

PERISIAN PERMODELAN I/O LOJI SEBAGAI PERISIAN SIMULASI UNTUK MENGAJAR SUBJEK PENGAWAL LOGIK BOLEH ATURCARA DI PTSN

Mustafa Kamal bin Surif
Jabatan Kejuruteraan Petrokimia
Politeknik Tun Syed Nasir Syed Ismail, 84600 Pagoh, Johor, Malaysia
Email: mustafa.kamal@ptsn.edu.my

Mohd Zarilfaizi bin Mahyun
Jabatan Kejuruteraan Petrokimia
Politeknik Tun Syed Nasir Syed Ismail, 84600 Pagoh, Johor, Malaysia
Email: zarilfaizi@ptsn.edu.my

Aizan bin Muhamad
Fourth Dimension Sdn Bhd
Seksyen 19, 46300 Petaling Jaya, Selangor, Malaysia
Email: aizan.muhamad@yahoo.com

ABSTRAK

Evolusi pesat teknologi telah memberi kesan ketara kepada pelbagai sektor perindustrian dan perkhidmatan, dengan pendidikan adalah antara yang paling terjejas. Pendidikan 4.0, paradigma baru muncul, menyepadukan teknologi canggih ke dalam persekitaran pembelajaran tradisional untuk memupuk pemikiran pintar dan kecekapan digital dalam kalangan pelajar. Kajian ini meneroka pelaksanaan teknologi Industri 4.0 dalam pendidikan politeknik, khususnya melalui penggunaan alat pembelajaran berasaskan simulasi seperti Portal TIA, PLCSim, dan pemodelan I/O Plant. Alat ini membolehkan pelajar melibatkan diri dalam latihan praktikal dan bebas risiko pada Pengawal Logik Boleh Diprogramkan (PLC) dan sistem automasi, merapatkan jurang antara pengetahuan teori dan aplikasi industri dunia sebenar. Pendekatan pembelajaran berasaskan masalah (PBL) telah diguna pakai yang melibatkan 18 pelajar dari pengkhususan Elektrik dan Instrumentasi di Politeknik Tun Syed Nasir Syed Ismail. Kajian ini disusun kepada empat sesi latihan yang memfokuskan pada pengaturcaraan PLC, simulasi proses perindustrian dan penyelesaian masalah dalam automasi. Keputusan menunjukkan bahawa mengintegrasikan latihan berasaskan simulasi meningkatkan pemahaman pelajar tentang konsep automasi industri dengan ketara, meningkatkan kemahiran teknikal mereka, dan menyediakan mereka untuk cabaran dunia sebenar dalam industri pembuatan dan automasi. Kajian itu menyerlahkan keperluan institusi politeknik untuk memodenkan kurikulum, meningkatkan kerjasama dengan industri, dan melabur dalam makmal pintar yang dilengkapi dengan teknologi automasi termaju. Dengan mengguna pakai pembelajaran berasaskan simulasi dan metodologi penyelesaian masalah, politeknik boleh menyediakan graduan dengan lebih baik dengan kemahiran yang diperlukan untuk berkembang maju dalam landskap Industri 4.0 yang berkembang. Penyelidikan ini menekankan kepentingan menyelaraskan strategi pendidikan dengan kemajuan industri untuk memastikan kesediaan tenaga kerja dan kecekapan teknologi dalam dunia yang semakin digital.

Kata kunci: Perisian Pemodelan I/O Loji, Portal TIA, pembelajaran aktif, perisian simulasi

PENGENALAN

Kemajuan teknologi dan evolusi pesatnya telah memberi kesan positif kepada sektor perindustrian dan sektor produktif / perkhidmatan yang berbeza. Salah satu sektor perkhidmatan yang paling mendapat manfaat ialah sektor pendidikan. Dalam sektor ini, pelaksanaan teknologi semasa dan baru muncul digabungkan dengan prosedur pedagogi inovatif dan amalan terbaik dikenali sebagai Pendidikan 4.0 (Miranda et al., 2021). Pendidikan 4.0 cenderung untuk menggabungkan maklumat yang ada di dunia nyata dan maya (Mourtzis et al., 2019). Dan ia adalah integrasi teknologi canggih ke dalam pembelajaran tradisional untuk menggalakkan pemikiran pintar di dalam bilik darjah (Samiha et al., 2021). Istilah Pendidikan 4.0, seperti yang ditakrifkan oleh Forum Ekonomi Dunia (WEF), merujuk kepada keperluan untuk meningkatkan kemahiran dan pengetahuan generasi baru yang bekerja di era Industri 4.0. Tidak dinafikan, sejak tahun 2020, mentakrifkan konsep ini dengan jelas dan menyokong tindakan tegas untuk menangani masalah sosial global di negara-negara dan memenuhi agenda Pertubuhan Bangsa-Bangsa Bersatu untuk 17 Matlamat Pembangunan Mampan (SDG) untuk tahun 2030 telah menjadi mendesak. Rajah 1 menunjukkan kesan penyelidikan dalam pendidikan 4.0. Berdasarkan Matlamat Pembangunan Lestari (Garay-Rondero et al., 2021).



