

Simulasi IoT berbasis ESP32 dan Thingsboard Bagi Siswa SMKN 5 Kota Lhokseumawe

Rahmawati^{1*}, Siti Amra², Hanafi³, Ismaniar⁴, Cut Yusnar⁵

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Lhokseumawe

⁵ Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jln. B.Aceh Medan Km.280 Buketrata 24301 INDONESIA

^{1*}rahmawati.gunawan@gmail.com

Abstrak— Simulasi IoT berdasarkan ESP32 dan Thingsboard adalah metode inovatif yang menggabungkan teknologi Internet of Things (IoT) dengan perangkat keras ESP32 dan platform Thingsboard. Simulasi IoT berbasis ESP32 dan Thingsboard memiliki potensi besar untuk memberikan pengalaman pembelajaran yang praktis dan relevan bagi siswa SMKN 5 Kota Lhokseumawe. Persoalan prioritas yang diselesaikan adalah membuat kegiatan pelatihan dan praktek IoT berbasis ESP 32 dan Thingsboard menggunakan simulasi Wokwi kepada siswa SMKN 5 Kota Lhokseumawe. Tujuan utama kegiatan PKM yaitu memberikan pemaparan wawasan terkait sistem IoT untuk meningkatkan kompetensi siswa dalam bidang IoT, sehingga mereka mampu menyesuaikan untuk berbagai aplikasi seperti monitoring peralatan listrik di sekolah atau di rumah (*smart home*). Metode yang digunakan adalah presentasi, diskusi dan praktek serta pendampingan secara langsung sehingga peserta dapat memahami materi dengan baik. Kegiatan yang dilakukan adalah pemberian teori tren perkembangan IoT, pengenalan perangkat ESP32 dan platform Thingsboard, praktek IoT berbasis ESP 32 dan Thingsboard menggunakan simulasi Wokwi. Luaran yang dihasilkan adalah peningkatan pengetahuan dan kompetensi siswa tentang Sistem IoT - ESP 32 Thingsboard dengan n-gain score 74,6%. Harapan ke depan adalah siswa dapat menerapkan sistem IoT - ESP 32 Thingsboard untuk mengendalikan lampu dan peralatan listrik yang ada di lingkungan SMKN 5 Kota Lhokseumawe.

Kata kunci— IoT, n-gain, thingsboard, simulasi Wokwi

Abstract— IoT simulation based on ESP32 and Thingsboard is an innovative method that combines Internet of Things (IoT) technology with ESP32 hardware and Thingsboard platform. IoT simulations based on ESP32 and Thingsboard have great potential to provide practical and relevant learning experiences for students of SMKN 5 Lhokseumawe City. The priority problem to be resolved is to create IoT training and practice activities based on ESP 32 and Thingsboard using the Wokwi simulation for students at SMKN 5 Lhokseumawe City. The main objective of PKM activities is to provide insight into IoT systems to increase students' competence in the IoT field, so that they are able to adapt it for various applications such as monitoring electrical equipment at school or at home (*smart home*). The methods used are presentations, discussions and practice as well as direct assistance so that participants can understand the material well. The activities carried out were providing theory on IoT development trends, introduction to ESP32 devices and the Thingsboard platform, IoT practices based on ESP 32 and Thingsboard using Wokwi simulation. The resulting output is an increase in students' knowledge and competence regarding the IoT System - ESP 32 Thingsboard with an n-gain score of 74.6%. The hope for the future is that students can apply the IoT system - ESP 32 Thingsboard to control lights and electrical equipment in the SMKN 5 Lhokseumawe City environment.

