

Integrasi Penelitian *Smart Garden* Berbasis IoT pada Pembelajaran Fisika MAN IC Kayu Agung menggunakan *case method*

Fitri Suryani Arsyad^{1,*}, Menik Ariani¹, Dedi Setiabudidaya¹, Idha Royani¹, Khairul Saleh¹, Octavianus Cakra Satya¹, Aldes Lebani², Amiruddin Supu³ Weanda¹, Irma Suryani¹, Arini Alfahidayah¹, Dede Ridwan Ismail¹, Sadam Husin¹

¹Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km 32 Ogan Ilir, Inderalaya, Sumatera Selatan, Indonesia, 30662

²Prodi S2 Ilmu Material, Program Pascasarjana, Universitas Sriwijaya, Bukit besar, Jl. Padang Selasa No.524, Bukit Lama, Kec. Ilir Bar. I, Kota Palembang, Sumatera Selatan 30139

³Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Nusa Cendana, Kupang, Indonesia

*E-mail : fitri_suryani@unsri.ac.id

ABSTRAK

Telah dilaksanakan kegiatan PPM yang merupakan integrasi hasil penelitian *smart garden* berbasis IoT dengan perkuliahan mahasiswa Fisika dan pembelajaran Fisika pada siswa MAN Insan Cendikia Ogan Komering Ilir Sumatera Selatan menggunakan metode pembelajaran *case method*. Dalam model pembelajaran ini mahasiswa diminta untuk menganalisis problem pertanian konvensional yaitu permasalahan kelembaban tanah, kelembaban udara, temperatur, pH tanah, dan cahaya, yang tidak dapat dikontrol kebutuhannya sehingga menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Untuk mengatasi problem tersebut, siswa kemudian diberi pembelajaran cara merancang *smart garden* menggunakan sensor berbasis IoT yang dapat bekerja secara otomatis dalam mendeteksi dan mengontrol secara realtime kelembaban tanah, kelembaban udara, temperatur, pH tanah, dan cahaya yang dibutuhkan tanaman hanya menggunakan smartphone. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi sensor dan penggunaan teknologi *internet of thing* (IoT) pada *smart garden* memberikan kemudahan dalam mengontrol semua kebutuhan tanaman. Dari hasil pembelajaran diperoleh 88% siswa memperoleh nilai rata-rata yang meningkat cukup signifikan dari 81,1 pada saat pretest menjadi 86,7 pada saat posttest. Sementara itu 12% sisanya, nilai rata-rata siswa menunjukkan hasil yang cenderung konstan yaitu sekitar 79. Dari kegiatan *case method* ini terlihat bahwa 80 – 90 % mahasiswa dan siswa memiliki pemahaman konsep yang baik tentang teknologi IoT pada pertanian modern. Oleh karena kontribusi penelitian ini mampu meningkatkan pemahaman siswa tentang konsep fisika elektronika dan instrumentasi, pengukuran dan kalibrasi, serta keterampilan berbasis Teknologi. Selain itu penelitian ini juga dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam berpikir kritis, berkolaborasi, dan berkreasi.

Kata kunci : *case method*; *IoT*; *pembelajaran fisika*; *sensor*; *smart garden*.

ABSTRACT

PPM activities have been carried out, integrating IoT-based smart garden research results with Physics student lectures and Physics learning for MAN Insan Cendikia Ogan Komering Ilir South Sumatra students using the case method learning method. In this learning model, students are asked to

analyze conventional agricultural problems, namely the problems of soil moisture, air humidity, temperature, soil pH, and light, which cannot be controlled, thus inhibiting plant growth and development. To overcome this problem, students are then given learning how to design a smart garden using IoT-based sensors that can work automatically in detecting and controlling in real time the soil moisture, air humidity, temperature, soil pH, and light needed by plants using only a smartphone. The results showed that applying sensors and using Internet of Things (IoT) technology in smart gardens conveniently controls all plant needs. From the learning results, 88% of students obtained an average score that increased significantly from 81.1 during the pretest to 86.7 during the posttest. Meanwhile, the remaining 12%, the average score of students showed results that tended to be constant at around 79. From this case method activity, it can be seen that 80% - 90% of students and students have a good understanding of the concept of IoT technology in modern agriculture. Therefore, the contribution of this research can improve students' understanding of the concepts of electronic physics and instrumentation, measurement and calibration, and technology-based skills. In addition, this research can also improve students' ability to think critically, collaborate, and create.

Keyword: case method; IoT; physics learning; sensors; smart garden.

1. PENDAHULUAN

Dampak signifikan dari kemajuan teknologi informasi dan komunikasi di bidang pendidikan, penelitian, maupun pembelajaran dapat terlihat pada penerapan integrasi teknologi berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam kegiatan riset dan pembelajaran. Dengan IoT, pengumpulan data secara real-time dan otomatisasi sistem telah mempermudah dan meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam berbagai aplikasi, termasuk pertanian pintar (*smart garden*) (Sameer Qazi *et al*, 2022).

Dalam bidang pertanian peningkatan produktivitas dan keberlanjutan hasil sangat ditentukan oleh kondisi lingkungan dan media tanaman, oleh karena itu sistem *Smart garden* berbasis IoT adalah sebuah inovasi yang dapat mengurangi resiko terhambatnya produktivitas hasil pertanian. Sistem ini memanfaatkan sensor dan perangkat pintar untuk mengelola kondisi lingkungan, seperti kelembaban tanah, kelembaban udara, pH, suhu, dan intensitas cahaya, yang bekerja secara real time dan otomatis sehingga produktivitas hasil dapat dikontrol (Prem Rajak *et al*, 2023).

Permasalahan yang dihadapi dalam penelitian *smart garden* berbasis IoT ini adalah: Pertama, bagaimana cara merancang sistem kontrol otomatis nya menggunakan sensor kelembaban tanah, kelembaban udara, pH, suhu, dan intensitas cahaya yang terintegrasi dengan *internet of things* (IoT). Kedua, bagaimana mengolah data hasil pengukuran. Ketiga, bagaimana mengetahui cara kerja sistem otomatis dengan menggunakan aplikasi Blynk. Oleh karena itu, solusi yang telah dilakukan adalah pertama, merancang sistem otomatis kelembaban tanah menggunakan sensor SEN0193, kelembaban udara menggunakan sensor BME280, pH tanah menggunakan sensor SKJ-001, temperatur udara menggunakan sensor DS18B20, dan intensitas cahaya menggunakan sensor BH1750. Kedua, melakukan pengujian karakteristik alat ukur yang telah dirancang menggunakan NodeMcu ESP32 berbasis IoT. Dan terakhir melakukan monitoring cara kerja sensor dengan menggunakan aplikasi Blynk.