Rajah 1. Kesan penyelidikan terhadap pendidikan 4.0. Berdasarkan matlamat pembangunan mampan.
Fuente (Garay-Rondero et al., 2021)

Kita berada dalam era digital, di mana globalisasi dan evolusi pesat teknologi seperti ICT, IoT, AI dan robotik membawa perubahan ketara kepada masyarakat dan industri. Evolusi pesat membawa perubahan dramatik kepada masyarakat. Terdapat keperluan penting untuk mewujudkan keseimbangan antara maklumat dan pembangunan ICT dan kemahiran pedagogi (Tavares dan Azevedo, 2021).

Sebagai ciri penting bagi institusi pendidikan yang melatih bakal jurutera dan pakar, adalah penting bahawa mereka mempunyai keupayaan untuk menyelesaikan masalah sebenar, seperti yang ditunjukkan dalam kriteria Lembaga Akreditasi Kejuruteraan dan Teknologi (ABET). (A. Osman et al., 2018).

Generasi baru jurutera dan pakar mesti disediakan dengan kemahiran automasi. Mereka mesti dapat mencipta dan mengawal model input dan output. Persekitaran pembelajaran maya adalah satu pilihan terbaik untuk menyediakan eksperimen kepada pelajar tanpa risiko kecederaan atau kerosakan pada peralatan. Pendekatan ini digunakan secara meluas dalam pendidikan tinggi untuk menyampaikan arahan interaktif (Elbestawi et al., 2018).

Dalam pendidikan kejuruteraan, program simulasi semakin diterima pakai untuk menyediakan kaedah pengajaran yang berkesan. Beberapa projek telah dijalankan untuk menerapkan simulasi komputer dalam pengajaran, seperti pemodelan I / O, (Chen et al., 2017)

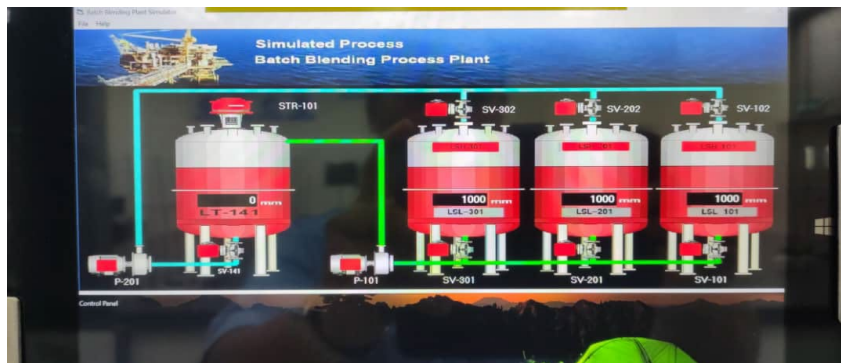
Penyelidikan ini mencadangkan penggunaan perisian pendidikan untuk latihan di PLC Tia Portal, PLC SIM, untuk pembangunan masalah Industri, maka perisian pemodelan I/O digunakan untuk melaksanakan simulasi.

Pemodelan I/O loji berfungsi konsep dan alat asas untuk digunakan dalam konteks yang berbeza, dalam kes ini, ia akan digunakan dalam subjek pengawal logik boleh aturcara program pengkhususan dalam Automasi Industri di PTSN untuk menyumbang kepada pembangunan kemahiran eksperimen dalam pelajar yang mengikuti kursus ini.

BAHAN DAN KAEDAH

Pemodelan I/O Loji

Perisian ini membolehkan pelajar membuat dan mensimulasikan model loji, proses, butang tekan, motor, lampu dan kawalan tangki, antara lainnya. Ia adalah program interaktif, yang membolehkan untuk mereka bentuk loji dengan kualiti visual yang tinggi dengan tahap realisme yang tinggi. Di samping itu, ia membolehkan sambungan dengan peralatan luaran seperti PLC, pengawal mikro, serta sambungan dengan Portal TIA. Pengguna boleh menyedari kod-kodnya untuk loji simulasi dan memeriksa operasinya. Rajah 2 menunjukkan senario simulasi.