Keywords— IoT, n-gain, thingsboard, Wokwi simulation

I. PENDAHULUAN

Dalam era digital yang terus berkembang, pemahaman dan keterampilan dalam teknologi Internet of Things (IoT) menjadi semakin penting. Khususnya bagi siswa SMKN 5 Kota Lhokseumawe, Simulasi IoT berbasis ESP32 dan Thingsboard merupakan sebuah peluang untuk menggali dunia IoT secara praktis. Dalam kegiatan ini, tim PKM memberikan materi bagaimana penggunaan ESP32 dan platform Thingsboard dalam pengembangan sistem IoT. Melalui IoT, perangkat elektronik dapat terhubung dan saling berkomunikasi, sehingga memberikan kemudahan dan efisiensi dalam kehidupan sehari-hari. Istilah IoT mengacu pada konektivitas jaringan dengan kemampuan cerdas, bertukar dan mengkonsumsi data dengan campur tangan manusia yang sangat sedikit. Internet of Things mengacu pada jaringan objek, di mana semua hal dapat dialamatkan secara unik dan universal, diidentifikasi dan dikelola oleh komputer. Ini adalah kumpulan teknologi yang memungkinkan untuk menghubungkan seperti sensor dan aktuator ke Internet [1]. IoT merupakan sebuah konsep penggunaan teknologi yang menggunakan internet sebagai medianya.

Perkembangan teknologi saat ini menunjukkan semakin pentingnya efisien yang menyebabkan kebutuhan untuk mengontrol berbagai perangkat elektronik tidak harus dilakukan berada di dekat peralatan elektronika dan menekan

tombol saklar on/off namun dapat dilakukan dari jarak jauh. Untuk mengaktifkan peralatan elektronika di dalam rumah saat pemilik beraktifitas di luar rumah diperlukan sebuah alat yang dapat terhubung dengan internet agar bisa dikontrol dari jarak jauh. Penggunaan mikrokontroler sebagai publisher berfungsi untuk menerima data nilai sensor yaitu ESP32 (master) dan ESP32 (slave) yang dihubungkan secara serial, lalu broker yang digunakan adalah lokal MQTT broker pada ThingsBoard dan subscriber pada ThingsBoard [2].

Selain itu, manfaat dari penggunaan teknologi IoT adalah kendali penyiraman otomatis pada sistem pertanian dengan memantau suhu dan kelembapan sehingga memudahkan petani dalam melakukan pemantauan suhu dan kelembapan. Mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali dan sensor DHT22 sebagai sensor suhu dan kelembapan ruang. kemudian hasil pengukuran ditampilkan pada Liquid Crystal Display (LCD) dan ke database melalui internet [3].

Permasalahan mitra adalah belum tersedianya alat praktikum IoT dan keterbatasan pengetahuan dan pemahaman siswa tentang konsep IoT. Kegiatan PKM ini di SMKN 5 Lhokseumawe untuk memperkenalkan konsep IoT dengan harapan siswa dapat memahami konsep IoT berbasis ESP32 dan Thingsboard, serta mampu memanfaatkannya dalam lingkungan sekolah mereka. Materi yang disampaikan tentang bagaimana cara memanfaatkan perangkat keras ESP32 dan platform Thingsboard untuk membangun IoT menggunakan

simulasi Wokwi. Penggunaan simulasi Wokwi dapat menggantikan peralatan IoT karena Wokwi merupakan simulator elektronik online, yang dapat digunakan untuk mensimulasikan Arduino, ESP32, dan sensor populer lainnya juga memiliki fitur *WiFi simulation* untuk menghubungkan proyek simulasi ke internet. Platform IoT merupakan suatu sistem yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak untuk menerapkan teknologi Internet of Things. Platform IoT terus berkembang dan bertambah banyak seiring dengan kebutuhan IoT Contoh platform IoT Thingsboard, Blynk, Thingspeak, Arduino IoT Cloud, Antares, AWS IoT, Thinger. Praktek perakitan IoT berbasis ESP32 dan Thingsboard melalui kegiatan PKM PNL dapat meningkatkan kompetensi siswa di bidang teknologi IoT.

II. METODOLOGI PELAKSANAAN

Tempat kegiatan dilakukan di SMKN 5 Lhokseumawe pada bulan Juli 2023 dengan jumlah peserta sebanyak sepuluh orang siswa yang ditunjuk oleh pimpinan sekolah. Metode yang digunakan adalah kombinasi presentasi, diskusi dan praktek serta pendampingan secara langsung sehingga peserta dapat memahami materi dengan baik. Tahapan yang dilakukan adalah: 1) survey sarana dan prasarana serta kebutuhan mitra, 2) evaluasi awal, 3) penyampaian solusi dengan memberikan teori dan praktek IoT, 4) melakukan evaluasi akhir, 5) monitoring keberlanjutan. Keterlibatan dan partisipasi mitra adalah menyediakan tempat pelaksanaan pengabdian dan mengikuti kegiatan dari awal sampai selesai.

