
Kajian Keberkesanan Penggunaan Uart Wireless Trainer Dikawal Melalui Aplikasi Sebagai Alat Bantu Mengajar Kursus Embedded System Application

Hashamiza binti Haruddin¹, Gauri a/p Birasamy²

¹ Jabatan Kejuruteraan Elektrik, Politeknik Ungku Omar, Perak, Malaysia
E-mail: hashamiza@puo.edu.my

² Jabatan Kejuruteraan Elektrik, Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah, Kulim, Malaysia
E-mail: gauri@ptsb.edu.my

Abstrak

Di era teknologi dan pembelajaran sendiri, penguasaan pelajar terhadap konsep komunikasi mikropengawal seperti UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) menjadi semakin penting, terutamanya dalam kursus berasaskan sistem terbenam. Kajian ini dijalankan bagi menilai tahap keberkesanan penggunaan UART Wireless Trainer yang dikawal melalui aplikasi mudah alih sebagai bahan bantu mengajar dalam kalangan pelajar politeknik. Trainer ini membolehkan pelajar mengawal peranti output (seperti LED, motor, dan mentol 240V) serta membaca data input (seperti suhu dan cahaya) secara *real-time* melalui sambungan tanpa wayar. Instrumen kajian terdiri daripada soal selidik 30 item yang merangkumi enam domain utama: kefahaman konsep, kemahiran rekabentuk dan pengujian, fungsi aplikasi, kecekapan masa dan kos, tahap keyakinan, serta penilaian keseluruhan. Jumlah responden yang terlibat dalam kajian ini ialah seramai 86 orang pelajar semester empat Jabatan Kejuruteraan Elektrik Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah yang terdiri daripada program DEE, DET dan DTK. Hasil analisis menunjukkan pelajar menunjukkan peningkatan ketara dari aspek kefahaman teori, kemahiran praktikal, dan keyakinan sendiri dalam melaksanakan projek mikropengawal. Selain itu, pelajar juga melaporkan pengurangan tekanan kerja dan peningkatan motivasi terhadap pembelajaran. Nilai min yang tinggi bagi setiap aspek kajian membuktikan bahawa trainer ini mampu menjembatani jurang antara teori dan amali, sekaligus meningkatkan kualiti pengajaran dan pembelajaran secara menyeluruh. Kajian ini mencadangkan bahawa penggunaan trainer seperti ini wajar diperluaskan dalam kursus berasaskan amali dan projek untuk menyokong pendekatan pembelajaran abad ke-21.

Kata Kunci : Aplikasi Mudah Alih; Trainer; Uart

Abstrak

In the era of technology and self-learning, students' mastery of microcontroller communication concepts such as UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) is becoming increasingly important, especially in embedded systems-based courses. This study was conducted to evaluate the effectiveness of using UART Wireless Trainer controlled via mobile applications as a teaching aid among polytechnic students. This trainer allows students to control output devices (such as LEDs, motors, and 240V bulbs) and read input data (such as temperature and light) in real-time via a wireless connection. The study instrument consisted of a 30-item questionnaire covering six main domains: conceptual understanding, design and testing skills, application functions, time and cost efficiency, confidence level, and overall assessment. The total number of respondents involved in this study was 86 fourth-semester students of the Department of Electrical Engineering, Tuanku Sultanah Bahiyah Polytechnic, consisting of DEE, DET, and DTK programs. The results of the analysis showed that students showed significant improvements in terms of theoretical understanding, practical skills, and self-confidence in implementing microcontroller projects. In addition, students also reported reduced work pressure and increased motivation for learning. The high mean value for each aspect of the study proves that this trainer is able to bridge the gap between theory and practice, thus improving the overall quality of teaching and learning. This study suggests that the use of trainers like this should be expanded in practice-based and project-based courses to support 21st century learning approaches.