Penelitian yang telah dilakukan oleh Alya *et al*. (2024), menunjukkan bahwa hasil

riset ini dapat menjadi media pembelajaran yang relevan dan kontekstual bagi mahasiswa dan siswa, terutama dalam mendukung pemahaman konsep fisika material dan sensor, elektronika dan instrumentasi, pengukuran dan kalibrasi, serta teknologi IT.

Pembelajaran Fisika sering menghadapi tantangan dalam mengaitkan teori dengan aplikasi nyata, yang dapat membuat mahasiswa atau siswa sulit memahami relevansi materi. Oleh karena itu Integrasi hasil riset *smart garden* berbasis IoT dengan pembelajaran fisika diharapkan dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna, baik bagi siswa MAN IC Kayu Agung dimana kegiatan PPM ini dilaksanakan maupun mahasiswa yang mengambil mata kuliah Fisika Material dan Sensor di tingkat perguruan tinggi.

Beberapa permasalahan utama yang melatarbelakangi dilaksanakan kegiatan PPM terintegrasi ini adalah: Kurangnya penerapan teknologi terkini dalam pembelajaran fisika yang membuat materi kurang menarik dan kontekstual. Minimnya sinergi antara hasil riset perguruan tinggi dengan kebutuhan pembelajaran di tingkat sekolah menengah. Dan belum adanya media pembelajaran berbasis IoT yang dapat mengintegrasikan konsep fisika material, sensor, dan aplikasi praktis di lingkungan nyata khususnya dalam teknologi pertanian modern.

Kegiatan ini bertujuan untuk: Mengintegrasikan hasil riset *smart garden* berbasis IoT ke dalam perkuliahan mata kuliah Fisika Material dan Sensor. Mengembangkan media pembelajaran berbasis IoT yang kontekstual untuk siswa MAN IC Kayu Agung, dan meningkatkan pemahaman siswa dan mahasiswa terhadap konsep fisika material dan sensor melalui aplikasi nyata dalam teknologi IoT di bidang pertanian.

Kontribusi penelitian yang telah dilakukan adalah diperoleh media pembelajaran yang relevan dan kontekstual, yang mendukung pemahaman konsep fisika material dan sensor, elektronika dan instrumentasi, pengukuran dan kalibrasi, serta teknologi IT.

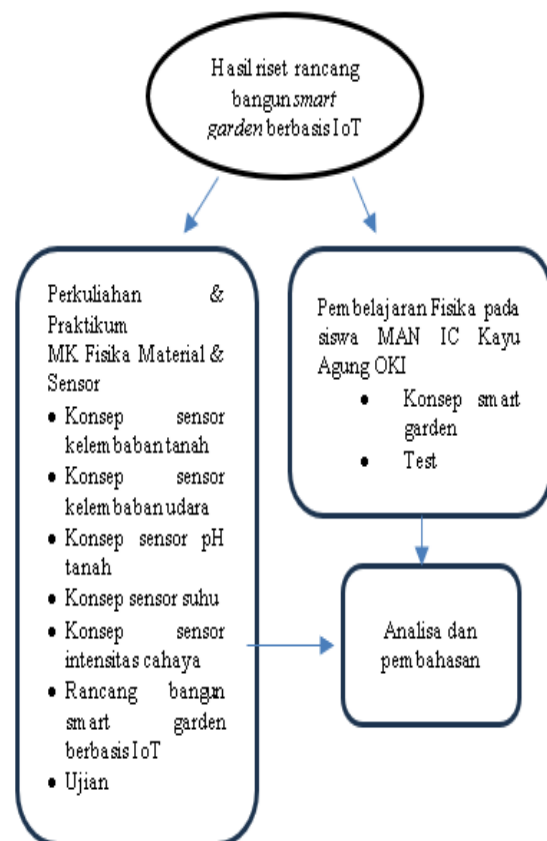
Adapun manfaat hasil penelitian yang diintegrasikan dengan kegiatan PPM ini bagi

siswa MAN IC Kayu Agung adalah meningkatkannya pemahaman siswa tentang konsep fisika elektronika dan instrumentasi, pengukuran dan kalibrasi, serta keterampilan berbasis Teknologi. Selain itu penelitian ini juga dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam berpikir kritis, berkolaborasi, dan berkreasi. Memberikan pengalaman belajar yang kontekstual dan aplikatif melalui teknologi IoT. Meningkatkan pemahaman terhadap konsep fisika yang diajarkan di kelas. Bagi mahasiswa manfaatnya adalah dapat memperkuat keterampilan integrasi teori dengan praktik dalam bidang fisika material dan sensor. Memahami aplikasi teknologi IoT dalam kehidupan nyata. Sedangkan bagi dosen dan guru adalah: Menyediakan bahan ajar inovatif yang relevan dengan perkembangan teknologi. Menjadi sarana untuk meningkatkan sinergi antara riset perguruan tinggi dan pembelajaran sekolah menengah. Dengan pendekatan hasil penelitian yang diintegrasikan dengan perkuliahan dan pembelajaran siswa, diharapkan pembelajaran fisika menjadi lebih relevan, menarik, dan mampu menjawab tantangan pendidikan di era digital.

