

Reka Bentuk dan Penilaian Meja Belajar Pintar sebagai Alat Bantu Pengajaran dalam Subjek Industrial Automation

Jannatunnaim Binti Harun^{1*}, Nor Azrin Binti Nozmi², Gwee Chiou Chin³

¹Mechanical Engineering Department, Politeknik Merlimau Melaka, 77300 Merlimau, Melaka

*Corresponding author E-mail: jannatunnaim@pmm.edu.my

Abstrak

Kajian ini memfokuskan kepada reka bentuk dan penilaian Meja Belajar Pintar sebagai alat bantu pengajaran dalam subjek *Industrial Automation*, yang menekankan elemen praktikal dan aplikasi dunia sebenar. Kajian ini dijalankan bagi menangani isu kekurangan alat bantu mengajar interaktif yang dapat memudahkan pemahaman pelajar terhadap konsep automasi industri, khususnya dalam aspek penggerak, sistem mekanikal dan integrasi sensor. Objektif kajian ini adalah untuk membangunkan satu prototaip meja belajar yang mampu meningkatkan pengalaman pembelajaran pelajar secara interaktif melalui penggunaan teknologi automasi. Meja ini direka bentuk menggunakan mikropengawal Arduino UNO untuk mengawal motor DC 12V melalui pemacu motor L298N, dan disambungkan secara tanpa wayar menggunakan modul Bluetooth HC-05. Antara fungsi utama termasuk sistem lipatan automatik, roda bermotor dan port pengecas USB, yang membolehkan kawalan sepenuhnya melalui telefon pintar. Kaedah kajian melibatkan pendekatan pembelajaran berasaskan projek (PjBL), diikuti dengan soal selidik kepada 25 orang pelajar. Hasil analisa menunjukkan purata skor kefahaman pelajar meningkat kepada 4.3 daripada 5, dengan sisihan piawai ± 0.52 . Kesimpulannya, Meja Belajar Pintar menunjukkan dapat membantu sebagai alat bantu pengajaran yang interaktif dan berkesan dalam menyokong keperluan pendidikan teknikal semasa. Cadangan penambahbaikan termasuklah penambahan fungsi IoT, integrasi paparan maklum balas masa nyata dan sambungan ke platform pembelajaran digital seperti Google Classroom.

Kata kunci: Meja Belajar Pintar, Industrial Automation, Arduino UNO, Motor DC 12V Sistem Kawalan Automatik,

1.0 Pengenalan

Dalam era globalisasi dan Revolusi Industri 4.0, bidang pendidikan teknikal dan vokasional (TVET) semakin menekankan keperluan untuk menerapkan teknologi automasi dan sistem pintar dalam proses pengajaran dan pembelajaran. Subjek *Industrial Automation* merupakan salah satu komponen utama dalam program kejuruteraan yang membentuk asas kefahaman pelajar terhadap sistem kawalan industri, termasuk penggunaan mikropengawal, sensor, aktuator, serta teknologi tanpa wayar. Namun begitu, kaedah pengajaran konvensional sering kali kurang memberikan pengalaman pembelajaran secara praktikal dan interaktif, menyebabkan pelajar sukar memahami konsep sebenar yang digunakan dalam industri.

Bagi mengatasi cabaran ini, penggunaan inovasi seperti *Meja Belajar Pintar* diperkenalkan sebagai satu alternatif alat bantu mengajar yang mampu menyepadukan elemen-elemen automasi industri ke dalam persekitaran bilik darjah. Meja ini bukan sahaja berfungsi sebagai perabot pembelajaran, malah turut dilengkapi dengan sistem mekanikal dan elektronik yang membolehkan ia dikawal secara automatik melalui peranti pintar menggunakan platform Arduino. Integrasi teknologi ini membuka peluang kepada pelajar untuk mengalami simulasi sebenar penggunaan sistem kawalan automatik, sekali gus meningkatkan kefahaman mereka terhadap prinsip automasi.

