. Tek. Elektro*, vol. 12, no. 1, pp. 45–53, 2023, doi: 10.26740/jte.v12n1.p45-53.
- [14] E. Kurniawan, N. Nofriadi, and A. Nata, “Penerapan System Usability Scale (SUS) Dalam Pengukuran Kebergunaan Website Program Studi Di Stmik Royal,” *J. Sci. Soc. Res.*, vol. 5, no. 1, p. 43, 2022, doi: 10.54314/jssr.v5i1.817.
- [15] I. Sukadiana Putra, I. B. Gede Manuaba, and . L., “Rancang Bangun Praktikum Instrumentasi Industri Menggunakan Augmented Reality,” *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 20, no. 1, p. 29, 2021, doi: 10.24843/mite.2021.v20i01.p03.
- [16] N. Asnawi, R. Pamungkas, and D. G. Prasetyo, “Analisis Usability Website Program Studi Sistem Informasi Unipma Menggunakan Metode System Usability Scale,” *Fountain Informatics J.*, vol. 8, no. 1, pp. 21–25, 2023, doi: 10.21111/fij.v8i1.9408.
- [17] M. A. Kosim, S. R. Aji, and M. Darwis, “Pengujian Usability Aplikasi Pedulilindungi Dengan Metode System Usability Scale (Sus),” *J. Sist. Inf. dan Sains Teknol.*, vol. 4, no. 2, pp. 1–7, 2022, doi: 10.31326/sistek.v4i2.1326.
- [18] R. Nurlistiani and N. Purwati, “Interpretasi Pengujian Usabilitas E-Learning di Masa Pandemi COVID-19 Menggunakan System Usability Scale,” *Pros. Semin. Nas. Darmajaya*, vol. 1, no. 0, pp. 164–171, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.darmajaya.ac.id/index.php/PSND/article/view/2949>
- [19] J. Sauro, “5 Ways to Interpret a SUS Score.” Accessed: Nov. 29, 2024. [Online]. Available: <https://measuringu.com/interpret-sus-score/>
- [20] E. Yunika, T. Iriani, and R. Saleh, “Pengembangan Media Video Tutorial Berbasis Animasi Menggunakan 4D Untuk Mata Kuliah Praktik Batu Beton,” *SNITT-Politeknik Negeri Balikpapan*, pp. 299–306, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.poltekba.ac.id/index.php/prosiding/article/view/1035/639>
- [21] A. H. Salsabila, T. Iriani, and S. Sri Handoyo, “Penerapan Model 4D Dalam Pengembangan Video Pembelajaran Pada Keterampilan Mengelola Kelas,” *J. Pendidik. West Sci.*, vol. 1, no. 08, pp. 495–505, 2023, doi: 10.58812/jpdws.v1i08.553.
- [22] T. L. Mardi Suryanto, A. Faroqi, and W. N. Simarmata, “System Usability Scale (Sus) Sebagai Metode Pengujian Kegunaan Pada Situs Program Studi,” *Pros. Semin. Nas. Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 1, pp. 285–294, 2022, doi: 10.33005/sitasi.v2i1.314.



{ Halaman ini sengaja dikosongkan }