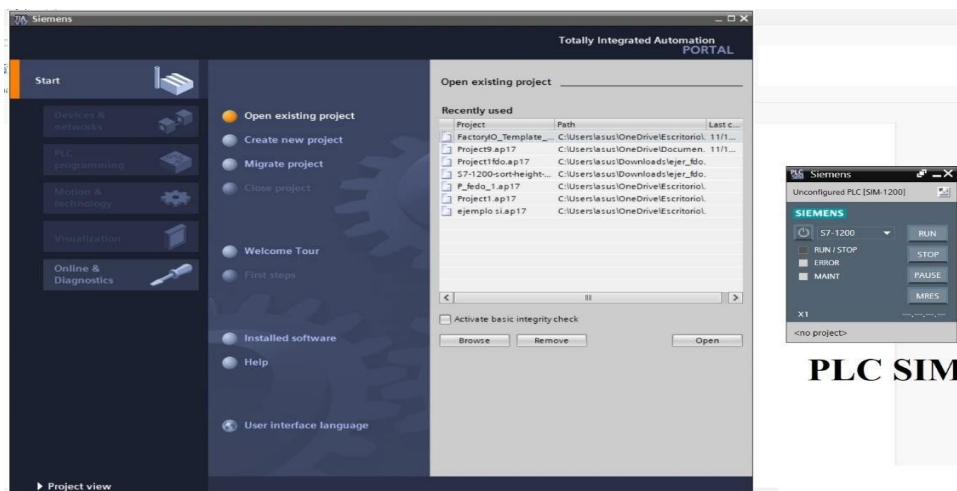
Rajah 2. Pemodelan I/O Loji sistem simulasi Fuente (Philippot et al., 2017)

Portal TIA vs PLCSim

Portal TIA adalah perisian SIEMENS semasa yang mengintegrasikan semua program pengaturcaraan dan simulasi untuk SIEMENS PLC. Ia mempunyai tiga jenis bahasa pengaturcaraan:

- KOP: Bahasa hubungan, ia adalah bahasa grafik dan mungkin yang paling meluas.
- FUB: Ia adalah bahasa grafik yang menggunakan jadual algebra Boolean untuk mewakili logik.
- SCL: Bahasa kawalan berasaskan teks, ini adalah bahasa pengaturcaraan yang paling kompleks dan paling serupa dengan pengaturcaraan komputer (Htet Htet Aung | Thu Zar Thein 2019).

Simatic PLC SIM ialah perisian komputer yang menjana pengawal maya contohnya S7- 1200 dan 1500 PLC. Dengan perisian ini pengawal maya boleh dibuat, dan dengan itu sejumlah besar fungsi simulasi boleh digunakan. Di samping itu, pengawal maya juga boleh diuji dan disahkan dalam konteks loji / mesin. Rajah 3 menunjukkan aplikasi PLC SIM yang membolehkan pelajar mensimulasikan operasi PLC fizikal, hanya dengan memulakan *runtime*, kita boleh menyemak operasi mana-mana sistem automasi untuk mengesahkan operasi sebenar pemasangan dan mengelakkan banyak ralat pengaturcaraan yang biasa berlaku.