Dengan menggabungkan pendekatan pembelajaran berasaskan projek dan penggunaan meja pintar, kajian ini bertujuan menilai keberkesanan inovasi tersebut dalam menyokong pengajaran dan pembelajaran subjek *Industrial Automation*. Fokus utama diberikan kepada aspek kefahaman pelajar terhadap fungsi komponen sistem automasi, penglibatan aktif dalam kelas, serta kebolegunaan meja pintar sebagai alat bantu mengajar berteknologi tinggi dalam konteks pendidikan teknikal masa kini.

2.0 Kajian Literatur

2.1 Teknologi Pintar dalam Perabot Pendidikan

Perkembangan teknologi telah membawa perubahan ketara dalam reka bentuk perabot pendidikan, khususnya melalui penerapan elemen pintar yang menyepadukan fungsi mekanikal dan digital. Meja belajar pintar kini menjadi antara contoh utama inovasi yang menyatukan struktur fizikal dengan sistem elektronik, sekali gus menyokong proses pengajaran dan pembelajaran (PdP) yang lebih responsif dan berpusatkan pelajar. Menurut Ahmad et al. (2021), integrasi teknologi seperti motor automatik untuk lipatan, port pengecas USB, serta kawalan tanpa wayar menerusi Bluetooth dalam rekaan meja belajar telah menunjukkan impak positif terhadap tahap keselesaan dan kecekapan pelajar semasa belajar. Tambahan pula, Singh dan Verma (2022) menyatakan bahawa perabot pintar berpotensi untuk meningkatkan penglibatan pelajar dalam pembelajaran aktif, selain membantu mereka menyesuaikan ruang belajar mengikut keperluan individu, seterusnya mengurangkan gangguan fizikal yang boleh menjejaskan tumpuan. Kewujudan perabot pendidikan yang bersifat dinamik dan interaktif ini dilihat sebagai satu keperluan dalam ekosistem pendidikan moden, khususnya dalam kalangan pelajar aliran teknikal dan vokasional.

2.2 Penggunaan Arduino dan Mikropengawal dalam PdP TVET

Dalam konteks Pendidikan dan Latihan Teknikal dan Vokasional (TVET), penggunaan platform mikropengawal seperti Arduino semakin meluas kerana ia mudah digunakan, kos efektif dan sesuai untuk simulasi sistem automasi berskala kecil. Kajian oleh Alam & Mohd Yusof (2022) menunjukkan bahawa penggunaan Arduino dalam bilik darjah TVET membantu pelajar memahami konsep logik kawalan, motor elektrik dan sistem automatik secara lebih praktikal. Pelajar juga lebih bersedia menghadapi cabaran industri sebenar apabila mereka mampu membina dan menguji litar kawalan dalam projek mereka sendiri. Selain itu, Arduino memberi peluang kepada pelajar untuk bereksperimen dan menyelesaikan masalah secara langsung, menjadikannya alat penting dalam pembangunan produk inovatif seperti meja pintar yang dikawal menggunakan Bluetooth dan motor DC.

2.3 Pembelajaran Abad Ke-21 dan Interaktiviti

Perubahan paradigma pendidikan abad ke-21 memerlukan pelajar menguasai kemahiran seperti kolaborasi, pemikiran kritikal, kreativiti dan penggunaan teknologi. Alat bantu belajar seperti meja pintar dapat menyokong keperluan ini dengan menyediakan pengalaman PdP yang lebih menarik dan bersifat interaktif. Menurut Chai & Lim (2019), penggunaan alat berteknologi dalam bilik darjah mampu meningkatkan tumpuan, motivasi dan pemahaman pelajar terhadap kandungan pembelajaran, khususnya dalam subjek teknikal dan praktikal. Interaktiviti yang dijana melalui teknologi memberi peluang kepada pelajar untuk terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran, bukan sekadar menjadi penerima maklumat pasif. Tambahan pula, pembelajaran berasaskan teknologi juga memperkasakan konsep pembelajaran sendiri, membolehkan pelajar mengawal masa dan gaya pembelajaran mereka dengan lebih fleksibel.

