

INTEGRASI PENYELESAIAN MASALAH KOMPLEKS DAN PEMBUATAN-KEPUTUSAN INDUSTRI DALAM PENDIDIKAN DAN LATIHAN TEKNIKAL DAN VOKASIONAL

(INTEGRATING COMPLEX PROBLEM SOLVING AND INDUSTRIAL DECISION-MAKING IN TECHNICAL AND VOCATIONAL EDUCATION AND TRAINING)

AZIZAN, M. F.¹ – MOHD MATORE, M. E. E.^{1*} – OMAR, M.¹

¹ *Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia, Selangor, Malaysia.*

**Penulis penghubung
e-mail: effendi[at]ukm.edu.my*

(Received 02nd June 2026; revised 07th July 2026; accepted 16th July 2026)

Abstrak. Perkembangan pesat Industri 4.0 dan Industri 5.0 telah meningkatkan keperluan terhadap tenaga kerja yang memiliki keupayaan penyelesaian masalah kompleks dan pembuatan keputusan industri. Walau bagaimanapun, amalan pengajaran dan penilaian dalam Pendidikan dan Latihan Teknikal dan Vokasional (TVET) masih banyak menumpukan kepada tugas rutin dan prosedural yang kurang mencerminkan situasi industri sebenar. Kajian ini bertujuan membangunkan satu kerangka konseptual yang mengintegrasikan penyelesaian masalah kompleks dan pembuatan keputusan industri dalam konteks TVET. Kajian ini menggunakan pendekatan reka bentuk konseptual melalui analisis keperluan, sintesis teori, sorotan literatur, dan pengesahan pakar daripada bidang akademik dan industri. Kerangka yang dibangunkan mengintegrasikan beberapa teori utama seperti Teori Kompleksiti, Penyelesaian Masalah Kompleks, Kognisi Situasi, dan pembelajaran autentik bagi membentuk proses penyelesaian masalah yang lebih sistematik dan kontekstual. Dapatan kajian menunjukkan bahawa kerangka ini berjaya mengoperasionalisasikan proses utama seperti pengenaltastian masalah, pengumpulan maklumat, penilaian alternatif, pemilihan keputusan, pelaksanaan, dan refleksi ke dalam indikator pembelajaran yang boleh diukur. Selain meningkatkan keupayaan penaaakulan dan pemikiran reflektif pelajar, kerangka ini turut membantu memperkukuh kesediaan pelajar TVET dalam menghadapi cabaran industri masa hadapan. Kajian ini menyumbang kepada pembangunan pendekatan penilaian autentik yang lebih relevan dengan keperluan industri semasa dan masa depan.

Katakunci: *penyelesaian masalah kompleks, pembuatan keputusan industry, TVET, penilaian autentik, kompetensi industri*

Abstract. The rapid advancement of Industry 4.0 and Industry 5.0 has intensified the demand for a workforce equipped with complex problem-solving and industrial decision-making capabilities. However, current practices in Technical and Vocational Education and Training (TVET) remain largely focused on routine and procedural tasks that do not adequately reflect authentic industrial environments. This study aims to develop a conceptual framework integrating complex problem-solving and industrial decision-making within the TVET context. The study employed a conceptual design approach involving needs analysis, theoretical synthesis, literature review, and expert validation from academic and industrial fields. The proposed framework integrates several key theories, including Complexity Theory, Complex Problem Solving, Situated Cognition, and authentic learning to establish a more systematic and contextualized problem-solving process. The findings indicate that the framework successfully operationalizes key processes such as problem identification, information gathering, evaluation of alternatives, decision selection, implementation, and reflection into measurable learning indicators. In addition to enhancing students' reasoning and reflective thinking abilities, the framework also strengthens TVET students' readiness to face future industrial challenges. This study contributes to the development of a more authentic assessment approach that is aligned with current and future industrial needs.

Keywords: *complex problem-solving, industrial decision-making, TVET, authentic assessment, industrial competency*