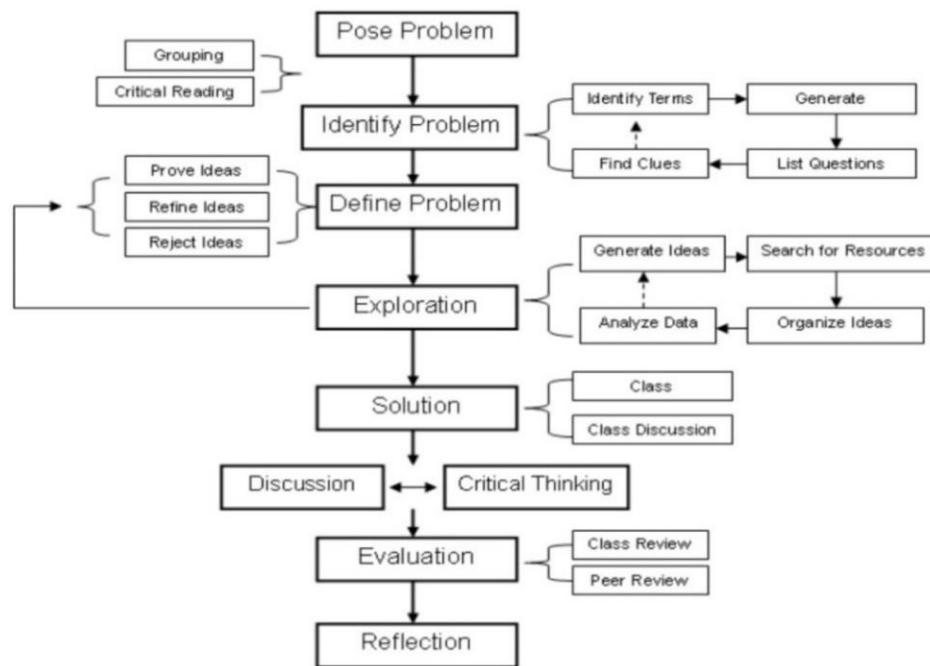


PLC SIM

TIA PORTAL

Rajah 3. Portal Tia vs PLCSim

METODOLOGI BERASASKAN MASALAH



Rajah 4. Prosedur PBL Fuente (Shih, 2008)

Pembelajaran berasaskan masalah (PBL) adalah model pembelajaran berdasarkan rangka kerja konstruktivis dan menekankan amalan pembelajaran dan pembelajaran kolaboratif (Arango et al. 2020). Tidak seperti pendidikan tradisional, PBL adalah pedagogi berpusatkan pelajar di mana guru hanya memberikan sokongan yang diperlukan. Pelajar dikehendaki membuat pembelajaran sendiri, secara aktif meneroka sumber pembelajaran yang kaya, mengalami masalah kehidupan sebenar, dan mencari penyelesaian melalui penyelidikan yang teliti (Gonzalez 2019).

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

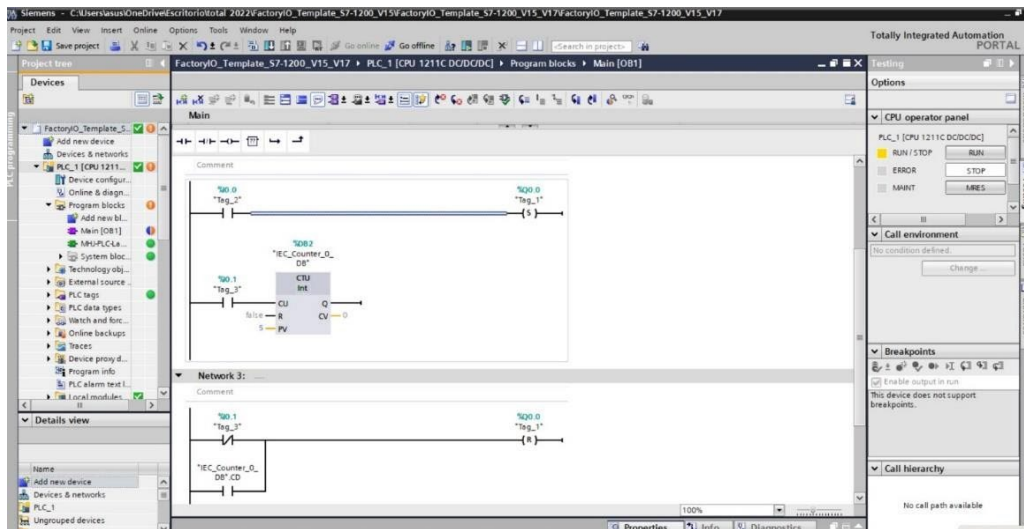
Dalam kes ini subjek kawalan adalah pelajar bagi program pengkhususan dalam Elektrik dan Instrumentasi, Politeknik Tun Syed Nasir Syed Ismail, di mana terdapat 18 pelajar.

Idea utama kursus ini adalah untuk membiasakan pelajar dengan konsep automasi dengan memberikan tumpuan kepada pengaturcaraan PLC dan integrasi dengan sistem peringkat yang lebih tinggi. Keperluan automasi, walaupun di peringkat PLC, agak rumit, menjadikannya perlu untuk mengetahui secara menyeluruh tentang teknik pengaturcaraan PLC. Di samping itu, industri berusaha untuk mengautomasikan proses pengeluaran bukan sahaja di peringkat bawah piramid automasi, tetapi juga di peringkat pertengahan dan atas, yang semakin memerlukan integrasi peralatan automasi dengan sistem pelaksanaan pembuatan dan juga dengan perusahaan sistem perancangan sumber.

