



Perancangan Trainer Kit Sensor dan Aktuator serta Pengembangan Modul Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa Teknik Elektro di Universitas Negeri Surabaya (UNESA)

Farid Baskoro ^{a,1*}, Subuh Isnur Haryudo ^{a,2}, Miftahur Rohman ^{a,3}, Unit Three Kartini ^{a,4}

^aUniversitas Negeri Surabaya

¹ faridbaskoro@unesa.ac.id *; ² subuhisnur@unesa.ac.id; ³ miftahurrohman@unesa.ac.id; ⁴ unitthree@unesa.ac.id

ARTICLE INFO	ABSTRAK
<p>Article History Submission : 21-16-2024 Revision : 01-10-2024 Accepted : 27-03-2025</p> <p>Kata Kunci: PBL, Trainer, Modul</p>	<p>PBL (<i>Project-Based Learning</i>) menonjol sebagai pendekatan yang penting dalam pendidikan modern karena memberdayakan mahasiswa secara aktif dalam proses pembelajaran. Dalam lingkungan PBL, mahasiswa tidak hanya menjadi penerima informasi, tetapi juga menjadi pembuat pengetahuan dengan terlibat dalam pemecahan masalah yang dihadapi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penerapan PBL terhadap pemahaman dan pencapaian mahasiswa dalam konteks pembelajaran pemrograman dan teknologi sensor. Analisis data pre dan post tes menunjukkan bahwa implementasi PBL secara signifikan meningkatkan rata-rata skor mahasiswa dari 17,18 menjadi 29,81 setelah penerapan PBL. Hasil menunjukkan adanya peningkatan distribusi skor pada tes pasca PBL, dengan peningkatan jumlah jawaban yang benar pada soal-soal yang sebelumnya memiliki sedikit jawaban benar, serta pada soal-soal yang memiliki tingkat jawaban yang tinggi. Ditemukan bahwa PBL tidak hanya meningkatkan pemahaman materi, tetapi juga mengembangkan keterampilan pemecahan masalah dan penerapan konsep dalam konteks nyata.</p> <p style="text-align: right;">This is an open access article under license CC-BY-SA.</p> 

1. Pendahuluan

Dalam era perkembangan teknologi yang pesat, pendidikan menjadi salah satu faktor kunci untuk mempersiapkan generasi muda menghadapi tantangan masa depan. Khususnya dalam bidang teknik elektro, kemampuan mahasiswa untuk memahami konsep dasar serta aplikasi praktisnya sangatlah vital. Universitas sebagai lembaga pendidikan memiliki tanggung jawab untuk menyediakan sarana dan metode pembelajaran yang efektif guna mendukung

perkembangan kemampuan mahasiswa. Dalam konteks Teknik Elektro di Universitas Negeri Surabaya (UNESA), pemahaman yang mendalam tentang konsep sensor dan aktuator menjadi kunci utama bagi mahasiswa. Sensor dan aktuator merupakan komponen-komponen yang tak terpisahkan dalam sistem elektronika modern. Sensor berfungsi untuk mendeteksi atau mengukur perubahan dalam lingkungan sekitarnya, sementara aktuator bertanggung jawab untuk mengubah kondisi lingkungan berdasarkan informasi yang diterima dari sensor [1] [2] [3] [4].

Kemampuan memahami dan mengoperasikan sensor dan aktuator sangat penting dalam berbagai aplikasi, mulai dari sistem otomatisasi industri, kendaraan otonom, perangkat medis, hingga *Internet of Things* (IoT) [5]. Namun, pembelajaran konvensional seringkali menghadapi kendala dalam memberikan pengalaman langsung yang memadai kepada mahasiswa dalam menguji konsep-konsep tersebut secara praktis. Keterbatasan dalam akses terhadap peralatan laboratorium yang memadai, kurangnya waktu untuk eksperimen, dan terbatasnya ruang lingkup materi yang dapat dipelajari di dalam kelas menjadi beberapa hambatan utama yang dihadapi. Sebagai akibatnya, mahasiswa sering kali hanya memperoleh pemahaman teoritis yang terbatas, sementara kurangnya pengalaman praktis dapat menghambat kemampuan mereka dalam menerapkan konsep-konsep tersebut di dunia nyata.