Solusi yang diberikan ke mitra PKM ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Solusi yang diberikan

No	Permasalahan	Solusi
1	Kurangnya pengetahuan tentang konsep IoT terhubung dan berkomunikasi satu sama lain melalui internet.	Memberikan teori tentang IoT dan komunikasi dengan internet.
2	Kurangnya kompetensi siswa dalam bidang pengetahuan cara kerja teknologi IoT.	Mentransfer pengetahuan tentang pengetahuan dasar rangkaian dan komponen-komponen IoT.
3	Kurangnya kompetensi siswa tentang perangkat keras ESP32 dan platform Thingsboard.	Memberikan pengetahuan pada siswa tentang IoT, ESP32, dan Thingsboard.
4	Kurangnya kompetensi siswa bidang instalasi dan konfigurasi perangkat IoT.	Memberikan praktek IoT berbasis ESP32 dan platform Thingsboard menggunakan simulasi Wokwi.
5	Kurangnya kompetensi siswa dalam implementasi sistem monitoring berbasis IoT.	Memberikan praktek monitoring suhu dan kelembapan menggunakan sensor DHT22.
6	Belum memiliki modul ajar bidang IoT.	Menyediakan modul materi belajar IoT menggunakan simulasi Wokwi.

Justifikasi pengusul bersama mitra dalam menentukan persoalan prioritas yang disepakati untuk diselesaikan selama pelaksanaan program PKM adalah:

- 1) Memberikan materi teori tentang konsep IoT.

- 2) Memberikan praktek praktek IoT berbasis ESP32 dan platform Thingsboard menggunakan simulasi Wokwi.
- 3) Kegiatan trasfer pengetahuan dilanjutkan dengan kegiatan monitoring dan evaluasi bertujuan untuk mengukur penyerapan para peserta kegiatan.
- 4) Memberikan jobsheet untuk praktek siswa Sistematis penyelesaian permasalahan mitra dilakukan sesuai dengan tahapan proses pengembangan IoT, yaitu:
 - 1)Teori: penyampaian teori dan perkembangan IoT, konsep IoT terhubung dan berkomunikasi satu sama lain melalui internet.
 - 2)Praktek: praktek IoT berbasis ESP32 dan platform Thingsboard menggunakan simulasi Wokwi.
 - 3)Aplikasi: praktek monitoring suhu dan kelembapan menggunakan sensor DHT22.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini didukung dengan kegiatan pembelajaran dan penelitian yang berkaitan dengan IoT menggunakan ESP32 dan Thingsboard. *Microcontroller* ESP32 digunakan sebagai node IoT yang terhubung ke beberapa sensor diantaranya sensor suhu dan kelembapan (DHT22), sensor intensitas cahaya (LDR), sensor gerakan (sensor PIR), sensor detector asap (MQ2) [4]. Hasil penyampaian materi teori dan praktek untuk meningkatkan kompetensi siswa SMKN 5 Kota Lhokseumawe bidang IoT.

Materi Pembelajaran

Wokwi adalah simulator elektronik online, yang menyediakan beberapa modul mikrokontroler seperti Arduino Nano, Arduino Uno, Arduino Mega, Node MCU ESP32, MicroPython pada ESP32, dan Raspberry Pi Pico. Namun emulator ini mempunyai kekurangan yaitu emulator tidak dapat digunakan sebagai client sehingga mikrokontroler tidak dapat digunakan untuk mengemulasi koneksi API client-server. Wokwi dapat diakses pada link <https://wokwi.com/>.

Wokwi memiliki beberapa fitur diantaranya:

- 1) WiFi simulation: menghubungkan proyek simulasi ke internet, dapat menggunakan protocol jaringan seperti MQTT, HTTP, NTP.
- 2) Virtual Logic Analyzer: menangkap sinyal digital dalam simulasi misalnya UART, I2C, SPI dan menganalisisnya di komputer.
- 3) SD card simulation: simpan dan ambil file maupun direktori.