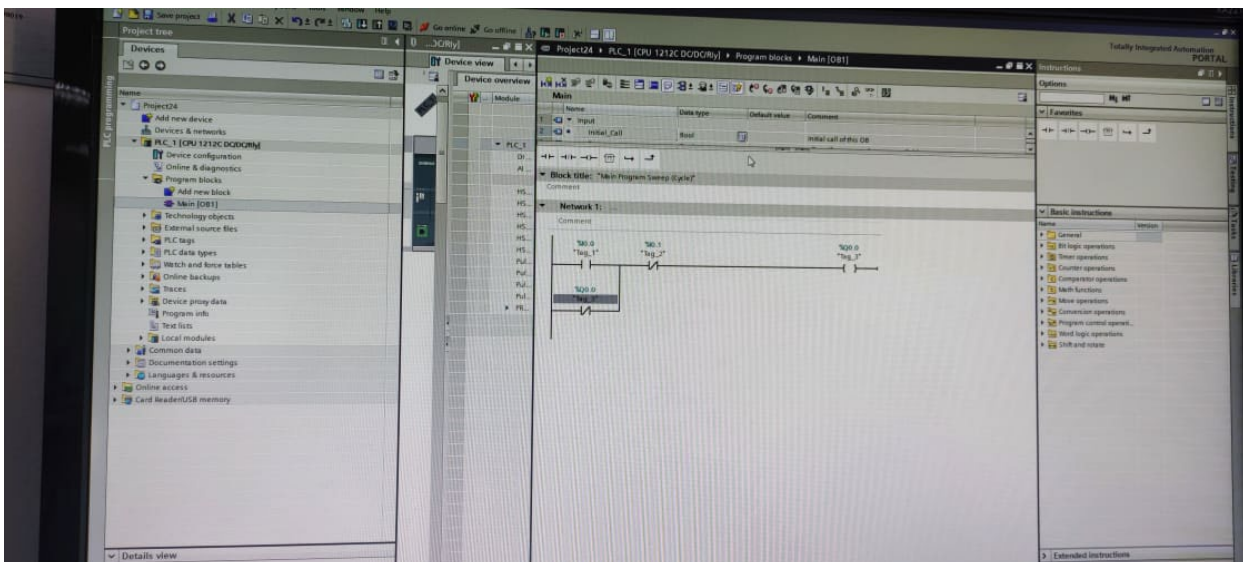
Kami membahagikan latihan kepada empat sesi (2 jam setiap sesi). Pada sesi pertama, kami membantu para pelajar untuk membiasakan diri dengan portal Tia dan PLCSim dengan mengamalkan bahasa rajah tangga dalam kedua-dua perisian ini. Sesi kedua pelajar belajar tentang pendekatan aliran kerja berurutan dalam pengaturcaraan PLC dan cara menggunakan pemodelan I / O perisian loji untuk mensimulasikan proses industri, ketiga masalah industri diletakkan kepada pelajar dan menggunakan metodologi pembelajaran berasaskan masalah yang diterangkan dalam bahagian 2. 3 pelajar satu kumpulan menyelesaikannya menggunakan perisian portal TIA, PLCSim dan perisian pemodelan I / O loji untuk melakukan simulasi. Dalam sesi keempat pelajar menyelesaikan masalah seperti yang disimulasikan dalam perisian yang diterangkan di atas dan menilai apa yang telah dilakukan serta hasil yang diperolehi.

Sesi pertama

Pada sesi pertama ini, kami membimbing pelajar langkah demi langkah untuk membina dan menjalankan program di Portal TIA menggunakan bahasa rajah tangga. Sistem ini mempunyai tali pinggang penghantar untuk mendapatkan kotak dan pada tali pinggang terdapat sensor pengiraan kotak apabila 5 kotak lulus, tali pinggang penghantar mesti berhenti, ia mesti mempunyai butang mula, dan berhenti kecemasan. dalam rajah 5 anda boleh melihat skrin prog prog Portal TIA. Rajah 6 menunjukkan PLCSim dalam persekitaran simulasi untuk memeriksa operasi latihan tanpa mempunyai PLC fizikal disambungkan.



Rajah 5. Skrin pengaturcaraan Portal TIA



Rajah 6. Portal TIA dan Simulasi PLC Sim

Bahagian kedua

Pada sesi kedua ini, kami membimbing pelajar langkah demi langkah untuk membina dan menjalankan senario kotak pengiraan, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 7. Pada mulanya, kami memperkenalkan mengenai Kilang I / O, dan sambungan dengan PLCs. Seterusnya, kami mengajar mereka cara menggunakan alat ini. Dalam sesi ini, matlamat anda adalah untuk membina proses pengiraan yang mudah di Kilang I / O dan membangunkan program di Portal TIA untuk menjalankan proses ini.