Dalam rangka meningkatkan efektivitas pembelajaran Teknik Elektro di UNESA, pengembangan *Trainer Kit* Sensor dan Aktuator serta modul ajar berbasis *Project-Based Learning* (PBL) menjadi solusi yang tepat. PBL merupakan pendekatan pembelajaran yang memberikan fokus pada proyek-proyek yang memungkinkan mahasiswa untuk belajar melalui pengalaman langsung dalam menyelesaikan masalah nyata. Pendekatan ini menempatkan mahasiswa sebagai aktor utama dalam proses pembelajaran, di mana mereka secara aktif terlibat dalam merancang, merencanakan, dan mengeksekusi proyek-proyek yang relevan. Pendekatan pembelajaran berbasis proyek memungkinkan mahasiswa untuk belajar melalui pengalaman nyata dalam menyelesaikan proyek-proyek yang relevan dengan dunia industri. Dengan demikian, mahasiswa dapat mengembangkan keterampilan teknis, pemecahan masalah, serta kreativitas mereka secara holistik. Proyek-proyek dalam PBL sering kali menuntut mahasiswa untuk memecahkan masalah yang kompleks dan tidak terstruktur. Hal ini memungkinkan mereka untuk mengembangkan keterampilan pemecahan masalah yang kritis dan kreatif. Melalui PBL, mahasiswa terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran. Pelajar dapat belajar dengan melakukan, mengamati, bereksperimen, dan merefleksikan pengalaman, yang membantu memperkuat pemahaman tentang konsep-konsep yang dipelajari [6] [7] [8] [9] [10] [11][12]

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan *Trainer Kit* Sensor dan Aktuator yang dapat digunakan sebagai alat bantu pembelajaran praktis bagi mahasiswa Teknik Elektro UNESA. Selain itu, kami juga akan mengembangkan modul ajar yang terintegrasi dengan *Trainer Kit* tersebut, yang dirancang untuk mendukung pendekatan PBL dalam pembelajaran. *Trainer kit* sensor dan aktuator yang dikembangkan dalam penelitian ini

Farid Baskoro (Perancangan Trainer Kit Sensor dan Aktuator serta Pengembangan Modul Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa Teknik Elektro di Universitas Negeri Surabaya (UNESA))

menggunakan Arduino Uno sebagai pusat kendali utama, dengan Wemos D1 Mini sebagai modul pendukung IoT untuk memungkinkan konektivitas ke platform cloud. Trainer kit ini dilengkapi dengan berbagai sensor yang umum digunakan dalam bidang teknik elektro, seperti sensor ultrasonik HC-SR04 untuk pengukuran jarak, DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara, serta LDR (Light Dependent Resistor) untuk mendeteksi intensitas cahaya di lingkungan sekitar. Selain itu, perangkat ini juga memiliki aktuator berupa LED sebagai indikator visual dan buzzer sebagai alarm yang dapat diaktifkan berdasarkan parameter sensor tertentu. Komunikasi antara komponen dalam trainer kit ini dilakukan melalui pin digital dan analog yang tersedia pada Arduino Uno, dengan kemungkinan penggunaan protokol serial untuk komunikasi dengan Wemos D1 Mini. Mikrokontroler ini bertanggung jawab dalam membaca data sensor, memprosesnya, dan mengaktifkan aktuator sesuai dengan skenario pembelajaran yang dirancang. Wemos D1 Mini berfungsi untuk mengirimkan data sensor ke platform IoT Blynk sehingga mahasiswa dapat memahami konsep pemantauan data secara real-time melalui jaringan internet.

Keunggulan utama dari trainer kit ini terletak pada desainnya yang modular dan fleksibel, memungkinkan pengguna untuk menambahkan atau mengganti sensor dan aktuator sesuai kebutuhan. Selain itu, dengan adanya dukungan IoT, mahasiswa dapat mengembangkan proyek berbasis sensor yang lebih kompleks, seperti sistem pemantauan lingkungan berbasis cloud atau otomasi berbasis kendali jarak jauh. Dengan kombinasi berbagai sensor, aktuator, dan konektivitas IoT, trainer kit ini diharapkan dapat meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap prinsip kerja sensor dan aktuator, serta aplikasinya dalam sistem elektronik yang lebih luas. Diharapkan, pengembangan ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan pemahaman dan keterampilan mahasiswa dalam bidang sensor dan aktuator, serta mempersiapkan mereka secara lebih baik untuk menghadapi tantangan industri di masa depan.