Pengenalan

TVET di Malaysia kini berada dalam fasa kritikal untuk memperkukuh kualiti kurikulum bagi memenuhi tuntutan Revolusi Perindustrian 4.0 (IR 4.0) (Mazlan et al., 2024; Mohd Rokeman dan Che Kob, 2024). Transformasi ekonomi global memerlukan graduan yang bukan sahaja mahir secara teknikal, malah mempunyai kebolehsuaian kerjaya yang tinggi dan mampu membuat keputusan dalam persekitaran kerja yang dinamik (Zahari dan Omar, 2021). Walau bagaimanapun, isu kualiti dan kebolehpasaran graduan Kolej Vokasional Malaysia (KVM) masih menjadi perdebatan kerana wujudnya jurang antara kemahiran yang diajar dengan keperluan sebenar industri (Mazlan et al., 2024; Said, 2024). Salah satu kompetensi utama yang dikenal pasti bagi merapatkan jurang ini ialah Complex Problem Solving (CPS) atau Penyelesaian Masalah Kompleks. CPS didefinisikan sebagai kapasiti individu untuk melibatkan diri dalam pemprosesan kognitif bagi memahami dan menyelesaikan situasi masalah yang merangkumi pelbagai pemboleh ubah saling berkait, dinamik, dan tidak berstruktur (Azizan dan Mohd Matore, 2024; Nagahi et al., 2021). Dörner dan Funke (2017) menjelaskan bahawa CPS melibatkan proses memahami sistem yang kompleks, mengenal pasti hubungan antara elemen, membuat inferens, serta menyesuaikan tindakan berdasarkan maklum balas sistem. Dalam konteks TVET, CPS dianggap sebagai kemahiran penting abad ke-21 yang membolehkan pekerja mengaplikasikan pengetahuan dalam situasi yang tidak menentu (Azizan dan Mohd Matore, 2024; Salleh dan Puteh, 2017). Majikan masa kini didapati lebih mengutamakan kemahiran berfikir analitikal, kreativiti, dan keupayaan menyelesaikan masalah berbanding kemahiran manual semata-mata (World Economic Forum, 2025; Nagahi et al., 2021).

Namun begitu, pelaksanaan kurikulum TVET di Malaysia masih menghadapi cabaran besar, termasuk pendekatan pengajaran yang masih berpusatkan pensyarah dan penggunaan pedagogi tradisional yang tidak lagi memadai (Mohd Rokeman dan Che Kob, 2024). Penilaian sedia ada sering kali terlalu bergantung kepada peperiksaan berasaskan pengetahuan yang menekankan hafalan, bukannya keupayaan menyelesaikan masalah dunia sebenar (Azizan et al., 2025; Villarroel et al., 2020). Situasi ini membawa kepada keperluan mendesak terhadap penilaian autentik. Penilaian autentik bertujuan menghubungkan pembelajaran dengan alam pekerjaan dengan mewujudkan tugas yang menyerupai persekitaran profesional sebenar (Villarroel et al., 2020). Zahari dan Omar (2021) menjelaskan bahawa perkembangan IR4.0 telah meningkatkan keperluan terhadap graduan yang mempunyai kebolehsuaian kerjaya, kemahiran membuat keputusan, dan keupayaan menyesuaikan diri dengan perubahan teknologi serta persekitaran kerja baharu. Namun begitu, graduan TVET masih sering menerima kritikan kerana kurang bersedia memenuhi kehendak pekerjaan sebenar. Situasi ini menunjukkan bahawa pembangunan kompetensi teknikal semata-mata tidak lagi mencukupi tanpa disertai kemahiran penyelesaian masalah dan keputusan yang autentik. Said (2024) turut menjelaskan bahawa isu kualiti dan kebolehpasaran graduan KVM masih menjadi perdebatan dalam kalangan pemegang taruh pendidikan dan industri. Majikan didapati bukan sahaja menitikberatkan kemahiran teknikal, malah turut memberi perhatian kepada kemahiran berfikir, daya saing, kreativiti, inovasi, integriti dan keupayaan graduan menyelesaikan masalah dalam pekerjaan. Kajian tersebut menunjukkan bahawa graduan yang terlalu bergantung kepada pencapaian akademik tanpa penguasaan kemahiran kebolehkerjaan dan metakognitif sukar memenuhi kehendak industri semasa. Situasi ini secara tidak langsung menunjukkan bahawa sistem pendidikan TVET masih memerlukan pendekatan pembelajaran dan

penilaian yang lebih autentik dan kontekstual bagi membangunkan kompetensi pekerjaan sebenar dalam kalangan pelajar (Said, 2024).