2. METODE PELAKSANAAN

Dalam kegiatan ini, metode pelaksanaan yang dilakukan adalah integrasi hasil penelitian *smart garden* ke dalam proses perkuliahan matakuliah Fisika Material dan Sensor di Jurusan Fisika FMIPA Unsri dan pembelajaran Fisika di Siswa kelas XI MAN IC OKI. Dengan model *case method* (Citra Ayu Dewi & Sri Rahayu, 2023), mahasiswa diminta untuk menganalisis problem pertanian konvensional seperti permasalahan kelembaban tanah, kelembaban udara, temperatur, pH tanah, dan cahaya, yang tidak dapat dikontrol kebutuhannya sehingga menghambat pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Mahasiswa kemudian diberikan cara mengatasi problem tersebut melalui konsep *smart garden*. Dalam konsep ini mahasiswa diberi pengetahuan tentang material aktif pada sensor dan cara kerja sensor dalam mendeteksi dan mengontrol sistem kelembaban tanah, kelembaban udara, pH tanah, temperatur, dan cahaya, kemudiannya merancang alatnya menjadi sebuah sistem *smart garden* berbasis IoT yang mampu menghasilkan data secara

real time. Pada siswa MAN IC, metode yang diberikan adalah pengenalan konsep *smart garden* dan aplikasinya dalam kehidupan nyata. Terakhir pengujian kemampuan mahasiswa dan siswa serta analisis hasil belajarnya melalui latihan soal dan ujian sebagai metode untuk mengukur indikator keberhasilan media pembelajaran yang disampaikan. Berikut adalah diagram alir metode kegiatan PPM terintegrasi yang telah dilaksanakan.



Gambar 2.1. Diagram pelaksanaan PPM Terintegrasi

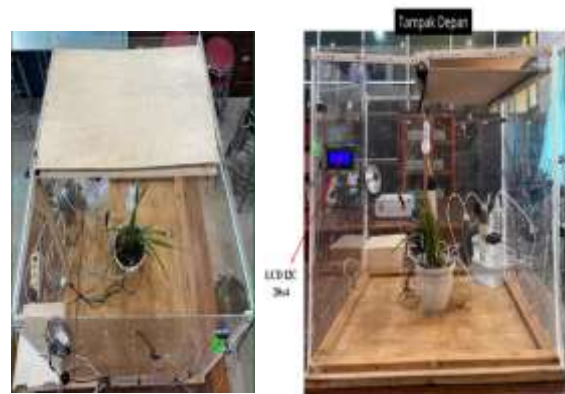
Pola evaluasi dan penilaian yang dilakukan kepada mahasiswa adalah dalam bentuk presentasi, perancangan metode eksperimen, dan ujian akhir. Indikator keberhasilannya terlihat dari tingkat pemahaman pada saat presentasi, keberhasilan sampel pada saat eksperimen, dan nilai ujian akhir.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

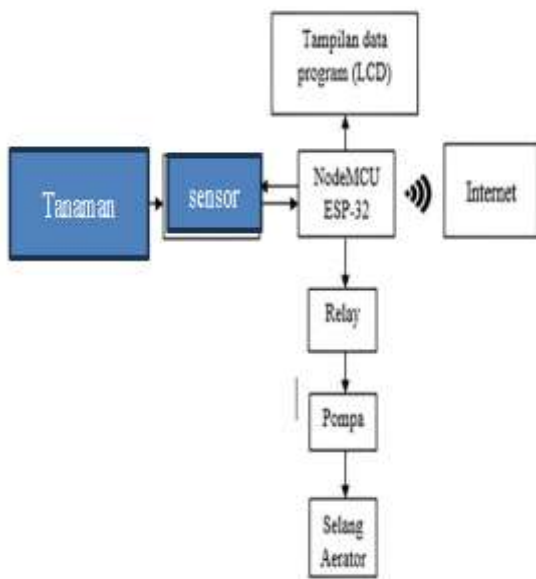
Rancang Bangun Sistem *Smart Garden* Berbasis IoT.

Rancang bangun sistem otomasi kelembaban tanah, kelembaban udara, pH tanah, temperatur, dan pencahayaan terbagi menjadi dua bagian, yaitu rancangan perangkat keras (*hardware*) dan rancangan perangkat lunak (*software*). Perancangan *hardware* dilakukan untuk membangun sistem otomasi kelembaban tanah, kelembaban udara, pH tanah, temperatur, dan pencahayaan untuk mengontrol media tanah agar perkembangan tanaman menjadi stabil. Perancangan *software* ditujukan untuk memprogram rancang bangun otomasi kelembaban tanah, kelembaban udara, pH tanah, temperatur, dan pencahayaan yang telah dibuat agar dapat terintegrasi dan melakukan transmisi data ke aplikasi Blynk melalui koneksi WiFi (Yoanda A P. *et al* 2024).

Gambar 3.2 adalah *smart garden* yang telah dibuat dengan sistem otomasi cerdas berbasis IoT (Yoanda A P. *et al* 2024). Sistem ini bekerja menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 yang diaktifkan menggunakan adaptor yang dihubungkan pada sumber tegangan listrik sebesar 3,3-5 volt dan akan mulai bekerja sesuai dengan instruksi program *software* yang sudah diupload pada mikrokontroler tersebut



Gambar 3.2 Hasil Rancang bangun *smart garden* dengan sistem Otomasi Cerdas Berbasis IoT (Yoanda A P. *et al* 2024).



Gambar 3.1. Diagram blok perancangan perangkat keras (*hardware*) sistem otomasi menggunakan sensor cerdas pada sistem *smart garden* berbasis IoT. (Yoanda A P. *et al* 2024)

Selanjutnya sensor kelembaban tanah, pH tanah, kelembaban udara, temperatur, dan pencahayaan yang sudah terpasang dan terhubung dengan mikrokontroler NodeMCU ESP32 akan aktif dan mendeteksi nilai dari kelembaban tanah, kelembaban udara, pH tanah, temperatur, dan pencahayaan tersebut. Apabila sensor berhasil mendeteksi dan mengukur, datanya diterima oleh mikrokontroler NodeMCU ESP32. Selanjutnya data yang diterima oleh mikrokontroler NodeMCU ESP32 tersebut akan dikirimkan ke komputer pada serial monitor, LCD, dan aplikasi Blynk melalui jaringan internet (Yoanda A P. *et al* 2024).

Pengujian Karakteristik Alat Otomasi Kelembaban Tanah, Kelembaban Udara, Temperatur Udara, pH Tanah, dan Cahaya pada Sistem Smart Garden.