3.0 Metodologi

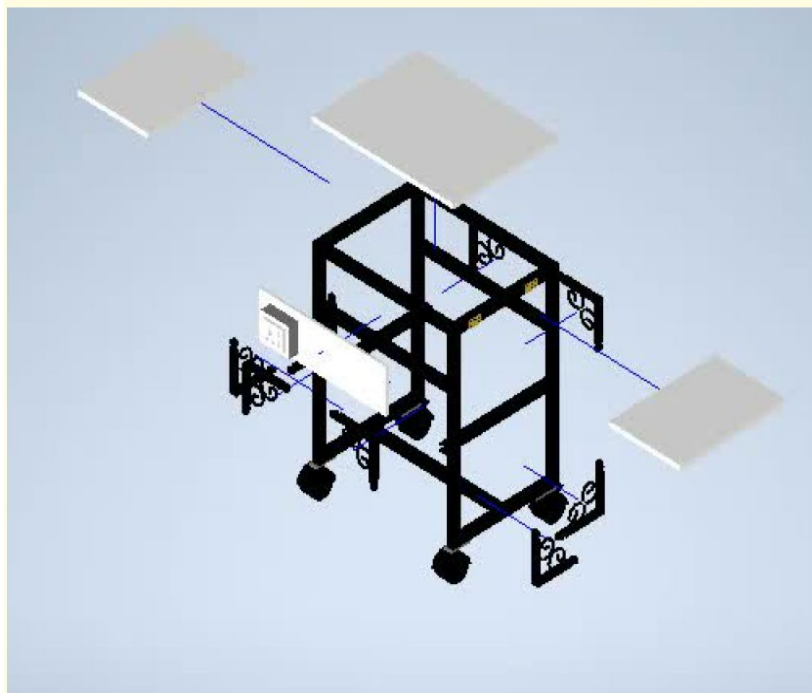
3.1 Pengenalan

Bahagian ini menerangkan secara terperinci proses dan langkah kerja yang dijalankan sepanjang pelaksanaan projek *Integrasi Meja Belajar Pintar dalam Pengajaran dan Pembelajaran Subjek Industrial Automation*. Metodologi yang digunakan merangkumi beberapa fasa utama iaitu reka bentuk, pembinaan prototaip, pengaturcaraan, pengujian

serta pengumpulan data secara kuantitatif dan kualitatif. Proses ini dijalankan secara sistematik bagi memastikan setiap komponen berfungsi mengikut keperluan pengguna dan menyokong objektif kajian.

3.2 Lakaran dan Reka Bentuk Projek

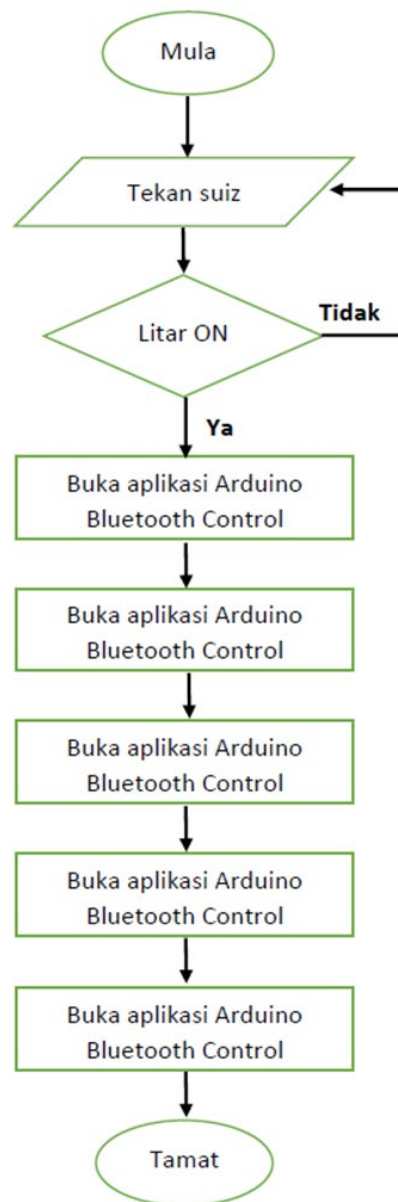
Rajah 1 menunjukkan reka bentuk Meja Belajar Mudah Alih Pintar ini memberi penekanan kepada keperluan pembelajaran abad ke-21 yang menuntut penggunaan teknologi, kemudahan digital, serta ruang bilik darjah yang fleksibel dan efisien. Objektif utama reka bentuk adalah untuk menyelesaikan masalah sedia ada dalam penggunaan meja konvensional seperti kekurangan dari segi kestabilan, kebolehan bergerak, dan kemudahan penggunaan.