Keywords : Mobile Application; trainers; Uart

I. PENDAHULUAN

Dalam era Revolusi Industri 4.0, kebolehan menguasai teknologi sistem terbenam dan komunikasi tanpa wayar merupakan kemahiran asas yang perlu dikuasai oleh pelajar dalam bidang kejuruteraan dan teknologi. Salah satu komponen penting dalam sistem terbenam ialah komunikasi bersiri jenis Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART) yang digunakan secara meluas untuk membolehkan pertukaran data antara mikropengawal dan peranti lain. Meskipun UART merupakan antara topik penting dalam kursus sistem terbenam, pengajaran secara teori semata-mata didapati tidak mencukupi untuk membantu pelajar memahami aplikasi sebenarnya dalam pembangunan projek elektronik [1].

Pengalaman di institusi politeknik menunjukkan bahawa pelajar sering menghadapi kesukaran apabila dikehendaki mereka bentuk dan membina sistem berasaskan UART dalam kursus seperti Embedded System Application, Projek 1 dan Projek 2. Kesukaran ini berpunca daripada kelemahan pelajar dalam memahami asas teori komunikasi UART serta kekangan masa dan sumber dalam menjalankan aktiviti praktikal. Situasi ini sering menyebabkan pembinaan litar tidak berjaya dalam masa yang ditetapkan, sekaligus memberi tekanan kepada pelajar dan menjejaskan kualiti projek akhir yang dihasilkan [2].

Bagi mengatasi isu ini, satu alat bantu pengajaran telah dibangunkan iaitu UART Wireless Trainer Dikawal Melalui Aplikasi. Trainer ini direka bentuk bagi membolehkan pelajar mengawal pelbagai komponen seperti LED, motor dan mentol 240V serta membaca data sensor suhu dan cahaya secara masa nyata melalui sambungan tanpa wayar seperti ZigBee, RF dan Bluetooth. Trainer ini juga membolehkan pengujian kod dan litar dilakukan secara terus sebelum pelajar melaksanakan pembinaan sebenar di atas papan prototaip (protoboard). Pendekatan ini dilihat dapat membantu pelajar mengaplikasikan teori yang dipelajari, mengurangkan kesilapan dalam pembinaan sistem dan meningkatkan keyakinan serta kefahaman mereka [3].

Justeru, kajian ini dijalankan di Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah yang melibatkan pelajar semester 4 dari program diploma yang mengikuti kursus Embedded System. Kajian ini bertujuan untuk menilai tahap keberkesanan penggunaan UART Wireless Trainer sebagai alat bantu mengajar dari aspek kefahaman teori, kemahiran praktikal, pengurusan masa, serta tahap keyakinan pelajar dalam pembelajaran berasaskan projek.

Objektif Kajian

1. Menilai keberkesanan penggunaan UART Wireless Trainer dikawal melalui aplikasi sebagai alat bantu mengajar dalam kursus Embedded System Application.
2. Mengkaji tahap kefahaman pelajar terhadap konsep komunikasi UART selepas menggunakan trainer.
3. Menganalisis keberkesanan trainer dalam meningkatkan kemahiran rekabentuk dan pengujian sistem mikropengawal.
4. Menilai impak penggunaan trainer terhadap tahap keyakinan pelajar, kecekapan masa dan kos dalam pembangunan projek.
5. Meneliti persepsi keseluruhan pelajar terhadap kesesuaian dan potensi penambahbaikan trainer dalam kursus berasaskan amali.

Pernyataan Masalah

Pengajaran topik komunikasi UART dalam kursus sistem terbenam di politeknik sering dilaksanakan secara teori semata-mata, tanpa latihan praktikal yang mencukupi. Ini menyebabkan pelajar menghadapi kesukaran untuk memahami aplikasi sebenar UART dalam pembangunan sistem elektronik. Kelemahan dalam pemahaman teori, kekangan masa, serta kekurangan sumber latihan praktikal menyebabkan pelajar gagal membina sistem yang berfungsi dengan baik, sekaligus memberi tekanan dan menjejaskan hasil projek akhir. Oleh itu, terdapat keperluan untuk memperkenalkan bahan bantu mengajar yang lebih interaktif dan efektif bagi mengatasi jurang antara teori dan amali.