Sistem *smart garden* yang telah dirancang dan dibangun kemudian diuji karakteristik dan keakurasian otomasinya. Pengujian karakteristik ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar akurasi, presisi, dan *error* dari alat rancang bangun otomasi kelembaban tanah, kelembaban udara, temperatur udara, pH tanah, dan cahaya pada sistem *smart garden* agar data yang diperoleh teruji akurat. Pengujian alat dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran nilai kelembaban tanah, kelembaban udara, temperatur udara, pH tanah, dan cahaya pada alat yang telah dirancang dengan hasil pengukuran nilai pada alat pembanding. Untuk mengetahui ketelitian alat, pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali perulangan. Tabel 3.1 adalah data hasil pengujian karakteristik alat otomasi kelembaban tanah menggunakan sensor *capacitive soil moisture* SKU:SEN0193

Tabel 3.1 Data hasil pengujian karakteristik alat otomasi kelembaban tanah

No	Waktu	Sensor Capacitive Soil Moisture (SEN0193)										Rata-rata	Standar Deviasi	Akurasi (%)	Presisi (%)	Error (%)				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10									
1	48	48,71	48,77	48,98	48,50	48,10	48,35	48,35	48,40	48,50	48,50	48,50	48,50	48,50	48,50	48,50	48,50	48,50	48,50	48,50
2	50	50,04	49,95	49,99	50,11	50,04	50,04	50,07	50,25	50,17	50,24	50,18	50,18	50,18	50,18	50,18	50,18	50,18	50,18	50,18
3	58	58,01	58,10	58,05	58,05	58,20	58,24	58,42	58,28	58,24	58,24	58,22	58,22	58,22	58,22	58,22	58,22	58,22	58,22	58,22
4	61	61,41	61,24	61,34	61,27	61,01	61,01	61,50	61,50	61,51	61,50	61,50	61,50	61,50	61,50	61,50	61,50	61,50	61,50	61,50
5	65	65,07	65,50	65,10	65,51	65,60	65,57	65,57	65,64	65,57	65,64	65,64	65,64	65,64	65,64	65,64	65,64	65,64	65,64	65,64
6	71	71,16	71,20	71,27	71,34	71,37	71,43	71,43	71,43	71,43	71,43	71,43	71,43	71,43	71,43	71,43	71,43	71,43	71,43	71,43
7	71	71,34	71,34	71,48	71,40	71,70	71,65	71,60	71,60	71,60	71,60	71,60	71,60	71,60	71,60	71,60	71,60	71,60	71,60	71,60
8	78	78,07	78,15	78,17	78,11	78,22	78,11	78,17	78,17	78,17	78,17	78,17	78,17	78,17	78,17	78,17	78,17	78,17	78,17	78,17
9	81	81,15	81,21	81,19	81,27	81,44	81,24	81,25	81,25	81,24	81,24	81,24	81,24	81,24	81,24	81,24	81,24	81,24	81,24	81,24
10	84	84,01	84,08	84,07	84,11	84,20	84,17	84,20	84,20	84,20	84,20	84,20	84,20	84,20	84,20	84,20	84,20	84,20	84,20	84,20
Rata-rata													0,29	0,17	98,76	99,22	0,45			

Pada Tabel 3.1 diperoleh nilai rata-rata bias sebesar 0,29, nilai rata-rata standar deviasi sebesar 0,17, nilai rata-rata akurasi sebesar 98,76 %, nilai rata-rata presisi sebesar 99,22 %, dan *error* sebesar 0,45 % . Berdasarkan hasil uji karakteristik tersebut dapat disimpulkan bahwa alat otomasi kelembaban tanah menggunakan sensor *capacitive soil moisture* SKU:SEN0193 dengan alat pembanding *Soil pH-Moisture* VT-05 memiliki nilai rata-rata bias yang kecil yaitu sebesar

0,29. Semakin kecil nilai bias maka semakin tinggi akurasi dan presisi yang dihasilkan. Oleh karena itu, alat telah memenuhi standar validitas instrument pengukuran dengan nilai standar deviasi kurang dari < 2, akurasi, presisi lebih dari 95% dan nilai *error* kurang dari <5 % (Riyanto, 2014). Dari hasil ini uji karakteristik sensor *capacitive soil moisture* SKU:SEN0193 telah memenuhi standar validasi instrument yang baik, hal ini disebabkan salah satunya karena lapisan aktif pada sensor *capacitive soil moisture* SKU:SEN0193 terbuat dari bahan keramik Aluminium Oksida (Al_2O_3) yang mampu merespon perubahan kapasitansi secara stabil ketika terjadinya perubahan pada kelembaban tanah.

Tabel 3.2 Data Hasil Pengujian Karakteristik Sensor pH Tanah SKJ-001

No	Waktu	Sensor pH Tanah SKJ-001										Rata-rata	Standar Deviasi	Akurasi (%)	Presisi (%)	Error (%)	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
1	54	5,407	5,441	5,445	5,395	5,388	5,381	5,394	5,393	5,389	5,388	5,401	0,016	0,023	98,624	98,714	0,089
2	59	5,393	5,342	5,392	5,387	5,394	5,393	5,398	5,371	5,371	5,36	5,397	0,017	0,015	98,274	98,288	0,064
3	6	6,024	6,062	6,054	6,064	6,099	6,083	6,049	6,04	5,99	6,098	6,086	0,016	0,013	97,422	98,348	0,032
4	61	6,126	6,149	6,147	6,121	6,145	6,141	6,149	6,147	6,152	6,17	6,147	0,043	0,014	98,617	98,522	0,704
5	62	6,201	6,208	6,204	6,225	6,247	6,221	6,247	6,247	6,25	6,292	6,281	0,018	0,021	98,512	98,604	0,487
6	63	6,261	6,251	6,251	6,24	6,24	6,245	6,248	6,241	6,257	6,24	6,247	0,047	0,018	98,757	98,583	0,752
7	64	6,493	6,488	6,487	6,487	6,493	6,489	6,492	6,488	6,492	6,498	6,498	0,024	0,024	98,261	98,285	0,587
8	65	6,593	6,598	6,547	6,593	6,592	6,598	6,598	6,596	6,598	6,592	6,592	0,012	0,012	98,640	98,445	0,787
9	66	6,621	6,615	6,622	6,629	6,629	6,628	6,628	6,626	6,624	6,624	6,624	0,018	0,018	99,242	98,589	0,516
10	67	6,702	6,702	6,71	6,71	6,704	6,71	6,714	6,704	6,71	6,711	6,708	0,008	0,004	99,678	98,888	0,128