Keberkesanan pembangunan kemahiran CPS dalam kalangan pelajar TVET sangat bergantung kepada sejauh mana proses pengajaran dan penilaian dilaksanakan secara autentik dan kolaboratif. Melalui penilaian autentik, pelajar dicabar untuk menggunakan kemahiran kognitif tahap tinggi dan membuat keputusan yang relevan dengan konteks industri (Paeßens et al., 2023). Oleh itu, kajian ini penting untuk meneroka bagaimana memperkasakan penyampaian kurikulum melalui strategi penilaian yang lebih kontekstual dapat menjana pemikiran kritis dan meningkatkan kompetensi pekerjaan graduan KVM agar selari dengan standard industri terkini (Mohd Rokeman dan Che Kob, 2024). Sehubungan itu, kajian ini bertujuan membangunkan satu kerangka konseptual yang mengintegrasikan penyelesaian masalah kompleks dan pembuatan keputusan industri dalam TVET. Secara khususnya, kajian ini menumpukan kepada empat objektif utama, iaitu mengenal pasti konsep utama CPS dan pembuatan keputusan industri dalam konteks TVET, mensintesis teori serta literatur berkaitan CPS, pembuatan keputusan industri dan penilaian autentik, memetakan konstruk CPS dengan proses keputusan industri bagi membentuk indikator pembelajaran dan penilaian autentik, serta mencadangkan strategi penambahbaikan pengajaran dan penilaian bagi memperkukuh CPS dan pembuatan keputusan industri dalam kalangan pelajar TVET. Melalui objektif ini, kajian diharap dapat menghasilkan satu kerangka yang bukan sahaja menyumbang kepada pengembangan ilmu, tetapi juga dapat dijadikan panduan praktikal dalam memperkukuh pembelajaran dan penilaian autentik yang selari dengan keperluan industri.

Sorotan literatur

CPS merupakan kompetensi penting dalam pendidikan abad ke-21 kerana persekitaran pekerjaan moden semakin dipengaruhi oleh ketidakpastian, perubahan teknologi, interaksi sistem dan keperluan membuat keputusan dalam situasi tidak berstruktur. CPS berbeza daripada penyelesaian masalah rutin kerana ia melibatkan masalah yang mempunyai pelbagai pemboleh ubah saling berkait, maklumat tidak lengkap serta keperluan menyesuaikan tindakan berdasarkan maklum balas persekitaran. Dörner dan Funke (2017) menjelaskan bahawa CPS memerlukan individu memahami struktur sistem, mengenal pasti hubungan antara elemen, membuat inferens dan mengawal tindakan dalam situasi yang dinamik. Nagahi et al. (2021) pula membangunkan instrumen Perceived Complex Problem-Solving (PCPS) yang menekankan beberapa proses utama seperti pengenalanpastian dan pentakrifan masalah, pengumpulan maklumat, penilaian penyelesaian dan pembangunan pendekatan, serta perancangan pelaksanaan. Oleh itu, CPS dalam kajian ini difahami sebagai proses kognitif dan tindakan yang membolehkan pelajar TVET mengenal pasti masalah, mentafsir maklumat, menilai alternatif dan merancang penyelesaian secara sistematik dalam situasi kerja sebenar.

Pembuatan keputusan industri pula merupakan elemen penting yang melengkapkan proses CPS kerana penyelesaian masalah dalam persekitaran kerja tidak berlaku secara terpisah daripada keputusan teknikal. Setiap tindakan industri memerlukan pertimbangan terhadap maklumat, risiko, kos, masa, sumber, keselamatan dan kesan terhadap hasil kerja. Price dan Wieman (2023) menegaskan bahawa penyelesaian masalah autentik perlu dinilai berdasarkan keputusan yang dibuat sepanjang proses penyelesaian, bukan hanya berdasarkan jawapan akhir. Mereka mengenal pasti 29

keputusan utama dalam penyelesaian masalah pakar, termasuk keputusan berkaitan maklumat yang diperlukan, konsep yang relevan, strategi penyelesaian, penilaian bukti, kesimpulan dan keberkesanan kaedah penyelesaian. Pandangan ini menunjukkan bahawa integrasi CPS dan pembuatan keputusan industri dapat membantu mengalihkan fokus pembelajaran TVET daripada pelaksanaan prosedur semata-mata kepada penaaakuan, justifikasi keputusan dan tindakan yang lebih kontekstual.

Penilaian autentik turut menjadi asas penting dalam pembangunan CPS dan pembuatan keputusan industri kerana pendekatan ini menghubungkan pembelajaran dengan situasi dunia sebenar melalui tugas yang menyerupai amalan profesional. Paeßens et al. (2023) menunjukkan bahawa penyelesaian masalah vokasional kompleks merupakan konstruk multidimensi yang melibatkan kemahiran kognitif dan sosial. Kemahiran kognitif merangkumi pengawalan tugas dan pembinaan pengetahuan, manakala kemahiran sosial melibatkan penyertaan, pengambilan perspektif dan regulasi sosial. Alrababah et al. (2024) pula menjelaskan bahawa CPS melibatkan pemerolehan pengetahuan (Knowledge Acquisition) dan aplikasi pengetahuan (Knowledge Application), serta perlu dinilai berdasarkan proses eksplorasi, strategi penyelesaian, tingkah laku pelajar dan justifikasi keputusan. Oleh itu, penilaian CPS dalam TVET perlu bergerak daripada penilaian berasaskan jawapan akhir kepada penilaian proses yang menilai bagaimana pelajar memahami masalah, menggunakan maklumat, membuat keputusan dan menambah baik tindakan.