I. KAJIAN LITERATUR

Komunikasi UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) adalah antara protokol bersiri yang paling asas dan penting dalam pembangunan sistem terbenam. Ia digunakan secara meluas dalam komunikasi antara mikropengawal dan peranti seperti sensor, modul wireless, dan paparan LCD. Namun, konsep ini sering sukar difahami oleh pelajar jika hanya diajar melalui pendekatan teori atau simulasi asas [1]. Oleh itu, pemahaman mendalam melalui amali adalah penting bagi memastikan pelajar dapat menguasai proses penghantaran dan penerimaan data bersiri secara praktikal. UART merupakan protokol komunikasi bersiri yang digunakan secara meluas dalam mikropengawal seperti Arduino, ESP32, dan PIC. Ia beroperasi berdasarkan prinsip penghantaran data bit demi bit tanpa isyarat jam luaran, menjadikannya lebih mudah diintegrasikan dalam aplikasi ringkas dan sistem terbenam berskala kecil [4]. Di dalam bilik darjah, pengajaran UART sering dilaksanakan melalui kaedah pensyarah-sentris, iaitu hanya melalui kuliah dan demonstrasi asas, tanpa latihan praktikal yang mencukupi.

Hal ini mengakibatkan pelajar menghadapi kesukaran untuk mengaplikasikan konsep UART dalam pembangunan litar dan pengaturcaraan sebenar. Kajian oleh Sulaiman dan Harun (2018) menunjukkan bahawa hampir 60% pelajar tahun akhir politeknik gagal membina sambungan UART berfungsi tanpa bantuan pensyarah. Ini menunjukkan keperluan mendesak untuk mengintegrasikan pembelajaran berasaskan pengalaman (experiential-based learning) dalam topik komunikasi digital, terutama untuk sistem terbenam. Trainer atau alat bantu praktikal yang menyokong simulasi dan pengujian real-time akan membantu pelajar lebih memahami konsep seperti baud rate, sinkronisasi, dan struktur data bersiri. Kajian oleh Abdullah dan Mohd Yusof [2] menunjukkan bahawa penggunaan modul interaktif dalam kursus mikropengawal memberi kesan positif terhadap pemahaman dan motivasi pelajar. Dalam konteks pendidikan teknikal, trainer memberi peluang pelajar memahami hubungan antara perisian dan perkakasan dengan lebih jelas [5].

Teknologi tanpa wayar seperti Bluetooth, ZigBee dan RF kini meluas digunakan dalam aplikasi *Internet of Things (IoT)*. Oleh itu, pelajar perlu didedahkan kepada teknologi ini supaya mereka dapat membina sistem yang realistik dan selari dengan industri semasa [6]. Aplikasi mudah alih yang diintegrasikan dengan kit latihan memudahkan

pelajar untuk mengawal dan memantau peranti secara fleksibel, sekali gus menjadikan pembelajaran lebih interaktif dan menghadihkan pembelajaran luar bilik darjah. Beberapa kajian turut menunjukkan bahawa penggunaan alat bantu seperti trainer memberi kesan positif bukan sahaja dari segi kognitif tetapi juga aspek afektif pelajar. Sebagai contoh, Latif dan Noraini mendapati pelajar lebih yakin dan kurang stres apabila mereka dapat menguji kod dan litar sebelum membina sistem sebenar [7]. Di samping itu, penggunaan kit latihan turut meningkatkan kecekapan masa dalam menyiapkan projek, mengurangkan kos dan kadar kegagalan prototaip [8].

Keberkesanan sesebuah bahan bantu mengajar boleh dinilai dari pelbagai aspek seperti peningkatan prestasi akademik, penguasaan kemahiran teknikal, dan persepsi pelajar terhadap penggunaannya [9]. Dalam kursus berbentuk amali seperti Embedded System, penekanan terhadap keupayaan pelajar mengaplikasi teori dalam pembangunan sistem sebenar adalah amat penting. Keberkesanan bahan bantu mengajar yang disusun sebagai kit latihan boleh diukur melalui prestasi akademik, penguasaan kemahiran teknikal, dan persepsi pelajar terhadap penggunaannya. Sebagai contoh, kajian oleh Nur Kholis *et al.* [10] membuktikan bahawa penerapan kit elektronik digital dalam pendidikan kejuruteraan elektrik meningkatkan prestasi pelajar berdasarkan penilaian dan analisis Cronbach Alpha.