Rajah 1: Rekabentuk pemasangan Meja Belajar Pintar

Antara elemen utama yang menjadi fokus dalam reka bentuk meja ini termasuk:

- Integrasi teknologi automasi seperti penggunaan Arduino UNO, motor DC, dan pemandu motor L298N bagi mengawal pergerakan permukaan meja secara automatik.
- Penyediaan port pengecas USB bagi memenuhi keperluan pelajar yang menggunakan peranti pintar seperti telefon bimbit dan tablet ketika pembelajaran.
- Penambahbaikan struktur meja melalui penggunaan bahan yang lebih kukuh serta penambahan roda beroda untuk kemudahan pergerakan di dalam bilik darjah.
- Pengoptimuman penggunaan ruang, di mana reka bentuk lipat automatik membolehkan meja disimpan dengan lebih padat dan mudah dialihkan apabila tidak digunakan.



Rajah 2: Carta alir sistem berfungsi

3.3 Pemilihan Bahan dan Komponen

Pemilihan bahan dan komponen dalam pembangunan Meja Belajar Mudah Alih Pintar ini adalah berdasarkan kepada kriteria ketahanan fizikal, keberfungsian sistem, serta kos efektif bagi memastikan peranti dapat beroperasi dengan optimum tanpa membebankan dari segi kos pembinaan. Komponen elektronik dan mekanikal yang dipilih memainkan peranan penting dalam merealisasikan ciri automasi dan mobiliti peranti ini. Jadual 1 menunjukkan senarai komponen utama yang digunakan dalam projek ini bersama fungsi masing-masing.

Jadual 1: Komponen Utama dan Fungsi Meja

Bil	Komponen	Fungsi Utama
1	Arduino UNO	Bertindak sebagai mikropengawal utama yang mengawal keseluruhan sistem.
2	Motor DC 12V	Menggerakkan mekanisme buka dan tutup permukaan meja secara automatik.
3	Pemandu Motor L298N	Mengawal arah dan kelajuan motor DC.
4	Modul Bluetooth HC-05	Membolehkan kawalan tanpa wayar melalui sambungan Bluetooth ke telefon pintar.
5	Struktur Besi & L-Bracket	Membentuk kerangka utama dan memberikan kestabilan struktur.
6	Papan Lapis & Chipboard	Digunakan sebagai permukaan meja yang ringan tetapi kukuh.
7	Roda Beroda	Menyediakan kemudahan mobiliti bagi meja untuk dipindahkan dengan mudah.
8	Suis & Port USB	Memberikan akses kawalan serta kemudahan mengecas peranti mudah alih.