Rajah 7. Senario di Kilang I / O

Seksyen 3 dan 4

Dalam seksyen 3 masalah berikut telah ditimbulkan kepada pelajar program pengkhususan Automasi Industri: Menganalisis tangki dengan sensor tahap, air dibekalkan oleh pam. Semasa operasi, pam dikawal secara langsung oleh sensor tahap, apabila suis operasi dihidupkan dan sensor tahap dimatikan, pam dihidupkan. Operasi motor pam tertakluk kepada syarat-syarat berikut:

- Apabila suis operasi dihidupkan dan sensor tahap dimatikan selama 1 minit motor pam dihidupkan.
- Apabila sensor tahap dihidupkan selama 2 minit, atau suis operasi dimatikan, matikan motor pam.

Dalam bahagian ini pelajar, menggunakan metodologi penyelesaian masalah, mengenal pasti masalah yang ditimbulkan, meneroka dan kemudian mencadangkan penyelesaian yang dibentangkan dan dijelaskan dalam seksyen 4. Rajah 8 menunjukkan salah satu penyelesaian yang dicadangkan dan direalisasikan dengan perisian TIA Portal, PLCSim dan Kilang I/O.



Rajah 8. Penyelesaian kepada Masalah

KESIMPULAN

Sektor perindustrian sedang mengalami transformasi yang ketara dalam rangka kerja Industri 4.0, didorong oleh kemajuan pesat pendigitalan untuk meningkatkan kecekapan operasi dan daya saing pasaran. Persekitaran profesional yang berkembang ini memerlukan kerjasama yang lebih besar di kalangan tenaga kerja pelbagai disiplin. Oleh itu, transformasi perindustrian ini memerlukan inisiatif strategik dalam pendidikan tinggi untuk melengkapkan profesional masa depan dengan kemahiran yang diperlukan untuk memenuhi permintaan tenaga kerja yang didorong oleh teknologi. Dalam konteks ini, memupuk pengetahuan pelbagai disiplin dalam tetapan akademik adalah penting untuk mengukuhkan proses pengajaran dan pembelajaran yang sejajar dengan Pendidikan 4.0.

Kajian ini membentangkan rangka kerja pengajaran yang menekankan penyepaduan perisian simulasi industri ke dalam proses pembelajaran. Secara khusus, rangka kerja yang dicadangkan bertujuan untuk merapatkan jurang antara persekitaran industri dunia sebenar dan bilik darjah melalui penggunaan teknologi ICT. Dengan memanfaatkan pendekatan ini, pelajar boleh mengalami dan memahami persekitaran kerja industri sebenar, termasuk tarikh akhir dan tekanan cabaran operasi harian.

Pengesahan pengaturcaraan PLC boleh dicapai melalui simulasi masa nyata menggunakan model maya berdasarkan sistem S7-PLCSim dan I/O Plant. Peranti pengaturcaraan PLC menggunakan Portal TIA untuk pengaturcaraan modul PLC Siemens. Selain itu, model proses maya dengan pelbagai konfigurasi loji boleh dibangunkan melalui simulasi berasaskan visual untuk mengesahkan fungsi program PLC dalam aplikasi masa nyata.

Untuk memastikan ketepatan dan konsistensi hasil simulasi merentas pengguna yang berbeza, adalah penting untuk mengikuti garis panduan piawai untuk sistem simulasi maya. Panduan simulasi PLC maya yang tersusun dengan baik adalah penting untuk mengekalkan kebolehpercayaan pembelajaran berasaskan simulasi, membolehkan pelajar memahami dan menggunakan konsep PLC dengan berkesan dalam tetapan industri sebenar. Pendekatan ini bukan sahaja meningkatkan kebolehan menyelesaikan masalah tetapi juga melengkapkan pelajar dengan kecekapan teknikal yang diperlukan untuk berkembang maju dalam landskap Industri 4.0 yang berkembang.

CADANGAN DAN IMPAK TERHADAP POLITEKNIK

Cadangan

Menggabungkan teknologi Industri 4.0 ke dalam pendidikan politeknik adalah penting untuk menyediakan pelajar untuk memenuhi permintaan persekitaran perindustrian moden. Berdasarkan penemuan kajian ini, cadangan berikut dicadangkan:

Penyepaduan Pembelajaran Berasaskan Simulasi

- Institusi politeknik harus secara aktif memasukkan perisian simulasi industri, seperti Portal TIA dan PLCSim, ke dalam kurikulum mereka untuk menyediakan pelajar pendedahan praktikal kepada proses automasi.
- Penggunaan pemodelan loji I/O maya harus digalakkan untuk meningkatkan pemahaman pelajar tentang aplikasi industri dunia sebenar dalam persekitaran bebas risiko.