II. METODOLOGI KAJIAN

Dalam kajian ini, seramai 86 orang pelajar semester 4 daripada Diploma Kejuruteraan Elektrik (DET), Diploma Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik (DEE), Diploma Kejuruteraan Elektronik (Komputer) Jabatan Kejuruteraan Elektrik Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah telah dipilih sebagai responden untuk menjawab soal selidik. Kesemua pelajar yang dipilih telah menggunakan Uart Wireless Trainer bagi kerja amali. Borang soal selik diedarkan bagi memperolehi data daripada pelajar dalam menentukan keberkesanan Uart Wireless Trainer sebagai alat bantu mengajar bagi kursus *Embedded System Application*. Kajian ini adalah kuantitatif dan instrument yang digunakan dalam kajian ini berbentuk soal selidik. Terdapat penambahbaikan telah dibuat pada borang soal selidik mengikut kesesuaian. Borang soal selidik ini terdiri daripada 2 bahagian. Bahagian A merujuk kepada maklumat berkaitan demografi responden (Jantina dan Program). Bahagian B merujuk kepada Persepsi Pelajar terhadap Penggunaan UART Wireless Trainer. Aspek yang terdiri daripada soal

selidik 30 item yang merangkumi enam domain utama: kefahaman konsep, kemahiran rekabentuk dan pengujian, fungsi aplikasi, kecekapan masa dan kos, tahap keyakinan, serta penilaian keseluruhan. Hasil analisis awal menunjukkan pelajar menunjukkan peningkatan ketara dari aspek kefahaman teori, kemahiran praktikal, dan keyakinan sendiri dalam melaksanakan projek mikropengawal. (Rekabentuk, Minat dan Kefahaman). Jadual 2 merujuk kepada skala pengagihan maklumat responden. Jadual 1 menunjukkan skala likert bagi soalan soal selidik bagi bahagian B.

Nilai kebolehppercayaan setiap item dalam instrumen soal selidik yang akan digunakan dalam kajian sebenar dinilai dengan menggunakan teknik ketekalan dalaman Alpha Cronbach. Kajian rintis dijalankan secara atas talian terhadap 10 orang pelajar menggunakan Google Forms untuk menentukan kebolehppercayaan item yang dibina. Setiap item dalam soal selidik dianalisis untuk menentukan pekali Alpha Cronbach dengan menggunakan Statistical Package for Social Science (SPSS) versi 26.0. Nilai pekali Alpha Cronbach yang diperolehi ialah 0.920, Jika pekali alpha Cronbach lebih daripada 0.6, ia boleh dianggap boleh diterima dan boleh dipertimbangkan.

Jadual 1 : Skala Likert

Item	Skala
Sangat Setuju	5
Setuju	4
Tidak Pasti	3
Tidak Setuju	2
Sangat Tidak Setuju	1

Jadual 2 : Maklumat Responden

Item	Pilihan
Jantina	Lelaki,Perempuan
Program	DEE,DTK,DET
Tahap kemahiran dalam mikropengawal	Tiada pengalaman,Asas, Sederhana,Mahir
Pernah belajar tentang komunikasi UART	Ya,Tidak
Adakah anda pernah menggunakan sebarang modul komunikasi tanpa wayar contoh ESP8266	Ya,Tidak

III. KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Item soal selidik pada bahagian B adalah bertujuan untuk mendapatkan maklumat keberkesanan penggunaan *UART Wireless Trainer* di kalangan pelajar yang mengambil Kursus Embedded System Application. Jadual 6,7,dan 8 menunjukkan skor min bagi setiap item soalan yang dinilai.