Struktur kerangka meja dibina menggunakan besi yang tahan karat dan tahan lama, digabungkan dengan L-bracket bagi memberikan sokongan tambahan dan mengekalkan kestabilan ketika operasi motor berlaku. Permukaan meja pula menggunakan papan lapis dan chipboard kerana sifatnya yang ringan, mudah dibentuk dan tahan beban sederhana, sesuai untuk kegunaan pelajar. Penggunaan motor DC 12V bersama pemandu motor L298N membolehkan meja dikawal untuk membuka dan menutup secara automatik mengikut isyarat daripada Arduino UNO. Sambungan Bluetooth HC-05 pula membolehkan kawalan dilakukan menggunakan aplikasi telefon pintar, menjadikan sistem ini lebih mesra pengguna. Selain itu, penambahan roda membolehkan meja dialihkan dengan mudah dari satu tempat ke tempat lain, manakala suis dan port USB dipasang untuk memberi nilai tambah dari segi fungsi dan kemudahan kepada pengguna.

3.5 Proses Pengujian

Kaedah kajian ini turut melibatkan pembelajaran berasaskan projek, diikuti dengan edaran soal selidik kepada seramai 25 orang pelajar bagi menilai kefahaman dan penerimaan mereka terhadap penggunaan meja belajar pintar dalam sesi pembelajaran. Ujian kebolehppercayaan bagi instrumen soal selidik yang digunakan menunjukkan nilai Cronbach's Alpha sebanyak 0.87, yang menandakan tahap kebolehppercayaan yang tinggi. Dapatan daripada soal selidik menunjukkan nilai purata kefahaman pelajar meningkat kepada 4.3 daripada 5, khususnya dalam aspek penguasaan konsep sistem automasi, kawalan motor, dan penggunaan mikropengawal.

Pengujian dilakukan dalam beberapa peringkat untuk memastikan meja belajar pintar berfungsi dengan baik dan memenuhi objektif projek. Antara aspek yang diuji termasuk:

- Fungsi automatik meja semasa lipatan dan pembukaan.
- Keberkesanan kawalan meja melalui aplikasi mudah alih berasaskan Bluetooth.
- Kestabilan meja apabila dikenakan beban berat.
- Keberkesanan port pengecas dalam menyokong peranti pelajar.
- Kesan penggunaan meja terhadap keselesaan dan motivasi pelajar semasa sesi pembelajaran.

Selain ujian teknikal, kajian turut melibatkan soal selidik untuk mengumpul data persepsi pelajar terhadap keberkesanan meja pintar. Pemerhatian langsung semasa penggunaan juga dijalankan bagi mendapatkan data kualitatif yang menyokong analisis keseluruhan projek.

4.0 Analisa dan Perbincangan

4.1 Pengenalan

Bab ini melaporkan dan menganalisa hasil yang diperoleh dari proses pengujian dan soal selidik pelajar mengenai penggunaan meja belajar pintar yang dibangunkan. Analisa juga diberi berdasarkan pemerhatian dan maklum balas yang diberi oleh pelajar dan tenaga pengajar subjek Industrial Automation.

Pengujian dilakukan dalam beberapa peringkat untuk memastikan meja belajar pintar berfungsi dengan baik dan memenuhi objektif projek. Antara aspek yang diuji termasuk:

- Fungsi automatik meja semasa lipatan dan pembukaan.
- Keberkesanan kawalan meja melalui aplikasi mudah alih berasaskan Bluetooth.
- Keberkesanan port pengecas dalam menyokong peranti pelajar.
- Kesan penggunaan meja terhadap keselesaan dan motivasi pelajar semasa sesi pembelajaran.

Selain ujian teknikal, kajian turut melibatkan soal selidik untuk mengumpul data persepsi pelajar terhadap keberkesanan meja pintar. Pemerhatian langsung semasa penggunaan juga dijalankan bagi mendapatkan data kualitatif yang menyokong analisis keseluruhan projek.