2. Metode

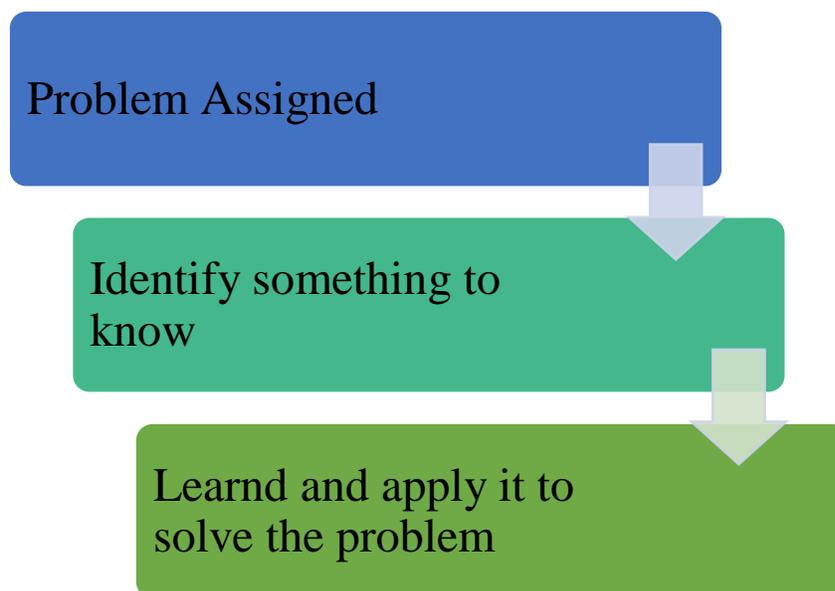
Penelitian eksperimen adalah metode penelitian yang digunakan untuk mengevaluasi dampak dari suatu perlakuan atau intervensi terhadap variabel tertentu dengan cara membandingkan kelompok yang menerima perlakuan dengan kelompok kontrol yang tidak menerima perlakuan tersebut [13] [14] [15]. Dalam konteks ini, penelitian eksperimen dapat digunakan untuk mengukur efektivitas dari implementasi *Trainer Kit* dan modul ajar berbasis PBL terhadap peningkatan kemampuan mahasiswa.

Pada penelitian ini, desain alat elektronika yang digunakan dalam trainer kit sensor dan aktuator terdiri dari Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama dan Wemos D1 Mini sebagai modul IoT untuk komunikasi berbasis internet. Sensor yang digunakan meliputi sensor ultrasonik HC-SR04 untuk pengukuran jarak, DHT11 untuk suhu dan kelembaban, serta LDR (Light Dependent Resistor) untuk deteksi cahaya. Aktuator yang digunakan mencakup LED sebagai indikator visual dan buzzer sebagai alarm.

Rangkaian elektronik dirancang dengan menghubungkan sensor dan aktuator ke pin digital dan analog pada Arduino Uno sesuai spesifikasi masing-masing komponen. Sensor ultrasonik dihubungkan ke pin digital, DHT11 menggunakan pin digital dengan protokol komunikasi satu kawat (one-wire), sedangkan LDR terhubung ke pin analog untuk membaca nilai intensitas cahaya. Wemos D1 Mini berkomunikasi dengan Arduino melalui protokol serial (UART) untuk mengirimkan data sensor ke platform Blynk.

Skema rangkaian elektronik dibuat menggunakan perangkat lunak Proteus untuk pemodelan awal, kemudian diwujudkan dalam bentuk PCB (Printed Circuit Board) atau breadboard untuk tahap prototipe. Pengujian dilakukan dengan memastikan setiap sensor dapat membaca data dengan akurat, aktuator dapat merespons perubahan kondisi sensor, serta konektivitas IoT dapat berfungsi dengan baik. Hasil dari proses perancangan dan pengujian ini menjadi dasar dalam pengembangan modul pembelajaran berbasis proyek yang digunakan dalam penelitian ini.

Tahap awal dalam penelitian eksperimen adalah perencanaan secara detail mengenai desain penelitian, populasi dan sampel penelitian, serta instrumen pengukuran yang akan digunakan. Perencanaan ini juga mencakup penetapan variabel dependen (variabel yang akan diukur) dan variabel independen (perlakuan atau intervensi yang diberikan). Memilih sampel yang representatif dari populasi mahasiswa Teknik Elektro UNESA. Sampel ini kemudian dibagi menjadi dua kelompok: kelompok eksperimen yang akan menerima perlakuan dalam bentuk penggunaan *Trainer Kit* dan modul ajar berbasis PBL, serta kelompok kontrol yang tidak menerima perlakuan tersebut.