Jadual 3 : Skor Min bagi Aspek Kefahaman Konsep dan Teori

	N	Mean
Saya lebih memahami perbezaan konsep penghantaran dan penerimaan isyarat selepas menggunakan trainer.	86	4.33
Penggunaan trainer membantu saya memahami komunikasi tanpa wayar seperti ZigBee, RF, dan Bluetooth.	86	4.47
Saya lebih jelas tentang hubungan antara pengaturcaraan dan litar perkakasan selepas menggunakan trainer.	86	4.59
Saya lebih yakin menjelaskan semula konsep komunikasi wayarles kepada rakan.	86	4.33
Saya dapat mengaplikasikan teori kursus Embedded System dengan lebih baik selepas latihan dengan trainer.	86	4.40
Valid N (listwise)	86	

Jadual 4 : Skor Min bagi Aspek Kemahiran Rekabentuk dan Pengujian Projek

	N	Mean
Saya lebih mudah membina litar prototaip selepas menggunakan trainer.	86	4.49
Trainer ini membantu saya memahami hubungan antara sensor, output dan pengaturcaraan.	86	4.40
Saya dapat menguji rekabentuk litar saya secara real-time dengan lebih yakin.	86	4.40
Saya dapat menyelesaikan masalah litar sebelum projek sebenar dibangunkan.	86	4.49
Saya lebih yakin menjalankan eksperimen berkaitan projek 1 dan projek 2 selepas menggunakan trainer.	86	4.49

Valid N (listwise)	86	
--------------------	----	--

Jadual 5 : Skor Min bagi Aspek Fungsi Aplikasi dan Kawalan Jarak Jauh

	N	Mean
Aplikasi kawalan tanpa wayar berfungsi dengan stabil dan boleh dipercayai.	86	4.60
Saya dapat menghidupkan/mematikan komponen seperti LED dan motor melalui aplikasi dengan mudah.	86	4.40
Saya faham konsep kawalan output seperti motor dan mentol 240V melalui aplikasi.	86	4.47
Fungsi sensor cahaya dan suhu dalam trainer membantu saya memahami sistem maklum balas.	86	4.47
Paparan skrin suhu dan cahaya memberi maklumat berguna untuk ujian saya.	86	4.60
Valid N (listwise)	86	

Jadual 6 : Skor Min bagi Aspek Kecekapan Masa dan Kos

	N	Mean
Penggunaan trainer membantu saya merancang projek dengan lebih efisien.	86	4.40
Saya dapat menjimatkan masa pembinaan litar dengan adanya trainer.	86	4.49
Trainer ini mengurangkan kos uji litar sebelum membina sistem sebenar.	86	4.49
Saya tidak perlu ulang banyak kali pembinaan litar selepas menguji dengan trainer.	86	4.49
Trainer ini membantu saya menyelesaikan projek dalam tempoh masa yang ditetapkan.	86	4.27
Valid N (listwise)	86	

Jadual 7 : Skor Min bagi Aspek Tahap Keyakinan Pelajar

	N	Mean
Saya lebih yakin menyelesaikan projek selepas menggunakan trainer.	86	4.47
Saya kurang mengalami tekanan semasa membangunkan projek dengan adanya trainer.	86	4.40
Penggunaan trainer menjadikan saya lebih tenang dalam perancangan projek.	86	4.60
Saya tidak takut untuk mencuba pengaturcaraan baharu kerana boleh diuji dahulu dengan trainer.	86	4.27
Saya rasa lebih bersedia untuk menghadapi penilaian atau pembentangan projek selepas latihan dengan trainer.	86	4.47
Valid N (listwise)	86	

Jadual 8 : Penilaian Umum dan Cadangan Penambahbaikan

	N	Mean
Trainer ini sangat sesuai digunakan dalam kursus Embedded System Application.	86	4.33
Saya mencadangkan supaya trainer ini digunakan dalam kursus lain seperti Projek 1 & 2.	86	4.65
Penggunaan trainer ini menjadikan pembelajaran saya lebih menyeronokkan.	86	4.40
Saya berpuas hati dengan keberkesanan keseluruhan UART Wireless Trainer.	86	4.40
Saya ingin melihat lebih banyak fungsi ditambah dalam trainer pada masa akan datang.	86	4.65
Valid N (listwise)	86	

Aspek Kefahaman Konsep dan Teori

Bagi aspek kefahaman konsep dan teori skor min tertinggi ialah 4.59 (Tahap Tinggi) pada item 3 dan skor min paling rendah ialah 4.33 (Tahap Tinggi). Bagi min keseluruhan pula nilainya adalah 4.41 (Tahap Tinggi). Ini menunjukkan pelajar memahami konsep komunikasi tanpa wayar serta perbezaan konsep penghantaran dan penerimaan isyarat.