4.2 Analisis terperinci hasil soal selidik dan pemerhatian

Selain daripada nilai purata kefahaman pelajar yang meningkat kepada 4.3 daripada 5, analisis lanjut terhadap data soal selidik dan pemerhatian mendapati impak positif yang menyeluruh terhadap pelbagai aspek pengajaran dan pembelajaran yang melibatkan penggunaan Meja Belajar Pintar.

4.2.1 Min Skor Kefahaman Mengikut Item Soal Selidik

Penilaian terhadap kefahaman pelajar dibuat berdasarkan beberapa komponen utama dalam projek inovasi ini. Skor min yang diperoleh bagi setiap item adalah seperti berikut:

• Penggunaan mikropengawal (Arduino): 4.5

Skor ini menunjukkan bahawa pelajar memahami dengan baik konsep asas dan fungsi mikropengawal, khususnya dalam konteks sistem automasi. Pelajar dapat mengaitkan teori dengan aplikasi sebenar dalam subjek industrial automation .

• Fungsi kawalan motor: 4.3

Pelajar memahami bagaimana motor DC dikawal menggunakan pemandu motor dan arahan dari sistem mikropengawal. Demonstrasi secara langsung melalui projek meja pintar memberi pemahaman yang lebih konkrit.

• Kesan terhadap motivasi: 4.4

Pelajar menunjukkan peningkatan minat terhadap subjek teknikal apabila mereka terlibat secara aktif dalam projek sebenar. Ini menandakan bahawa integrasi teknologi dalam PdP dapat mendorong motivasi intrinsik pelajar.

• Kemudahan meja semasa kelas: 4.2

Pelajar merasakan bahawa meja belajar pintar memberikan keselesaan dan kemudahan penggunaan, khususnya dengan keupayaan membuka dan menutup permukaan secara automatik serta mengecas peranti secara langsung.

• Sisihan Piawai Keseluruhan: ± 0.52

Nilai sisihan piawai menunjukkan bahawa maklum balas pelajar adalah konsisten, dan tidak terdapat perbezaan besar dalam persepsi atau pengalaman mereka terhadap projek ini. Nilai ± 0.52 menandakan kestabilan dan kebolehpercayaan data soal selidik yang diperoleh.

5.0 Kesimpulan dan Cadangan**5.1 Kesimpulan**

Projek ini menyokong objektif reka bentuk dan penilaian Meja Belajar Pintar sebagai alat bantu pengajaran yang menyokong keperluan pengajaran dalam subjek *Industrial Automation*. Secara khusus, reka bentuk meja ini berjaya mengintegrasikan elemen teknologi automasi dan sistem pintar bagi mempertingkatkan proses pengajaran dan pembelajaran yang lebih berfokuskan aplikasi dunia sebenar. Selain itu, meja ini menyediakan persekitaran pembelajaran yang lebih praktikal dan sejajar dengan kandungan teknikal kursus, khususnya dalam aspek kawalan penggerak, sistem mekanikal, dan komunikasi tanpa wayar. Dari sudut fungsi, reka bentuk ini turut menyelesaikan isu pergerakan dan kestabilan meja melalui sistem roda bermotor dan mekanisme lipatan automatik yang dikawal melalui aplikasi mudah alih. Kemudahan seperti sambungan Bluetooth serta port pengecas USB membolehkan pelajar mengakses sumber pembelajaran digital dengan lebih mudah, sekali gus menyokong amalan pengajaran moden berasaskan teknologi. Penilaian terhadap pelajar menunjukkan penerimaan yang amat positif, di mana majoriti responden bersetuju bahawa Meja Belajar Pintar ini meningkatkan kefahaman mereka terhadap kandungan pembelajaran, di samping meningkatkan motivasi dan keterlibatan dalam aktiviti makmal atau amali. Dapatan ini membuktikan bahawa reka bentuk meja ini bukan sahaja berfungsi secara teknikal, tetapi juga efektif sebagai alat bantu pedagogi dalam konteks pembelajaran teknikal dan vokasional. Namun, kos bagi komponen seperti modul Bluetooth dan pemacu motor agak tinggi dan boleh menjadi faktor kekangan bagi institusi dengan bajet terhad.