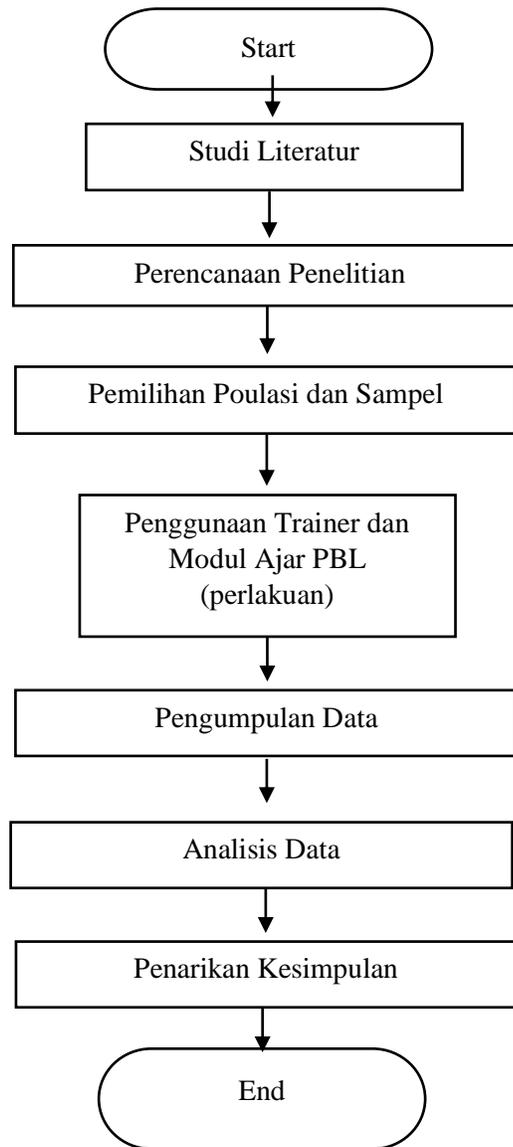
Gambar 1. Alur Sistem *Project-Based Learning*

Gambar 1 mengilustrasikan sebuah proses pembelajaran terstruktur yang terdiri dari tiga tahapan utama. Tahapan pertama, yang disebut "*Problem Assigned*," menandai awal dari perjalanan pembelajaran. Pada tahap ini, peserta didik diberikan sebuah tantangan atau masalah yang harus mereka pecahkan. Masalah tersebut bukan hanya sebagai titik awal, tetapi juga menjadi pusat perhatian dari seluruh proses pembelajaran. Setelah masalah ditugaskan,

langkah berikutnya adalah "*Identify Something to Know*." Pada tahapan ini, peserta didik diminta untuk mengidentifikasi pengetahuan atau konsep yang diperlukan untuk memahami masalah dengan mendalam. Mereka melakukan penelitian, analisis, dan refleksi untuk menentukan informasi yang relevan dan membangun pemahaman yang kokoh terhadap konten yang terkait dengan masalah yang diberikan.

Tahap terakhir dari diagram adalah "*Learn and Apply It to Solve the Problem*." Di tahap ini, peserta didik menggunakan pengetahuan yang mereka peroleh dari tahapan sebelumnya untuk merumuskan solusi terhadap masalah yang diberikan. Mereka tidak hanya menerapkan pengetahuan secara langsung, tetapi juga mengembangkan keterampilan kritis seperti pemecahan masalah, kerja sama, dan pemikiran kreatif dalam menghadapi situasi yang kompleks. Secara keseluruhan, diagram alir tersebut mencerminkan pendekatan PBL yang mendorong peserta didik untuk aktif terlibat dalam pembelajaran mereka sendiri melalui pemecahan masalah, eksplorasi pengetahuan, dan penerapan konsep dalam konteks nyata.

Kelompok eksperimen akan menerima perlakuan berupa penggunaan *Trainer Kit* dan modul ajar berbasis PBL dalam pembelajaran mereka, sementara kelompok kontrol akan melanjutkan pembelajaran mereka dengan metode konvensional. Setelah perlakuan diimplementasikan, data mengenai kemampuan mahasiswa dapat dikumpulkan menggunakan instrumen pengukuran yang telah ditetapkan sebelumnya. Data tersebut dapat berupa tes pengetahuan, tes keterampilan praktis, atau penilaian oleh dosen atau ahli bidang terkait. Setelah pengumpulan data selesai, data akan dianalisis untuk mengevaluasi efektivitas dari perlakuan yang diberikan. Hasil analisis data akan diinterpretasikan untuk menentukan apakah penggunaan *Trainer Kit* dan modul ajar berbasis PBL memiliki dampak yang signifikan terhadap peningkatan kemampuan mahasiswa Teknik Elektro UNESA. Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini akan membantu dalam memahami efektivitas dari pendekatan pembelajaran yang diusulkan. Gambar 2 merupakan alur penelitian yang digunakan untuk mempermudah memahami alur dari penelitian ini.