Aspek Kemahiran Rekabentuk dan Pengujian Projek

Bagi aspek kemahiran rekabentuk dan pengujian projek pula, dapatan menunjukkan skor min yang tertinggi adalah pada item soalan 1,4 dan 5 iaitu 4.49 (Tahap Tinggi) dan skor min paling rendah adalah pada item soalan 2 dan 3 iaitu 4.40 (Tahap Tinggi). Skor min keseluruhan bagi aspek minat adalah 4.44 (Tahap Tinggi). Ini menyatakan bahawa para pelajar dapat menguji litar projek secara real time dengan lebih yakin.

Aspek Fungsi Aplikasi dan Kawalan Jarak jauh

Bagi aspek fungsi aplikasi dan kawalan jarak jauh pula, nilai skor min yang tertinggi adalah pada item 1 dan 5, iaitu aplikasi kawalan tanpa wayar berfungsi dengan stabil dan boleh dipercayai. Nilai skor min adalah 4.60 (Tahap Tinggi), manakala skor min paling rendah adalah item 2 dengan nilai skor min 4.40 (Tahap Tinggi). Skor min keseluruhan bagi aspek fungsi aplikasi dan kawalan jarak jauh adalah 4.48 (Tahap Tinggi). Ini menunjukkan trainer ini dapat membantu pelajar memahami konsep kawalan *output* seperti motor dan mentol 240V melalui aplikasi.

Aspek Kecekapan Masa dan Kos Projek

Bagi aspek kecekapan masa dan kos projek pula, dapatan menunjukkan skor min yang tertinggi adalah pada item soalan 2,3 dan 4 iaitu 4.49 (Tahap Tinggi) dan skor min paling rendah adalah pada item soalan 5 iaitu 4.27 (Tahap Tinggi). Skor min keseluruhan

bagi aspek minat adalah 4.41 (Tahap Tinggi). Ini menunjukkan trainer ini dapat mengurangkan kos uji litar sebelum pelajar membina sistem sebenar.

Aspek Tahap Keyakinan dan Tekanan Pelajar

Bagi aspek tahap keyakinan dan tekanan pelajar pula, dapatan menunjukkan skor min yang tertinggi adalah pada item soalan 3 iaitu 4.60 (Tahap Tinggi) dan skor min paling rendah adalah pada item soalan 4 iaitu 4.27 (Tahap Tinggi). Skor min keseluruhan bagi aspek minat adalah 4.43 (Tahap Tinggi). Ini menunjukkan pelajar lebih berkeyakinan untuk menyelesaikan projek selepas menggunakan trainer.

Aspek Penilaian Umum dan Cadangan Penambahbaikan

Bagi aspek penilaian umum dan cadangan penambahbaikan, nilai skor min yang tertinggi adalah pada item 2 dan 5, iaitu pelajar mencadangkan trainer ini digunakan dalam Projek 1 dan 2, serta ingin melihat lebih banyak fungsi ditambah pada trainer, nilai skor min adalah 4.65 (Tahap Tinggi).