Penggunaan simulasi Wokwi dilakukan untuk merancang suatu sistem kendali sebelum diterapkan pada komponen hardware. Perancangan sistem kendali suplai oksigen pada tambak udang vaname telah dilakukan oleh [5] menggunakan simulasi pada Wokwi dan Thingsboard dengan melibatkan komponen sensor pendeteksi kadar oksigen, DHT22, ESP32, LCD 16x2, relay, LED.

ThingsBoard adalah platform IoT open-source untuk mengumpulkan data, pemrosesan, visualisasi data, dan manajemen perangkat device. ThingsBoard memungkinkan

konektivitas perangkat melalui protokol IoT standar industri seperti MQTT, CoAP, HTTP dan mendukung penyebaran cloud dan lokal.

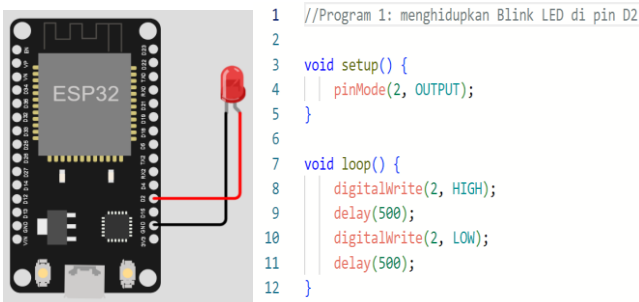
1. Digital Input/Output (I/O)

Aplikasi digital output memanfaatkan pin I/O yang difungsikan sebagai pin output.

Praktek menggunakan Wokwi:

- Buka *Your Project*
- *New Project*
- Pilih Board (ESP32)
- *Add Part* komponen dengan menekan (+)
- Tambahkan part LED
- Tambahkan part resistor

Buatlah rangkaian LED sederhana dengan tambahan resistor pada aplikasi Wokwi seperti Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian LED sebagai digital output

Rangkaian LED terhubung dengan pin D2, jika pada pin D2 terdapat tegangan 3,3 volt (HIGH) maka terdapat perbedaan tegangan antara kaki anoda (3,3 volt) dengan kaki katoda (0 volt, ground) sehingga akan mengalir arus dan LED nyala (ON). Tegangan 0 volt (LOW) akan membuat LED padam (off). Pin I/O difungsikan sebagai pin output, sinyal digital dikeluarkan oleh NodeMCU melalui pin yang dipilih.

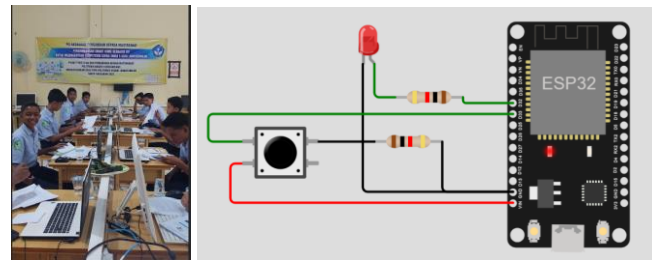
Aplikasi digital input memanfaatkan pin I/O yang difungsikan sebagai pin input. NodeMCU membaca sinyal digital melalui pin yang ditentukan [4]. Untuk membuat sebuah pin menjadi pin digital input kita atur sebuah pin dengan dua tahap:

- Tentukan nomor pin-nya:
pinMode(pin, INPUT)
pin: nomor pin NodeMCU
- Kemudian untuk membaca data digital yang masuk, gunakan perintah berikut:
var=digitalRead(pin);

“var” adalah variabel, nilainya tergantung logika input. Bernilai “1” (HIGH) atau “0” (LOW). “pin” adalah nomor pin NodeMCU yang dibaca inputannya.

Rangkaian digital input dan kegiatan praktek Digital I/O telah dilakukan peserta ditunjukkan pada Gambar 2. LED terhubung dengan pin D32, tombol push button terhubung dengan pin D33. LED akan menyala jika push button ditekan, jika dilepas maka LED akan padam. LED dihubungkan dengan resistor untuk membatasi arus agar LED tidak putus. Push button diberi sumber dari pin Vin dari mikrokontroler. Kendali push button dihubungkan ke pin D33. Push button

akan mengirim data ke mikrokontroler pada pin 33. Data dari pin 33 untuk mengontrol lampu pada pin 35.