Penambahbaikan Pendekatan Pembelajaran Berasaskan Masalah (PBL)

- Melaksanakan metodologi PBL dalam program kejuruteraan dan teknikal akan meningkatkan kemahiran analisis dan penyelesaian masalah pelajar.
- Struktur kursus harus disemak semula untuk memasukkan latihan praktikal dalam pengaturcaraan PLC dan automasi industri menggunakan senario dunia sebenar untuk mensimulasikan cabaran industri.

Mengukuhkan Kerjasama Industri-Akademik

- Mewujudkan perkongsian dengan organisasi perindustrian akan membolehkan politeknik menyelaraskan metodologi pengajaran mereka dengan piawaian industri semasa.
- Profesional industri harus dijemput untuk menyediakan kuliah tetamu, program bimbingan dan peluang penyelidikan kolaboratif untuk pelajar.

Pemodenan Kurikulum

- Kurikulum pendidikan kejuruteraan dan teknikal harus dikemas kini secara berkala untuk menggabungkan kemajuan dalam automasi industri, IoT dan AI.
- Program politeknik harus menawarkan pensijilan khusus dalam teknologi automasi untuk meningkatkan kebolehpasaran pelajar.

Pelaburan dalam Infrastruktur Teknologi

- Institusi harus melabur dalam menaik taraf kemudahan makmal dengan peranti PLC moden, perisian simulasi dan sistem automasi yang didayakan IoT.
- Penubuhan makmal pintar yang dilengkapi dengan alat automasi canggih akan membolehkan pelajar memperoleh pengalaman langsung dengan teknologi termaju.

Impak Kepada Politeknik

Pelaksanaan cadangan yang dicadangkan dijangka membawa penambahbaikan yang ketara kepada institusi politeknik dengan mengubah landskap pendidikan mereka dengan cara berikut:

Pembangunan Kemahiran yang Dipertingkatkan

- Pelajar akan membangunkan kemahiran teknikal kritikal, seperti pengaturcaraan PLC, reka bentuk sistem automasi dan penyelesaian masalah, menjadikan mereka lebih bersedia untuk cabaran industri.
- Pendedahan praktikal kepada simulasi industri masa nyata akan merapatkan jurang antara pembelajaran teori dan aplikasi dunia sebenar.

Peningkatan Kebolehpasaran Graduan

- Dengan menyelaraskan pendidikan dengan keperluan industri, graduan politeknik akan dilengkapi dengan kemahiran automasi yang berkaitan, meningkatkan daya saing mereka dalam pasaran kerja.
- Graduan akan lebih menarik kepada majikan dalam sektor pembuatan, logistik dan automasi industri.

Hasil Pengajaran dan Pembelajaran yang Lebih Baik

- Penyepaduan alat simulasi interaktif akan mewujudkan pengalaman pembelajaran yang lebih menarik untuk pelajar.
- Pendidik akan dapat mengguna pakai metodologi pengajaran yang inovatif, meningkatkan pengekalan dan aplikasi pengetahuan.

Hubungan Industri yang Diperkukuh

- Kerjasama yang lebih erat dengan industri akan memberikan institusi politeknik pandangan tentang trend baru muncul dan kemajuan teknologi.
- Program magang dan perantisan akan diperkukuhkan, memastikan pelajar menerima pendedahan industri praktikal sebelum tamat pengajian.

Kemajuan dalam Penyelidikan dan Inovasi

- Pelaksanaan pembelajaran berasaskan simulasi dan teknologi automasi akan menggalakkan penyelidikan dalam automasi industri dan pembuatan pintar.
- Politeknik akan berada pada kedudukan yang lebih baik untuk menyumbang kepada inisiatif penyelidikan nasional dan antarabangsa dalam Industri 4.0.

Dengan mengguna pakai cadangan ini, institusi politeknik boleh memainkan peranan penting dalam melahirkan graduan sedia industri, mengukuhkan keupayaan tenaga kerja, dan menyumbang kepada kemajuan teknologi sektor perindustrian.