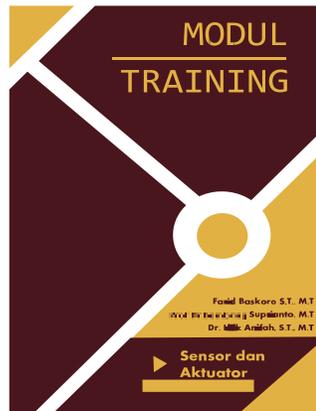


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini, berhasil dikembangkan *Trainer Kit* Sensor dan Aktuator yang terdiri dari berbagai sensor dan aktuator yang umum digunakan dalam sistem elektronika, serta modul ajar yang terintegrasi dengan *Trainer Kit* tersebut. Tujuan utama dari pengembangan *Trainer Kit* Sensor dan Aktuator serta modul ajar berbasis *Project-Based Learning* adalah untuk memberikan mahasiswa Teknik Elektro di Universitas Negeri Surabaya (UNESA) kesempatan yang lebih baik dalam memahami konsep sensor dan aktuator. Melalui pendekatan PBL yang

terintegrasi, dengan ini mahasiswa dapat mengembangkan pemahaman yang mendalam tentang prinsip-prinsip dasar, aplikasi praktis, dan teknologi terkini yang terkait dengan sensor dan aktuator dalam sistem elektronika. Pengembangan ini bertujuan untuk tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual, tetapi juga keterampilan praktis mahasiswa dalam menerapkan pengetahuan mereka dalam konteks proyek nyata yang relevan.



Gambar 3. Buku Panduan Praktikum Sensor dan Aktuator

Sebagai hasil dari penelitian, dihasilkan buku panduan seperti pada Gambar 3 yang berisi informasi lengkap tentang *Trainer Kit* Sensor dan Aktuator yang telah dikembangkan. Buku ini mencakup deskripsi sensor dan aktuator yang disertakan dalam *Trainer Kit*, panduan penggunaan, petunjuk koneksi, dan contoh eksperimen praktis yang dapat dilakukan oleh mahasiswa. Buku ini dirancang untuk memberikan panduan yang jelas dan mudah dipahami bagi dosen dan mahasiswa dalam menggunakan *Trainer Kit* dalam pembelajaran.

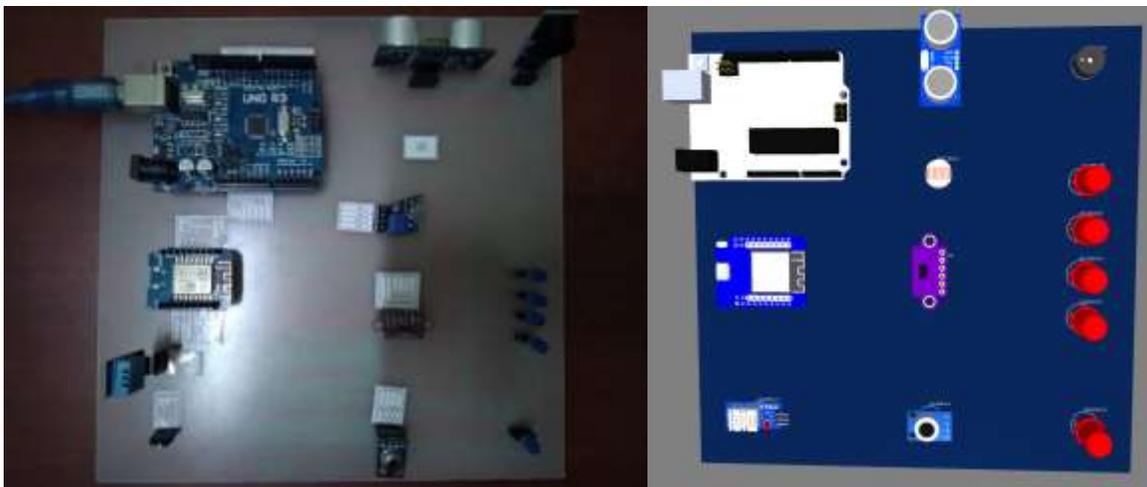
Buku panduan praktikum yang dibuat berisi tentang sensor ultrasonik, sensor DHT11, dan sensor LDR pada tahap 1 akan memberikan panduan langkah demi langkah tentang cara menggunakan masing-masing sensor tersebut secara terpisah. Setiap sensor akan dijelaskan secara detail, termasuk prinsip kerjanya, spesifikasi teknis, serta cara menghubungkan sensor ke mikrokontroler atau sistem lainnya. Selain itu, buku panduan ini akan memberikan contoh eksperimen praktis yang dapat dilakukan dengan masing-masing sensor, seperti pengukuran jarak dengan sensor ultrasonik, pengukuran suhu dan kelembaban udara dengan sensor DHT11, dan pengukuran intensitas cahaya dengan sensor LDR.