Selanjutnya adalah melakukan pengujian karakteristik sensor pH tanah. Tabel 3.2 di atas adalah tabel data pengujian karakteristik sensor pH tanah SKJ-001. Berdasarkan tabel tabel 3.2 diatas diperoleh nilai rata-rata bias sebesar 0,036, nilai rata-rata standar deviasi sebesar 0,016, nilai rata-rata akurasi sebesar 98,606%, nilai rata-rata presisi 99,192%, dan nilai rata-rata *error* sebesar 0,581%. Dapat dilihat bahwa semakin kecil nilai bias, standar deviasi, dan *error* maka semakin besar nilai akurasi dan presisi. Berdasarkan hasil uji karakteristik di atas dapat disimpulkan bahwa alat sistem otomasi pH tanah memenuhi standar validitas instrumen pengukuran dengan nilai standar deviasi kurang dari 2%, akurasi dan presisi lebih dari 95% dan *error* kurang dari 5% (Riyanto, 2014).

Uji karakteristik sensor pH tanah SKJ-001 memenuhi standar validasi instrumen yang baik salah satunya dikarenakan sensor pH tanah SKJ-terdiri dari material aktif seperti silikon dioksida, silikon nitrida, dan aluminium oksida untuk elektroda kaca serta material polimer poli-anilin (PANI) yang bersifat konduktivitas ketika terpapar perubahan pH dan menggunakan bahan perak (Ag) dan perak klorida (AgCl) untuk elektroda referensi yang membuat potensial tetap stabil untuk elektrokimia dari elektroda pH.

Selanjutnya dilakukan pengujian karakteristik sensor kelembaban udara. Tabel 3.3 adalah data hasil pengujian karakteristik sensor kelembaban udara.

Tabel 3.3 Data hasil uji karakteristik sensor kelembaban udara BME280

Kondisi Udara (%)	Sensor BME280										Rata-Rata	Bias	Standar Deviasi	Akurasi (%)	Presisi (%)	Error (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10						
57,00	57,15	57,00	56,20	56,00	57,25	57,36	57,36	57,26	57,07	56,26	57,06	0,089	0,212	98,026	98,184	0,111
66,40	67,08	67,41	66,83	66,89	66,91	66,14	65,71	66,20	65,27	65,16	66,09	0,089	0,089	98,606	98,074	0,014
75,10	75,12	75,01	75,26	75,29	75,55	75,27	75,20	75,29	75,51	75,80	75,20	0,100	0,223	98,497	98,021	0,157
75,60	75,65	75,60	75,74	75,67	75,59	75,50	75,45	75,50	75,40	75,55	75,57	0,063	0,211	98,479	98,161	0,085
79,30	79,58	79,30	79,22	79,16	79,11	79,10	79,25	79,53	79,21	79,15	79,20	0,100	0,154	98,367	98,085	0,126
81,90	81,92	81,88	81,83	81,82	81,85	81,79	81,80	81,78	81,78	81,78	81,825	0,077	0,048	98,731	98,025	0,094
84,10	84,25	84,27	84,29	84,27	84,11	83,95	84,05	84,03	84,11	84,08	84,150	0,054	0,222	98,467	98,511	0,094
85,90	85,42	85,45	85,46	85,47	85,50	85,49	85,56	85,59	85,70	85,70	85,540	0,100	0,119	98,193	98,002	0,047
86,40	86,51	86,52	86,48	86,39	86,36	86,45	86,45	86,45	86,45	86,29	86,422	0,022	0,080	98,499	98,723	0,025
94,60	94,51	94,55	94,59	94,59	94,66	94,68	94,72	94,70	94,75	94,647	0,047	0,080	98,671	98,700	0,020	

Dari tabel 3.3 terlihat bahwa didapatkan nilai bias, standar deviasi, akurasi, presisi dan *error* yang sangat bagus. Berdasarkan dari tabel 3.3, hasil uji karakteristik sensor BME280 mendapatkan rata-rata keseluruhan akurasi sebesar 98,91%, rata-rata keseluruhan presisi sebesar 98,98 dan rata-rata keseluruhan *error* sebesar 0,076%. Menurut Riyanto, standar deviasi yang baik itu kurang dari 2%, akurasi dan presisi yang bagus itu diatas 95% sedangkan *error* yang baik dibawah 5%. Dari hasil tersebut, disimpulkan bahwa kemampuan dari sensor BME280 dalam mendeteksi kelembaban udara sangat bagus dan cocok dipakai untuk mendeteksi kelembaban udara pada ruang tanam anggrek yang dilakukan dalam penelitian ini. Hasil uji

karakteristik sensor BME280 menghasilkan data sesuai spesifikasi dan mendekati nilai sebenarnya karena sensor BME280 mengandung bahan semikonduktor silikon jenis sensor kapasitif dengan mengukur pergantian konstanta dielektrik pada material sebagai aktivitas terhadap perubahan pada kelembaban udara.

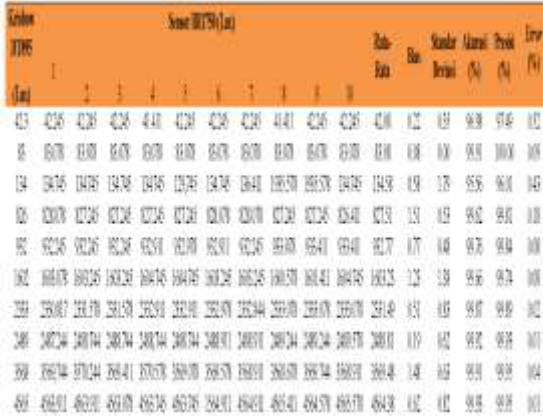
Tabel 3.4 Data hasil pengujian sensor temperatur udara DS18B20