Gambar 2. Rangkaian digital input push button

Kode program sebagai berikut:

```
//Deklarasi pin led dan push button
#define Ledmerah 32
#define pushbutton 33

void setup(){
  pinMode(Ledmerah, OUTPUT);
  pinMode(pushbutton, INPUT);
}

void loop(){
  if (digitalRead(pushbutton)==HIGH) { //jika tombol ditekan
    digitalWrite(Ledmerah, HIGH); //maka lampu menyala
  }
  else { //selain kondisi di atas
    digitalWrite(Ledmerah, LOW);
  }
}
```

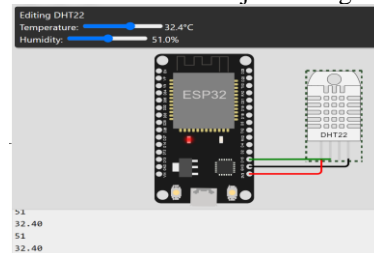
Selanjutnya praktek simulasi menggunakan ESP32, sensor suhu dan kelembaban (DHT 22). Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban relative. Sensor ini berisi chip yang melakukan konversi analog ke digital dan mengeluarkan sinyal digital dengan suhu dan kelembaban. Gambar 3 menunjukkan pinout DHT22.

DHT pin	Koneksi ke
1	3.3 V
2	GPIO digital (D15) dan sambungkan juga resistor pull-up 10k Ohm
3	Tidak dihubungkan
4	GND



Gambar 3. Pin Out DHT 22

Proyek simulasi sistem IoT - ESP 32 Thingsboard ditunjukkan pada Gambar 4. Pada Library Manager tambahkan “DHT sensor library for ESPx” dan ThingsBoard. Pertama yang dilakukan adalah pengujian sensor DHT 22 untuk memastikan sensor sudah berjalan dengan benar.



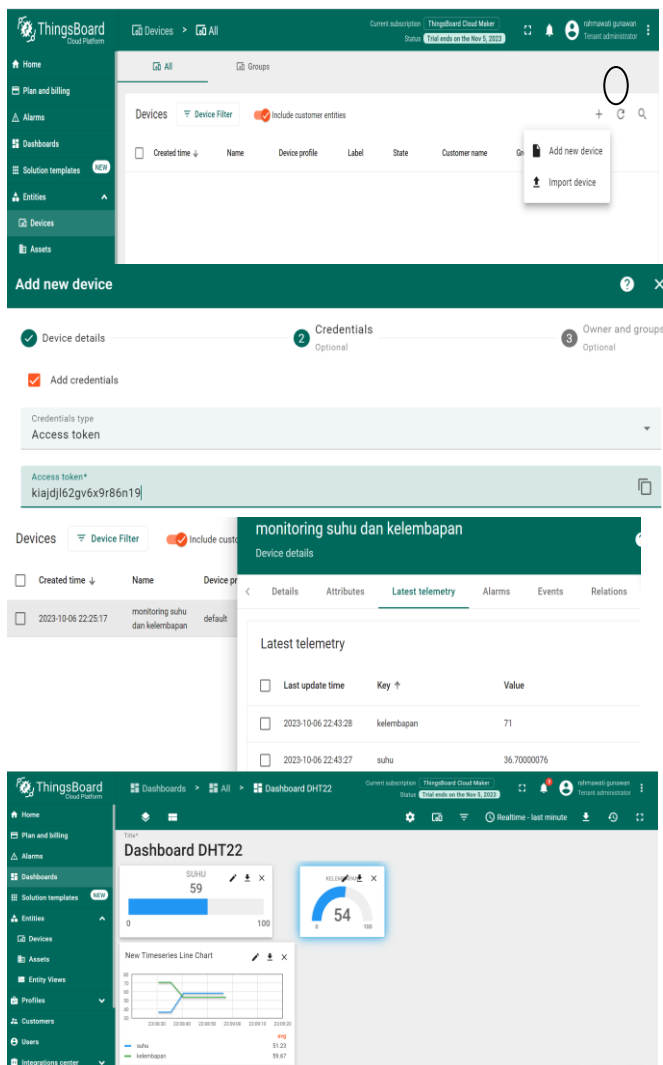
Gambar 4. Pengujian sensor DHT 22.

```
#include <DHTesp.h>
#define pinDht 15
DHTesp dhtSensor;

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Hello, ESP32!");
  dhtSensor.setup(pinDht, DHTesp::DHT22);
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  delay(10); // this speeds up the simulation
  TempAndHumidity data = dhtSensor.getTempAndHumidity();
  float temp = data.temperature;
  int hum = data.humidity;
  Serial.println(temp);
  Serial.println(hum);
}
```