Pada tahap 2, sensor-sensor tersebut akan dikombinasikan menjadi satu sistem yang lebih kompleks. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan tingkat kesulitan percobaan pada praktikum, serta untuk memberikan pengalaman praktis kepada mahasiswa dalam mengintegrasikan beberapa komponen menjadi satu sistem yang berfungsi. Buku panduan praktikum tahap 2 akan menjelaskan langkah-langkah yang diperlukan untuk menghubungkan ketiga sensor tersebut ke dalam satu rangkaian, serta bagaimana cara mengintegrasikan data dari ketiga sensor tersebut agar dapat digunakan untuk membuat keputusan atau kontrol sistem yang

Farid Baskoro (Perancangan Trainer Kit Sensor dan Aktuator serta Pengembangan Modul Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa Teknik Elektro di Universitas Negeri Surabaya (UNESA))

lebih kompleks. Contoh percobaan pada tahap 2 mungkin melibatkan penggunaan sensor ultrasonik untuk mendeteksi keberadaan objek, sensor DHT11 untuk memantau kondisi lingkungan, dan sensor LDR untuk mengatur pencahayaan atau tindakan berbasis cahaya, semua dalam satu sistem yang terintegrasi.

Dengan demikian, melalui tahap 2 yang lebih kompleks ini, mahasiswa akan dihadapkan pada tantangan yang lebih besar dalam pemecahan masalah dan pengambilan keputusan, serta akan mendapatkan pengalaman praktis yang lebih mendalam dalam merancang, menghubungkan, dan mengoperasikan sistem elektronika yang kompleks. Hal ini akan memberikan mereka pemahaman yang lebih komprehensif tentang aplikasi sensor dalam berbagai konteks dan mempersiapkan mereka untuk menghadapi tantangan dunia nyata di bidang teknik elektro.



Gambar 4. Modul *Trainer Kit* Sensor dan Aktuator

Selain itu, juga dihasilkan modul ajar yang terintegrasi dengan *Trainer Kit* pada Gambar 4, yang dirancang berdasarkan pendekatan *Project-Based Learning* (PBL). Modul ini mencakup berbagai topik yang relevan dengan sensor dan aktuator, mulai dari konsep dasar hingga aplikasi praktis dalam sistem elektronika. Setiap modul dilengkapi dengan tujuan pembelajaran, materi teori, panduan eksperimen, serta tugas proyek yang menantang. Modul ini dirancang untuk mendukung pembelajaran yang aktif dan berbasis proyek, sehingga mahasiswa dapat mengembangkan keterampilan praktis mereka melalui pengalaman langsung.

Modul *Trainer Kit* Sensor dan Aktuator yang dibuat terhubung dengan mikrokontroler Arduino Uno merupakan alat pembelajaran yang dirancang untuk memfasilitasi penggunaan sensor dan aktuator dalam konteks pembelajaran Teknik Elektro. Modul ini didesain agar mudah dipahami dan digunakan oleh mahasiswa, serta dapat mendukung berbagai eksperimen dan proyek yang melibatkan sensor dan aktuator.

Farid Baskoro (Perancangan Trainer Kit Sensor dan Aktuator serta Pengembangan Modul Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa Teknik Elektro di Universitas Negeri Surabaya (UNESA))

Modul ini dilengkapi dengan berbagai jenis sensor dan aktuator yang umum digunakan dalam sistem elektronika, seperti sensor ultrasonik, sensor suhu dan kelembaban DHT11, sensor cahaya LDR, Buzzer, LED, dan lain sebagainya. Setiap sensor dan aktuator disertakan dengan petunjuk penggunaan dan contoh aplikasi yang relevan. Modul *Trainer Kit* terhubung langsung dengan mikrokontroler Arduino Uno sebagai otak utama dari sistem. Arduino Uno

merupakan platform pengembangan yang populer dan mudah digunakan, sehingga cocok digunakan dalam konteks pembelajaran. Mikrokontroler ini dapat diprogram menggunakan Arduino IDE, sebuah perangkat lunak yang intuitif dan mudah dipahami oleh pemula sekalipun. Untuk mempermudah koneksi antara sensor, aktuator, dan mikrokontroler, Modul *Trainer Kit* dilengkapi dengan breadboard dan kabel jumper. Breadboard digunakan untuk melakukan prototyping sementara tanpa soldering, sementara kabel jumper digunakan untuk menghubungkan berbagai komponen elektronik.

Modul *trainer kit* ini disertai dengan buku panduan lengkap yang berisi informasi tentang penggunaan sensor dan aktuator, langkah-langkah pemrograman dengan Arduino Uno, serta contoh eksperimen dan proyek yang dapat dilakukan seperti pada Gambar 2. Materi pembelajaran tersebut dirancang untuk memandu mahasiswa dalam memahami konsep-konsep dasar dan melakukan aplikasi praktis menggunakan Modul *Trainer Kit*. Dengan menggunakan Modul *Trainer Kit* Sensor dan Aktuator yang terhubung dengan mikrokontroler Arduino Uno, mahasiswa dapat belajar secara praktis tentang konsep sensor dan aktuator dalam sistem elektronika, serta memperoleh keterampilan pemrograman dan pemecahan masalah yang relevan. Selain itu, penggunaan Arduino IDE sebagai perangkat lunak pemrograman memungkinkan mahasiswa untuk mengembangkan berbagai proyek kreatif dan inovatif sesuai dengan minat dan kebutuhan mereka.