Temperatur Udara pada DS18B20 (°C)	Temperatur Udara pada sensor DS18B20 (°C)										Rata- rata	Bias	Standar Deviasi	Akurasi (%)	Presisi (%)	Error (%)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
1 28	28,051	28,051	28,051	28,051	28,051	28,051	28,051	28,051	28,051	28,051	28,051	0,051	0,051	99,817	98,817	1,000	0,182
2 28,3	28,314	28,376	28,376	28,376	28,376	28,376	28,376	28,376	28,376	28,376	28,376	0,064	0,064	99,230	98,574	0,656	
3 28,6	28,601	28,601	28,601	28,601	28,601	28,601	28,601	28,601	28,601	28,601	28,601	0,064	0,064	99,230	98,574	0,656	
4 28,8	28,811	28,808	28,808	28,808	28,808	28,808	28,808	28,808	28,808	28,808	28,808	0,064	0,064	99,230	98,574	0,656	
5 29,0	29,009	29,009	29,009	29,009	29,009	29,009	29,009	29,009	29,009	29,009	29,009	0,064	0,064	99,230	98,574	0,656	
6 29,3	29,309	29,309	29,309	29,309	29,309	29,309	29,309	29,309	29,309	29,309	29,309	0,064	0,064	99,230	98,574	0,656	
7 29,6	29,609	29,609	29,609	29,609	29,609	29,609	29,609	29,609	29,609	29,609	29,609	0,064	0,064	99,230	98,574	0,656	
8 29,7	29,709	29,709	29,709	29,709	29,709	29,709	29,709	29,709	29,709	29,709	29,709	0,064	0,064	99,230	98,574	0,656	
9 29,8	29,809	29,809	29,809	29,809	29,809	29,809	29,809	29,809	29,809	29,809	29,809	0,064	0,064	99,230	98,574	0,656	
10 30,1	30,109	30,109	30,109	30,109	30,109	30,109	30,109	30,109	30,109	30,109	30,109	0,064	0,064	99,230	98,574	0,656	

Tabel 3.4 diatas menyatakan sensor DS18B20 memiliki kemampuan yang baik dengan rata-rata *error* sebesar 0,243%, rata-rata akurasi 98,58%, serta rata-rata presisi sebesar 98,82%. Berdasarkan hasil uji karakteristik yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa alat otomasi temperature udara memenuhi standars validasi intrumen pengukuran dengan akurasi dan presisi lebih dari 95% dan *error* kurang dari 5% (Riyanto, 2014). Adapun secara keseluruhan sensor DS18B20 memiliki kemampuan yang sangat baik dibandingkan sensor lain, menurut (Utama, 2016) dimana sensor DS18B20 adalah sensor *temperature* udara yang mempunyai keakuratan yang paling tinggi jika dibandingkan dengan sensor DHT11, DHT22 dan LM35 dengan rata-rata eror pengukuran sebesar 1.6%. Ada beberapa persamaan yang harus digunakan untuk mengetahui karakteristik dari sensor DS18B20. Untuk mengetahui nilai akurasi maka harus dicari terlebih dahulu nilai bias dan standar deviasi.

Berikut perhitungan nilai karakteristik dari sensor DS18B20.

Tabel 3.5 Data hasil pengujian sensor cahaya BH1750



Sensor BH1750 (Lux)										Zona	Suhu	Salah	Salah	Salah		
										Foto	Ban	Bebas	Mampu	Praktik	Error	
(Lux)													(%)	(%)	(%)	
43	436	428	424	441	421	426	426	441	426	426	421	421	43	43	97.6	0.2
45	457	450	447	463	447	452	452	463	452	452	447	447	45	45	99.8	0.2
124	1246	1247	1247	1247	1247	1247	1247	1247	1247	1247	1247	1247	124	124	99.6	0.4
100	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	100	100	99.0	0.1
95	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	952	95	95	99.0	0.1
102	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	102	102	99.0	0.1
101	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	1010	101	101	99.0	0.1
103	1030	1030	1030	1030	1030	1030	1030	1030	1030	1030	1030	1030	103	103	99.0	0.1
104	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	1040	104	104	99.0	0.1
105	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	1050	105	105	99.0	0.1
106	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	1060	106	106	99.0	0.1
107	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070	1070	107	107	99.0	0.1
108	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	108	108	99.0	0.1
109	1090	1090	1090	1090	1090	1090	1090	1090	1090	1090	1090	1090	109	109	99.0	0.1
110	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	1100	110	110	99.0	0.1
111	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110	1110	111	111	99.0	0.1
112	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	1120	112	112	99.0	0.1
113	1130	1130	1130	1130	1130	1130	1130	1130	1130	1130	1130	1130	113	113	99.0	0.1
114	1140	1140	1140	1140	1140	1140	1140	1140	1140	1140	1140	1140	114	114	99.0	0.1
115	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	1150	115	115	99.0	0.1
116	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	1160	116	116	99.0	0.1
117	1170	1170	1170	1170	1170	1170	1170	1170	1170	1170	1170	1170	117	117	99.0	0.1
118	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	1180	118	118	99.0	0.1
119	1190	1190	1190	1190	1190	1190	1190	1190	1190	1190	1190	1190	119	119	99.0	0.1
120	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	120	120	99.0	0.1

Tabel 3.5 menunjukkan hasil uji karakteristik alat otomatis intensitas cahaya, dimana menggunakan alat krisbow DT895 sebagai nilai pembandingan terhadap nilai rata-rata sensor. Hal ini membantu untuk mengetahui seberapa akurat sensor dalam melakukan pembacaan intensitas cahaya. Berdasarkan data hasil uji karakteristik alat otomatis intensitas cahaya pada tabel 4.6 diperoleh rata-rata akurasi 99.11 % dan rata-rata presisi 99,26 %, hal tersebut menunjukkan bahwa hasil pengujian sudah sesuai dengan tujuan yang diinginkan yaitu memiliki akurasi diatas 95%. Adapun rata-rata *error* yang diperoleh hampir mendekati nol yaitu sebesar 0.15, hal ini menunjukkan terdapat sedikit penyimpangan hasil pengukuran sensor terhadap nilai sebenarnya. Sehingga sensor dapat dikatakan layak untuk digunakan.