Selanjutnya menambahkan kode program untuk koneksi dengan WiFi dan Thingsboard. Hal ini untuk menghubungkan dan mengirim data dilakukan dengan menambahkan library Thingsboard di *library manager*. Monitoring suhu dan kelembapan ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. IoT berbasis ESP 32 dan Thingsboard

Layanan Thingsboard diperoleh dengan membuat sebuah akun terlebih dahulu pada <https://thingsboard.cloud/home>. Membuat device pada thingsboard yang akan menangkap data dari sensor dengan memilih tab device pada menu thingsboard. Program monitoring suhu dan kelembapan berbasis Thingsboard:

```
#include <DHTesp.h>
// #include <dht.h>
#include <WiFi.h>
#include <ThingsBoard.h>
#define pinDht 15
DHTesp dhtSensor;
#define WIFI_AP "Wokwi-GUEST"
#define WIFI_PASS ""
#define TB_SERVER "thingsboard.cloud"
#define TOKEN "6grc84vr752tu8zdzyda"
WiFiClient espClient;
ThingsBoard tb(espClient);
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(115200);
  Serial.println("Hello, ESP32!");
  dhtSensor.setup(pinDht, DHTesp::DHT22);
  initWiFi();
  while(!tb.connected()){
    Serial.println("Not Connected to Thingsboard");
    if(!tb.connect(TB_SERVER, TOKEN)){
      Serial.println("Still not connected");
      return;
    }else{
      Serial.println("Connected to Thingsboard");
    }
  }
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  delay(10); // this speeds up the simulation
  TempAndHumidity data = dhtSensor.getTempAndHumidity();
  float temp = data.temperature;
  int hum = data.humidity;
  Serial.println(temp);
  Serial.println(hum);
  // tb.sendTelemetryFloat("Temperature", temp);
  tb.sendTelemetryData("suhu", temp);
  tb.sendTelemetryData("kelembapan", hum);
  Serial.println("Data sent ...");
  delay(5000);
}

void initWiFi(){
  Serial.println("Conecting ...");
  WiFi.begin(WIFI_AP, WIFI_PASS, 6);
  while(WiFi.status() != WL_CONNECTED){
    Serial.print(".");
    delay(100);
  }
  Serial.println("Connected!");
}
```

Hasil Evaluasi

Evaluasi kemampuan awal dan akhir peserta dilaksanakan untuk melihat kemampuan peserta pelatihan terhadap pengetahuan yang berkenaan dengan teknologi IoT. Evaluasi dilakukan dengan memberikan pre-test dan post-test berupa pertanyaan tentang pemahaman dan implementasi IoT (Gambar 6).



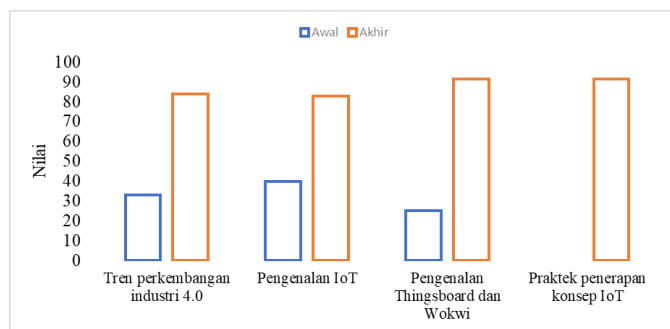
Gambar 6. Pelaksanaan pengujian kemampuan peserta

Peserta pelatihan sebanyak sepuluh (10) orang, dengan tingkat pendidikan adalah SMK kelas XI. Hasil evaluasi ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil evaluasi pelatihan IoT berbasis ESP 32 dan Thingsboard