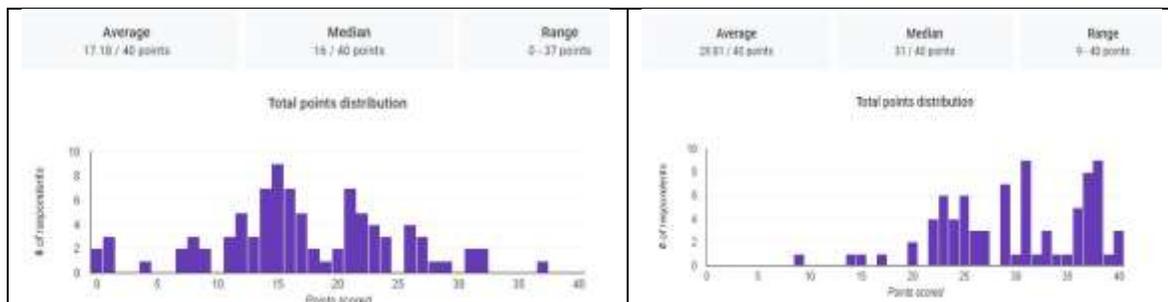


Gambar 5. Dokumentasi Proses Pembelajaran dengan *Trainer Kit* Sensor dan Aktuator
Foto-foto kegiatan pembelajaran menggunakan *Trainer Kit* Sensor dan Aktuator serta

Farid Baskoro (Perancangan Trainer Kit Sensor dan Aktuator serta Pengembangan Modul Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Meningkatkan Kompetensi Mahasiswa Teknik Elektro di Universitas Negeri Surabaya (UNESA))

modul ajar berbasis PBL telah didokumentasikan seperti pada Gambar 5. Foto-foto ini mencakup berbagai momen dalam proses pembelajaran, mulai dari mahasiswa melakukan eksperimen dengan *Trainer Kit* hingga presentasi proyek yang mereka hasilkan. Dokumentasi ini bertujuan untuk memperlihatkan penggunaan *Trainer Kit* dan modul ajar dalam konteks pembelajaran sehari-hari, serta memberikan bukti konkret mengenai interaksi mahasiswa dengan materi pembelajaran yang disajikan.

Melalui pengembangan *Trainer Kit* Sensor dan Aktuator serta modul ajar berbasis Project-Based Learning ini, diharapkan kemampuan mahasiswa Teknik Elektro UNESA dalam memahami konsep sensor dan aktuator dapat ditingkatkan secara signifikan. Dengan adanya pendekatan pembelajaran inovatif ini, mahasiswa diharapkan dapat lebih siap menghadapi tantangan di dunia industri dan masyarakat yang semakin kompleks.



Gambar 6. Pre-test (Atas), Post Test (Bawah)

Dalam analisis data pre dan post tes pada Gambar 6, terlihat adanya perubahan yang signifikan dalam pencapaian mahasiswa setelah menerapkan PBL (Project-Based Learning). Pada tes sebelumnya, rata-rata skor mahasiswa adalah 17,18, dengan variasi yang cukup besar dalam jumlah jawaban yang benar untuk setiap soal. Meskipun terdapat mahasiswa yang tidak menjawab dengan benar pada beberapa soal, tetapi setelah menerapkan PBL, terlihat peningkatan yang cukup mencolok dalam pencapaian mereka. Rata-rata skor pada tes pasca PBL meningkat menjadi 29,81, menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam pemahaman dan penerapan materi.

Pada tes pre, terdapat variasi yang cukup besar dalam jumlah jawaban yang benar untuk setiap soal, dengan beberapa soal tidak dijawab dengan benar oleh sebagian besar mahasiswa. Namun, setelah menerapkan PBL, terlihat adanya peningkatan dalam distribusi skor. Soal-soal yang sebelumnya memiliki sedikit jawaban yang benar, seperti pada benar 9, mengalami peningkatan jumlah jawaban yang benar setelah penerapan PBL. Selain itu, terlihat juga peningkatan pada soal-soal yang sebelumnya memiliki tingkat jawaban yang tinggi, seperti pada benar 37, yang menunjukkan bahwa mahasiswa mampu meningkatkan pemahaman mereka bahkan pada materi yang sulit.