Perkuliahan Dan Praktikum

Pada kegiatan ini hasil penelitian disampaikan kepada mahasiswa dalam perkuliahan dan praktikum mata kuliah Fisika Material dan Sensor Semikonduktor. Perkuliahan diberikan menggunakan model pembelajaran *case method* (Siti Andini & Ahmad Farhan, 2023).. Dari metode ini dihasilkan model pembelajaran tentang sistem *smart garden* yang berisi tentang konsep, teori-teori dan sifat-sifat material, sifat material semikonduktor, aplikasi material semikonduktor pada sensor, teknologi sensor dalam sistem pertanian, dan rancang bangun

sistem sensor pada *smart garden* berbasis teknologi IoT. Gambar 3.3 adalah kegiatan perkuliahan di kelas dan praktikum di laboratorium mahasiswa fisika semester 5 untuk mata kuliah fisika material dan sensor semikonduktor yang telah dilaksanakan.



Gambar 3.3 Kegiatan perkuliahan di kelas dan praktikum di laboratorium mahasiswa fisika semester 5 untuk mata kuliah Fisika Material dan Sensor.

Untuk mengukur indikator keberhasilan media atau model pembelajaran yang telah disampaikan kepada mahasiswa, dilakukan ujian akhir berupa soal-soal terkait dengan problem-problem *smart garden* yang telah dipelajari dan solusi apa saja untuk mengatasi problem tersebut. Tabel 3.6 adalah hasil penilaian yang diujikan tentang teori dan proses rancang bangun sistem *smart garden*.

Tabel 3.6. Hasil Penilaian pada kegiatan perkuliahan dan praktikum mahasiswa

No	Aspek yang Dimilai	Skala Penilaian					Keterangan
		1	2	3	4	5	
1	Analisis kasus				√		Sangat baik
2	Pemahaman konsep				√		Sangat baik
3	Pemikiran kritis				√		Sangat baik
4	Partisipasi & kontribusi dalam diskusi				√		Sangat baik
5	Kolaborasi dalam kerja tim				√		Sangat baik
6	Kemampuan berkomunikasi				√		Baik
7	Kreativitas dan inovasi				√		Baik
8	Refleksi dan pembelajaran mandiri				√		Sangat baik
9	Penerapan konsep ke kasus nyata				√		Cukup
10	Penerimaan umpan balik				√		Sangat baik
JUMLAH		45					

Dari Tabel 3.6 terlihat bahwa model pembelajaran *case method* yang diterapkan pada PPM Terintegrasi ini mampu meningkatkan pemahaman mahasiswa tentang konsep material semikonduktor yang sangat berguna sebagai lapisan aktif sensor untuk mendeteksi kelembaban tanah, kelembaban udara, pH tanah, temperatur ruangan, dan pencahayaan dalam merancang kebun pintar berbasis IoT. 70% aspek mampu dikuasai mahasiswa dengan **Sangat Baik** dengan penilaian rata-rata sekitar 88,34 (skala penilaian 5). Mahasiswa mampu berfikir kritis dengan sangat baik dalam mencari solusi terhadap permasalahan-permasalahan media tanah dan perkembangan tanaman yang dipengaruhinya. Mampu berpartisipasi dan berkontribusi dengan sangat baik dalam diskusi di kelas dan di laboratorium. Memiliki kemampuan yang sangat baik dalam kolaborasi dan kerja tim, mampu merefleksikan diri serta mampu belajar mandiri. Mahasiswa juga paham dengan sangat baik bagaimana menerapkan konsep ke kasus nyata, dan mampu dengan sangat baik memberikan umpan balik. Sementara itu hanya 20% aspek yang memiliki nilai **Baik** (skala penilaian 4), dan 10% saja memiliki nilai **Cukup** pada penerapan konsep dikasus nyata (skala nilai 3).

Diseminasi Hasil Penelitian pada Siswa kelas XI MAN IC Kayu Agung OKI

Dalam kegiatan PPM terintegrasi ini, diseminasi hasil penelitian mahasiswa dilakukan kepada siswa kelas XI MAN IC Kayu Agung OKI. Hal ini bertujuan untuk penguatan potensi siswa kelas XI melalui implementasi hasil penelitian dosen dan mahasiswa dan ilmu yang diperoleh mahasiswa di bangku kuliah. Dalam kegiatan ini, mahasiswa diajak ikut serta menjelaskan dan mengajarkan kepada siswa tentang bagaimana merancang *smart garden* berbasis IoT, bagaimana cara kerja sensor kelembaban tanah, kelembaban udara, pH tanah, temperatur, dan cahaya, dan material apa yang berperan sebagai lapisan aktif pada sensor-sensor tersebut. Dalam PPM terintegrasi ini, disampaikan juga kepada siswa hasil penelitian tentang aplikasi bagaimana IoT dan

mikrokontroler dapat mendeteksi parameter-parameter tersebut secara real time dari jarak jauh dengan menggunakan *smartphone*.

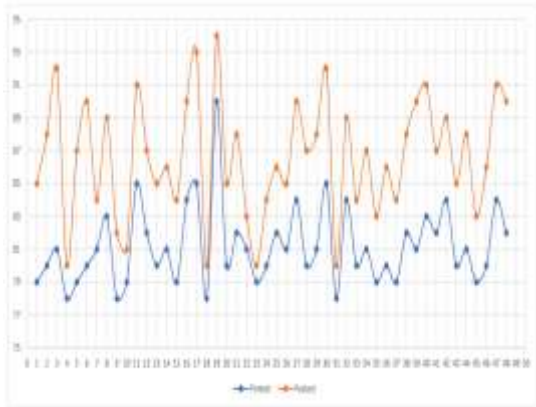
Gambar 3.4 adalah kegiatan diseminasi yang telah dilaksanakan. Dalam kegiatan ini siswa kelas XI diajak berfikir kritis dan logis dalam menyelesaikan masalah pertanian konvensional yang diselesaikan oleh sistem pertanian modern. Siswa diberi penjelasan bagaimana sistem kerja sensor dan IoT, dan aplikasinya pada *smart garden*.