No	Nama	Tren perkembangan industri 4.0		Pengenalan IoT		Pengenalan Thingsboard dan Wokwi		Praktek penerapan konsep IoT Test	Nilai Pelatihan		Nilai akhir pelatihan
		Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir		Awal	Akhir	
1	Mahmuddin	30	80	25	85	25	80	95	27	82	88
2	M. Habil Dzokriman	30	90	50	85	25	85	95	35	87	91
3	Ramazana	40	80	50	90	25	85	95	38	85	90
4	M. Razul Muhaiya	30	80	50	85	25	90	95	35	85	90
5	M. Zaky Alfarish	40	85	50	85	25	80	95	38	83	89
6	Halzanum Quraisyin	30	85	25	75	25	75	80	27	78	79
7	Waldi Syahputra	30	75	50	90	25	90	90	35	85	88
8	Dea Ananda	25	75	25	80	25	75	75	25	77	76
9	M. Nuzulul Rizki	25	90	50	80	25	85	100	33	85	93
10	M. Wisnu Zulafandi	50	100	25	75	25	75	95	33	83	89
Rata-rata		33	84	40	83	25	82	92	33	83	87

Pelatihan menggunakan simulasi Wokwi dan peralatan sistem minimum mikrokontroler ESP32. Peserta sudah berhasil menjalankan program digital input/output, praktek IoT dengan platform Thingsboard. Kendala yang dihadapi adalah peserta belum pernah mengenal bahasa pemrograman dan mikrokontroler. Praktek menggunakan simulasi Wokwi sangat membantu karena peserta tidak khawatir terjadinya kerusakan alat. Rata-rata nilai akhir teori dan praktek peserta adalah 87 masuk dalam kategori tinggi. Perkembangan hasil evaluasi pengetahuan peserta ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Perkembangan hasil evaluasi pengetahuan peserta

Evaluasi pada tahap akhir dilakukan untuk mengukur kemampuan akhir peserta sesuai dengan indikator keberhasilan pelatihan sistem IoT berbasis ESP 32 dan Thingsboard. Evaluasi meliputi pengujian teori dan praktek.

Hasil test yang diperoleh terdapat perbedaan hasil pemahaman peserta sebelum dan sesudah pelatihan yang ditunjukkan dengan angka N-Gain score untuk mengetahui efektivitas pelatihan [6].

N-Gain score adalah selisih antara nilai postest dan pretest, menunjukkan peningkatan pemahaman atau penguasaan peserta setelah pembelajaran dilakukan Tim PKM. Hasil uji gain score dijadikan sebagai dasar penentuan sejauh mana keefektifan pembelajaran yang dilakukan. Efektifitas pelatihan pengenalan sistem IoT berbasis ESP 32 dan Thingsboard diperoleh dengan menghitung skor Gain (uji N-gain) ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. N-gain score rata-rata peserta pelatihan

No.	Materi	Nilai Akhir Pelatihan		N-Gain score	N-Gain score (%)	Tafsiran N-Gain
		Awal	Akhir			
1	Tren perkembangan industri 4.0	33,00	84,00	0,76	76,12	Efektif
		40,00	83,00			
2	Pengenalan IoT	25,00	82,00	0,76	76,00	Efektif
		91,50				
3	Pengenalan Thingsboard dan Wokwi					
4	Praktek penerapan konsep IoT					Efektif

Penilaian kemampuan berupa post-test pada bidang teori menunjukkan kemampuan peserta meningkat dengan kategori tinggi. Secara umum peserta telah mengetahui tentang trend perkembangan industry 4.0 dan IoT namun tidak demikian dengan thingsboard dan wokwi dan sangat kurang pengetahuan tentang implementasi IoT. Adapun praktek penerapan konsep IoT berbasis ESP 32 dan Thingsboard secara praktek hardware dan simulasi Wokwi, penggunaan platform IoT Thingsboard merupakan hal baru bagi peserta.

Kemampuan awal peserta pelatihan dinilai pada pre-test dengan kategori kemampuan kurang. Setelah mengikuti pelatihan kemampuan peserta meningkat dengan dengan kategori kemampuan sangat baik. Berdasarkan hasil evaluasi dinyatakan peserta mampu untuk membuat IoT berbasis ESP32 dan Thingsboard menggunakan simulasi Wokwi. Kegiatan pelatihan ini dinilai efektif dengan ditunjukkan berdasarkan hasil capaian persentase N-Gain score rata-rata sebesar 74,6 % (Tabel 3). Melalui kegiatan PKM PNL ini terjadi penguatan dan peningkatan kompetensi siswa di bidang IoT berbasis ESP 32 dan Thingsboard yang diharapkan dapat memberikan wawasan baru kepada siswa-siswi tentang perkembangan era revolusi industri 4.0.