RUJUKAN

- A. Osman, A. A. Yahya, dan M. B. Kamal. 2018. "Koleksi Penanda Aras untuk Objektif Pendidikan Program Pemetaan kepada Hasil Pelajar ABET: Akreditasi, " Pp. 46-60 in, disunting dalam 5th I. S. pada Data dan Aplikasi Perlombongan. dalam Simposium Antarabangsa ke-5 mengenai Aplikasi Perlombongan Data,.
- Arango, David, Liliana Gonzalez, Daniel Torres, John Garcia, Jenny Cuatindioy, Mauricio Gonzalez, Mario Luna, Juan Garcia, Hector Pabon, Jaime Echeverri, dan Jorge Bedoya. 2020. "Plataformas Virtuales Que Reconocen Estilos de Aprendizaje y Permiten El Despliegue de Metodología Aprendizaje Basado En Problemas -ABP." Persidangan Iberia mengenai Sistem Maklumat dan Technologies (Jun): 24-27.
- Chen, Baotong, Jiafu Wan, Lei Shu, Peng Li, Mithun Mukherjee, dan Tinju Yin. 2017. "Kilang Pintar Industri 4.0: Teknologi Utama, Kes Aplikasi, dan Cabaran." Akses IEEE 6:6505–19. doi: 10.1109/ACCESS.2017.2783682.
- Elbestawi, Mo, Dan Centea, Ishwar Singh, dan Tom Wanyama. 2018. "Kilang Pembelajaran SEPT untuk Pendidikan Industri

- 4.0 dan Penyelidikan Gunaan." Pembuatan Procedia 23(2017):249–54. doi: 10.1016/j.promfg.2018.04.025.
- Garay-Rondero, Claudia Lizette, Ricardo Thierry-Aguilera, Andreas Koch Schneider, Rafael E. Bourguet-Diaz, Maria Lule Salinas, dan Genaro Zavala. 2021. "Merancang Kursus Kejuruteraan Sistem Siber-Fizikal dan Faktor Manusia untuk Industri 4.0." Future of Educational Innovation Workshop Series - Machine Learning-Driven Digital Technologies for Educational Innovation Workshop 2021. doi: 10.1109/IEEECONF53024.2021.9733753.
- Gonzalez, Leonardo. 2019. "Model Pembelajaran Berasaskan Masalah." Prosiding - Persidangan Antarabangsa Inovasi Pendidikan melalui Teknologi ke-8 2019, EITT 2019 180-83. doi: 10.1109/EITT.2019.00042.
- Htet Htet Aung | Thu Zar Thein. 2019. "Simulasi dan Pelaksanaan PLC Berasaskan Untuk Mengesan Cip Kentang Terbakar dan Keluarkan Menggunakan PLCSIM dan HMI." International Journal of Trend in Scientific Research and Development 3(5):1644–49. DOI: <https://doi.org/10.31142/ijtsrd26724>.
- Miranda, Jhonattan, Christelle Navarrete, Julieta Noguez, José Martin Molina-Espinosa, María Soledad Ramírez-Montoya, Sergio A. Navarro-Tuch, Martín Rogelio Bustamante-Bello, José Bernardo Rosas-Fernández, dan Arturo Molina. 2021. "Komponen Teras Pendidikan 4.0 dalam Pendidikan Tinggi: Tiga Kajian Kes dalam Pendidikan Kejuruteraan." Komputer dan Kejuruteraan Elektrik 93(September 2020). doi: 10.1016/j.compeleceng.2021.107278.
- Mourtzis, Dimitris, Anastasios Vasilakopoulos, Evagoras Zervas, dan Nikoletta Boli. 2019. "Reka Bentuk Sistem Pembuatan Menggunakan Simulasi dalam Industri Logam ke arah Pendidikan 4.0." Pembuatan Procedia 31:155–61. doi: 10.1016/j.promfg.2019.03.024.
- Emprin. 2017. "HOME I/ O dan FACTORY I/O : 2 Keping Perisian Simulasi PO Inovatif untuk Pendidikan Automasi." Persidangan Tahunan EAAEIE ke-27 2017, EAAEIE 2017 1-6. doi: 10.1109/EAAEIE.2017.8768639.
- Samiha, Yulia Tri, Tutut Handayani, Abdur Razzaq, Annisa Fitri, Mia Fithriyah, dan Muhammad Anshari. 2021. "Kelestarian Kecemerlangan Pendidikan 4.0." Persidangan Antarabangsa Kepimpinan dan Kecemerlangan Akademik Lestari 2021, SLAE 2021 2021-Janua. doi: 10.1109/SLAE54202.2021.9788095.
- Shih, Ju Ling. 2008. "Reka Bentuk Sistem Pembelajaran Ubiquitous dengan Model Pembelajaran Berasaskan Masalah Penyelidikan (RPBL) untuk Kajian Kualitatif." Prosiding - Persidangan Antarabangsa IEEE ke-5 mengenai Teknologi Tanpa Wayar, Mudah Alih, dan Ubiquitous dalam Pendidikan, WMUTE 2008 173-75. doi: 10.1109/WMUTE.2008.48.