Gambar 3.4. Kegiatan diseminasi hasil penelitian *smart garden* pada siswa kelas XI MAN IC Kayu Agung OKI

Dari hasil uji pretest (sebelum pembelajaran dimulai) dan uji posttest (setelah pembelajaran) terlihat bahwa siswa-siswa tersebut mampu menyerap dan memahami pembelajaran yang disampaikan dengan cukup baik. Hal ini terlihat dari nilai posttest yang meningkat cukup signifikan dibandingkan nilai pretest nya (Gambar 3.5). Dari hasil pembelajaran diperoleh 88% siswa memperoleh nilai rata-rata yang meningkat

cukup signifikan dari 81,1 pada saat pretest menjadi 86,7 pada saat posttest. Sementara itu 12% sisanya, nilai rata-rata siswa menunjukkan hasil yang cenderung konstan yaitu sekitar 79. Dari kegiatan *case method* ini terlihat bahwa 80 – 90 % dan siswa memiliki pemahaman konsep yang baik tentang teknologi IoT pada pertanian modern. Oleh karena kontribusi penelitian ini mampu meningkatkan pemahaman siswa tentang konsep fisika elektronika dan instrumentasi, pengukuran dan kalibrasi, serta keterampilan berbasis Teknologi. Selain itu penelitian ini juga dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam berpikir kritis, berkolaborasi, dan berkreasi.



Gambar 3.5. Hasil penilaian pretest dan posttest siswa kelas XI MAN IC Kayu Agung OKI

MAN IC Kayu Agung juga menerapkan kurikulum prototipe, maka sejalan dengan kurikulum tersebut, kegiatan PPM terintegrasi ini memberikan sebuah pembelajaran berbasis masalah (*problem-based learning*) kepada siswa sehingga mampu memberi ruang bagi pengembangan karakter dan kompetensi siswa.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa telah berhasil dirancang sebuah purnarupa *smart garden* mini berbasis teknologi IoT menggunakan sensor kelembaban tanah, kelembaban udara, pH tanah, temperatur dan cahaya. Dari hasil rancangan tersebut sensor bekerja dengan baik dan dapat diaplikasikan untuk mengontrol kelembaban tanah, kelembaban udara, pH tanah, temperatur dan

cahaya secara terintegrasi, real time dan jarak jauh. Hasil penelitian kemudian diintegrasikan dengan perkuliahan dan praktikum mata kuliah Fisika Material dan teknologi sensor menggunakan pembelajaran *case method*, dan penyuluhan kepada siswa-siswa kelas XI MAN IC Kayu Agung OKI. PPM ini telah memberikan wawasan baru bagi mahasiswa dan siswa tentang pentingnya pengetahuan tentang ilmu material dan sensor semikonduktor, serta aplikasi teknologi mikrokontroler dan IoT dalam proses merancang dan membangun sistem *smart garden* dalam teknologi pertanian modern.

Dengan kegiatan PPM terintegrasi ini, 70% aspek seperti analisis kasus, pemahaman konsep, pemikiran kritis, partisipasi & kontribusi dalam diskusi, kolaborasi dalam kerja tim, refleksi dan pembelajaran mandiri serta penerimaan umpan balik, mampu dikuasai mahasiswa dengan **Sangat Baik**. Sedangkan pada siswa, 88 % siswa memiliki pemahaman konsep yang baik tentang teknologi IoT pada pertanian modern. Hal ini ditunjukkan dengan nilai rata-rata yang meningkat cukup signifikan dari 81,1 pada saat pretest menjadi 86,7 pada saat posttest. Dari proses diskusi dan tanya jawab serta demonstrasi alat, siswa mampu berfikir kritis dalam mencari solusi terhadap permasalahan pertanian konvensional. Mampu berpartisipasi dan berkontribusi dengan baik dalam diskusi di kelas dan di laboratorium, memiliki kemampuan kolaborasi dan kerja tim, memiliki kemampuan berkomunikasi, kreatif dan inovasi, mampu merefleksikannya dan pembelajaran diri. Siswa juga dapat memahami penerapan konsep ke kasus nyata, dan mampu memberikan umpan balik. PPM-Terintegrasi yang diterapkan di MAN IC Kayu Agung OKI ini sejalan dengan kurikulum prototipe yang diterapkan MAN tersebut. Hal ini disebabkan karena problem-problem pertanian konvensional dan pengembangan ilmu dan teknologi otomatisasi pada pertanian modern mampu memberikan sebuah pembelajaran berbasis masalah (*problem-based learning*) terkait ilmu teknologi pertanian dan aplikasinya kepada siswa sehingga mampu memberi ruang bagi pengembangan karakter dan kompetensi siswa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan PPM Terintegrasi ini terlaksana atas bantuan dana Anggaran DIPA Badan Layanan Umum Universitas Sriwijaya tahun anggaran 2024 SP DIPA-023.17.2.677515/2024, tanggal 24 November 2023. Sesuai dengan SK Rektor Nomor 0011/UN9/SK.LP2M.PM/2024 tanggal 10 Juli 2024. Atas bantuan tersebut kami ucapkan banyak terimakasih.

DAFTAR PUSTAKA

- Alya Putri Yoanda, Putri Nur Hidayah Komaria, Regi Tia Margareta, Jutira Ayu, Diana Mauli Rahma, Khairul Saleh, Assa'idah, dan Fitri Suryani Arsyad. (2024). Rancang bangun otomasi kelembaban tanah pada tanaman anggrek menggunakan ESP32 berbasis IoT. *Jurnal Penelitian Sains* 26 (2) 2024: 26228 (197-205)
- Citra Ayu Dewi, Sri Rahayu. (2023). Implementation of case-based learning in science education: A systematic review *Journal of Turkish Science Education*, 2023, 20(4), 729-749.
- Prem Rajak, Abhratanu Ganguly, Satadal Adhi kary, Suchandra Bhattacharya . (2023). Internet of Things and smart sensors in agriculture: Scopes and challenges. *Journal of Agriculture and Food Research*. Volume 14, December 2023, 100776.
- Riyanto. (2014). Validasi dan Verifikasi Metode Uji: Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi. Yogyakarta: Deepublish.
- Sameer Qazi, Bilal A. Khawaja, And Qazi Umar Farooq. (2022). IoT-Equipped and AI-Enabled Next Generation Smart Agriculture: A Critical Review, Current Challenges and Future Trends. *IEEE ACCESS*, (10) 21219-21235.
- Siti Andini, Ahmad Farhan (2023). Implementasi Pembelajaran *Case Method* untuk Meningkatkan Pemahaman Siswa dalam Topik Sains. *Journal of*