5.2 Cadangan

Bagi meningkatkan lagi mutu reka bentuk dan keberkesanan Meja Belajar Pintar sebagai alat bantu pengajaran dalam subjek *Industrial Automation*, beberapa penambahbaikan boleh dipertimbangkan pada fasa pembangunan seterusnya. Antaranya:

1. Integrasi Sensor Lanjutan:

Pemasangan sensor tambahan seperti sensor tekanan dan sensor pengesan pergerakan boleh meningkatkan keupayaan interaktif meja. Sensor-sensor ini berpotensi mengumpul data berkaitan tingkah laku penggunaan pelajar, yang boleh digunakan untuk memperhalusi strategi pengajaran.

2. Pautan kepada Platform Pembelajaran Digital:

Meja boleh dihubungkan terus kepada platform pembelajaran atas talian seperti **Google Classroom** atau **Moodle**, bagi membolehkan akses pantas kepada bahan pengajaran, penghantaran tugasan, dan komunikasi dua hala antara pelajar dan pensyarah.

3. Penggunaan Teknologi Internet of Things (IoT):

Dengan mengaplikasikan teknologi IoT, meja belajar pintar dapat dipantau dan diselenggara secara jauh melalui rangkaian internet. Ini membolehkan pemantauan masa nyata terhadap status peranti serta penjejakan penggunaan secara sistematik.

4. Pengujian dan Soal Selidik Lebih Menyeluruh:

Kajian pada masa akan datang dicadangkan untuk melibatkan kumpulan pelajar yang lebih besar dan pelbagai latar belakang teknikal. Ini akan memberikan data yang lebih representatif dan mendalam dalam menilai keberkesanan reka bentuk serta keperluan pengubahsuaian berdasarkan maklum balas pengguna sebenar

Rujukan

- Alias, M., & Zainal, Z. (2020). Project-based learning in engineering education: A case study in Malaysian polytechnic. *Journal of Technical Education and Training*, 12(1), 28–36. <https://doi.org/10.30880/jtet.2020.12.01.004>
- Bianchi, H., & Battini, D. (2019). Smart classroom furniture design integrating IoT: A human-centred approach. *Procedia CIRP*, 81, 1392–1397. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2019.04.176>
- Ismail, Z., Rahman, A., & Ghazali, N. (2021). Development of Arduino-based learning kits to enhance students' understanding of industrial control systems. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(4), 50–65. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i04.19323>
- Kamaruddin, N., & Hassan, H. (2022). The effectiveness of project-based learning in TVET: A case study on student engagement and performance. *Journal of Technical and Vocational Education*, 18(2), 33–45.
- Kumar, R., & Pande, M. (2020). Design and implementation of IoT-based classroom infrastructure using Arduino and NodeMCU. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 9(8), 122–127.
- Lee, M. Y., & Park, S. (2020). Smart classroom design for active learning in engineering education. *Journal of Engineering Education Research*, 23(3), 45–59.
- Mohd Yunus, J., & Mahmud, R. (2020). Penggunaan peranti mudah alih dan keberkesanannya dalam pembelajaran abad ke-21. *Jurnal Pendidikan Malaysia*, 45(1), 67–76.
- Norazman, N., & Zulkefli, N. (2023). Integrating Arduino-based tools for technical education in TVET institutions. *Journal of Science and Technology Education*, 19(1), 12–20.
- Ramli, M., & Saad, M. N. (2021). Evaluating the reliability of student feedback using Cronbach's Alpha in technical subjects. *Malaysian Journal of Educational Studies*, 45(2), 88–96.
- Yassin, S. M., & Hashim, H. (2019). Penggunaan teknologi pintar dalam bilik darjah: Kajian kes di politeknik. *Jurnal Inovasi Pendidikan Teknikal*, 14(1), 22–30.