Tim PKM PNL melakukan penilaian terhadap keterlibatan para peserta pada setiap tahapan pelaksanaan pengabdian. Peserta sangat antusias dalam mengikuti kegiatan ini ditunjukkan dengan intensitas pertanyaan yang diajukan atas materi yang disampaikan. Pada kesempatan ini, bapak guru pendamping sebagai Kepala Laboratorium Komputer menyampaikan keinginan untuk diadakannya kegiatan ini bagi

Guru SMKN 5 Kota Lhokseumawe. Indikator keberhasilan selama proses pelatihan dilakukan juga evaluasi dan monitoring dari P3M PNL menyatakan bahwa kegiatan ini telah terselenggara dengan baik dan lancar. Harapan ke depannya IoT berbasis ESP 32 dan Thingsboard ini dapat digunakan untuk kendali cerdas peralatan listrik di lingkungan SMKN 5 Kota Lhokseumawe.

IV. KESIMPULAN

Pengenalan IoT berbasis ESP 32 dan Thingsboard melalui kegiatan PKM PNL, diharapkan dapat memberikan penguatan materi IoT di sekolah SMKN 5 Kota Lhokseumawe dan meningkatkan kompetensi siswa di bidang IoT. Pelatihan ini telah memberikan gambaran pengetahuan IoT berbasis ESP32 dan Thingsboard menggunakan simulasi Wokwi. Tim PKM PNL juga memberikan perlengkapan modul materi belajar yang dapat digunakan siswa. Berdasarkan nilai yang diperoleh tingkat kemampuan awal peserta pelatihan mempunyai nilai rata-rata 33 yaitu dengan kategori kemampuan rendah. Setelah mengikuti pelatihan kemampuan peserta meningkat dengan rata-rata nilai 83 dengan kategori kemampuan tinggi. Pelaksanaan kegiatan pelatihan dinilai efektif dengan ditunjukkan hasil test dan praktek pada akhir kegiatan dengan nilai persentase n-gain score 74,6%.

REFERENSI

- [1] T. S. Gunawan *et al.*, "Prototype design of smart home system using internet of things," *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 7, no. 1, pp. 107–115, 2017, doi: 10.11591/ijeecs.v7.i1.pp107-115.
- [2] A. A. Sahifa, R. Setiawan, and M. Yazid, "Pengiriman Data Berbasis Internet of Things untuk Monitoring Sistem Hemodialisis Secara Jarak Jauh," *J. Tek. ITS*, vol. 9, no. 2, pp. 4–9, 2021, doi: 10.12962/j23373539.v9i2.55650.
- [3] S. Widodo, A. Nursyahid, S. Anggraeni K, and W. Cahyaningtyas, "Analisis Sistem Pemantauan Suhu Dan Kelembapan Serta Penyiraman Otomatis Pada Budidaya Jamur Dengan Esp32 Di Fungi House Kabupaten Semarang," *Orbith*, vol. 17, no. 3, pp. 210–219, 2021.
- [4] F. Wibowo, Suheri, M. Diponegoro, and B. Hermanto, "Desain dan Implementasi Smart Laboratory Berbasis IOT Menggunakan ESP32 dan Thingsboard untuk Meningkatkan Keamanan dan Keselamatan di Laboratorium Teknik Informatika POLNEP," *Elit*, vol. 3, no. 2, pp. 13–21, 2022.
- [5] H. Aria Yanti, S. Zahrotul Fajriyah, and D. Ananda Putri, "Simulasi Sistem Monitoring Oksigen Terlarut (DO) Pada Budidaya Udang Vaname Berbasis Internet Of Things (IoT)," *J. Informatics Commun. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 57–067, 2023.
- [6] S. Sesmiyanti, R. Antika, and S. Suharni, "N-Gain Algorithm for Analysis of Basic Reading," 2019, doi: 10.4108/eai.19-7-2019.2289527.