tetapi juga memperkuat pengalaman belajar mahasiswa melalui pendekatan PBL yang berorientasi pada masalah dan praktik.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari paragraf tersebut adalah bahwa implementasi PBL (Project-Based Learning) secara signifikan meningkatkan pemahaman dan pencapaian mahasiswa dalam tes post. Analisis data pre dan post tes menunjukkan peningkatan yang cukup mencolok dalam rata-rata skor mahasiswa dari 17,18 menjadi 29,81 setelah menerapkan PBL. Terdapat peningkatan distribusi skor pada tes pasca PBL, dengan adanya peningkatan jumlah jawaban yang benar pada soal-soal yang sebelumnya memiliki sedikit jawaban benar, serta pada soal-soal yang memiliki tingkat jawaban yang tinggi. Hasil tersebut menunjukkan bahwa PBL tidak hanya meningkatkan pemahaman materi, tetapi juga mengembangkan keterampilan pemecahan masalah dan penerapan konsep dalam konteks nyata.

Selain itu, gambar modul praktikum yang menunjukkan mahasiswa menulis pemrograman untuk menggabungkan dua sensor juga memiliki nilai yang signifikan dalam konteks PBL. Foto tersebut memperkuat pengalaman belajar mahasiswa dengan memberikan gambaran visual tentang konsep-konsep yang diajarkan dan mengilustrasikan pentingnya keterampilan praktis dalam bidang yang relevan dengan studi mereka. Melalui aktivitas praktik langsung seperti menulis pemrograman, mahasiswa dapat menghadapi tantangan nyata dan memperoleh motivasi tambahan untuk belajar dan berkembang. Dengan demikian, modul praktikum tersebut memberikan dukungan yang kuat terhadap pendekatan PBL yang berorientasi pada masalah dan praktik untuk meningkatkan pemahaman dan pencapaian mahasiswa.

Daftar Pustaka

- [1] V. Granovsky, "Dynamic measurements: theory and metrological support yesterday and today Sensors and systems," *Датчики и системы*, pp. 57-72, 2016.
- [2] G. Joanna and K. Kinga, "Education through inclusive and multi-sensory experiences a real social space accessibility audit," *World Transactions on Engineering and Technology Education*, pp. 121-127, 2023.
- [3] B. Kicklighter, "On the Development of a Next-Generation Sensor/Actuator Module for Automation Labs," *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*, 2021.
- [4] C. Ruben and B. Daniel, "Advanced sensors technology in education," *Sensors*, 2019.
- [5] A. Ghani, "Engineering education at the age of Industry 5.0 - higher education at the crossroads," *World Transactions on Engineering and Technology Education*, pp. 112-117, 2022.

- [6] S. Hassan and E. Hania, "Effectiveness of various PBL feedback channels in engineering education," *World Transactions on Engineering and Technology Education*, pp. 12-17, 2023.
- [7] I. Abdurrahman, "Development of a Digital-Preneurship Measurement Instrument: Alignment Approach Through Project-Based Learning," *International Journal of Educational Methodology*, vol. 9, no. 1, pp. 283-295, 2023.
- [8] S. Alvaro, "An Introduction to the Special Issue on Digital and Collaborative Higher Education: The Case of the Erasmus+ OpenU Project," *Education Sciences*, 2023.
- [9] M. Goyal, C. Gupta and V. Gupta, "A meta-analysis approach to measure the impact of project-based learning outcome with program attainment on student learning using fuzzy inference systems," *Heliyon*, 2022.
- [10] S. Mursalim, N. Nurdiyanti, W. Y. Rukman and M. Wajdi, "The Effect of Project-Based Learning Model on Students' Cognitive Learning Outcomes and Collaborative Skill of Excretion System Concept," *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, pp. 2533-2540, 2023.
- [11] R. Mursid, A. Saragih and R. Hartono, "The Effect of the Blended Project-based Learning Model and Creative Thinking Ability on Engineering Students' Learning Outcomes," *International Journal of Education in Mathematics, Science, and Technology*, vol. 10, no. 1, pp. 218-235.
- [12] A. Owen, "Enhancing student communication competencies in STEM using virtual global collaboration project based learning," *Research in Science and Technological Education*, pp. 1-27, 2020.
- [13] W. Sumarni and S. Kadarwati, "Ethno-stem project-based learning: Its impact to critical and creative thinking skills," *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 2020.
- [14] M. & M. S. de Oliveira Biazus, "The impact of project-based learning (PjBL) model on secondary students' creative thinking skills," *International Journal of Essential Competencies in Education*, pp. 38-48, 2022.
- [15] D. A. Sucahya, M. Muhaji, E. Ismayati, T. Rijanto and M. Y. Pratama, "Project-Based Learning: Enhancing the Psychomotor Domain of Vocational School Students Reviewed Collaboration Skills," in *In International Joint Conference on Science and Engineering 2021*, 2021.