IV. KESIMPULAN

Secara keseluruhannya, dapatan kajian menunjukkan bahawa penggunaan UART Wireless Trainer yang dikawal melalui aplikasi sangat berkesan sebagai alat bantu mengajar dalam kursus Embedded System Application. Pelajar menunjukkan tahap pemahaman yang tinggi terhadap konsep komunikasi UART, kemahiran membina dan menguji litar, serta peningkatan dari aspek keyakinan dan pengurusan masa projek. Nilai min yang tinggi bagi setiap aspek kajian membuktikan bahawa trainer ini mampu menjembatani jurang antara teori dan amali, sekaligus meningkatkan kualiti pengajaran dan pembelajaran secara menyeluruh. Beberapa cadangan penambahbaikan telah dikenalpasti bagi meningkatkan lagi keberkesanan penggunaan trainer ini. Pertama, penambahan elemen kecerdasan buatan (AI) menggunakan ESP32-CAM bagi pengesanan imej atau warna sebagai input kawalan automatik boleh dimanfaatkan untuk aplikasi yang lebih realistik. Kedua, integrasi paparan antaramuka pengguna (GUI) dalam aplikasi kawalan boleh membantu meningkatkan kefahaman pelajar terhadap sistem secara visual. Ketiga, penerangan boleh dibekalkan dengan modul latihan khusus agar pendekatan pengajaran lebih seragam dan efektif di seluruh jabatan. Kajian lanjutan juga dicadangkan untuk melibatkan bilangan sampel yang lebih besar dan pelbagai program bagi memperkukuh kesahan dapatan kajian ini.

RUJUKAN

- [1] Cheah, S. Y., Lee, C. Y., & Tan, J. H. (2021). Enhancing microcontroller learning using interactive teaching kits. *Journal of Technical Education and Training*, 13(1), 21–30.
- [2] Abdullah, M. F., & Mohd Yusof, N. A. (2020). Penggunaan modul interaktif dalam pembelajaran mikropengawal. *Jurnal Pendidikan Teknikal Malaysia*, 8(2), 45–52.
- [3] Ismail, R., & Aziz, M. A. (2019). Pengajaran berasaskan simulasi dan keberkesanannya dalam kursus kejuruteraan elektrik. *International Journal of TVET*, 5(1), 17–25.
- [4] Bharadwaj, A., Verma, R., & Gupta, M. (2020). Serial communication protocols in embedded systems: A comparative study. *International Journal of Electronics and Communication Engineering*, 7(2), 88–95.
- [5] Yusof, N. A., & Khalid, M. (2019). Constructivist learning through microcontroller-based kits: A case in Malaysian polytechnic. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 18(11), 225–239.
- [6] R. A. S. Abdul Salam *et al.*, “An overview of recent wireless technologies for IoT-enabled smart grids,” *J. Elec. Comput. Eng.*, vol. 2024, Article ID 2568751, 2024.
- [7] H. Latif dan M. N. Noraini, “Impact of training kits on students' confidence and project success in electrical engineering education,” *Malaysian J. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 10–18, 2022.
(*Sekiranya rujukan lengkap tidak tersedia, ini adalah cadangan berdasarkan maklumat anda*)
- [8] R. Rahman dan H. A. Mohd, “Improving project-based learning through interactive kits in embedded systems,” *Asian J. Educ. Train.*, vol. 7, no. 3, pp. 140–147, 2021.
- [9] Zakaria, M. R., Latif, H., & Johari, R. (2021). Effectiveness of using trainer kits in practical electronics courses among TVET students. *Journal of TVET Research and Practice*, 10(1), 43–57.
- [10] N. Kholis, M. S. Zuhrie, dan D. H. Burhanuddin, “Development of Digital Electronics and Information Literacy Training Kit to Improve the Performance of Students Electrical Engineering Education,” *International Journal of Recent Educational Research*, vol. 6, no. 2, pp. 347–361, Mar. 2025.

AUTHOR INFORMATION

<p>First Author: Hashamiza Binti Haruddin</p> 	<p>Jabatan Kejuruteraan Elektrik, Politeknik Ungku Omar, Jalan Raja Musa Mahadi, Ipoh, 31400, Malaysia</p> <p>E-mail: hashamiza@puo.edu.my</p>
<p>Second Author: Gauri a/p Birasamy</p> 	<p>Jabatan Kejuruteraan Elektrik, Politeknik Tuanku Sultanah Bahiyah, Kulim Hi Tech Park, Kulim, 09000, Malaysia</p> <p>E-mail: gauri@ptsb.edu.my</p>