Dalam konteks Malaysia, beberapa kajian menunjukkan masih wujud jurang antara pembelajaran TVET dengan kehendak sebenar industri. Zahari dan Omar (2021) menjelaskan bahawa Revolusi Industri 4.0 meningkatkan keperluan terhadap graduan yang mempunyai kebolehsuaian kerjaya, keupayaan membuat keputusan dan kemahiran menyesuaikan diri dengan perubahan teknologi. Mazlan et al. (2024) turut menegaskan bahawa bidang pekerjaan masa kini semakin kompleks dan memerlukan graduan KVM menguasai kemahiran penyelesaian masalah, kerja berpasukan, kepimpinan dan kebolehpasaran. Said (2024) pula mendapati bahawa majikan bukan sahaja menitikberatkan kemahiran teknikal, tetapi turut memberi perhatian kepada kemahiran berfikir, daya saing, kreativiti, inovasi, integriti dan keupayaan menyelesaikan masalah. Perkembangan ini selari dengan dapatan Azizan et al. (2025) yang menunjukkan bahawa penyelidikan CPS dalam pendidikan kejuruteraan semakin meningkat dan banyak tertumpu kepada pendekatan seperti pembelajaran aktif, simulasi, kecerdasan buatan dan pembelajaran berasaskan projek. Sehubungan itu, artikel ini mengisi jurang konseptual dan praktikal dengan mencadangkan satu kerangka integrasi CPS dan pembuatan keputusan industri dalam TVET sebagai asas kepada pembangunan indikator pembelajaran, penilaian autentik dan strategi penambahbaikan pengajaran yang lebih relevan dengan keperluan industri masa hadapan.

Instrumen dan Metod Kajian

Kajian ini menggunakan reka bentuk kajian konseptual melalui pendekatan sintesis literatur berstruktur bagi membangunkan kerangka integrasi penyelesaian masalah kompleks dan pembuatan keputusan industri dalam konteks TVET. Reka bentuk ini dipilih kerana fokus kajian adalah untuk membina kerangka konsep berasaskan teori, konstruk dan dapatan kajian terdahulu, bukan untuk menguji hubungan empirikal secara langsung. Pendekatan ini membolehkan kajian mengenal pasti, membandingkan dan mengintegrasikan konsep utama yang berkaitan dengan penyelesaian masalah

kompleks, pembuatan keputusan, penilaian autentik dan keperluan kompetensi industri dalam pendidikan TVET. Pembinaan kerangka ini dilaksanakan melalui empat fasa utama, iaitu analisis keperluan dan konteks, sintesis teori dan literatur, pemetaan konstruk, serta pembentukan kerangka konseptual seperti yang ditunjukkan pada *Jadual 1*. Fasa pertama melibatkan analisis keperluan dan konteks TVET Malaysia berdasarkan kajian terdahulu yang membincangkan cabaran kurikulum, kebolehpasaran graduan, ketidaksepadanan kemahiran dan keperluan industri. Fasa ini penting bagi memastikan kerangka yang dibangunkan mempunyai asas kontekstual yang jelas, khususnya dalam realiti Kolej Vokasional Malaysia. Kajian tempatan menunjukkan bahawa sistem TVET masih berhadapan dengan isu ketidaksepadanan antara kemahiran yang diajar dengan keperluan sebenar industri, pendekatan pengajaran yang masih tradisional, serta keperluan kepada pembelajaran dan penilaian yang lebih autentik (Mazlan et al., 2024; Mohd Rokeman dan Che Kob, 2024; Said, 2024).

Jadual 1. Ringkasan fasa metodologi.

Fasa	Aktiviti utama	Sumber utama	Hasil
1	Analisis keperluan dan konteks TVET Malaysia	Mazlan et al. (2024); Mohd Rokeman dan Che Kob (2024); Said (2024)	Isu dan keperluan kerangka dikenal pasti
2	Sintesis teori dan literatur CPS, keputusan dan autentik	Paeßens et al. (2023); Price dan Wieman (2023); Nagahi et al. (2021)	Asas teori dan konstruk dibina
3	Pemetaan konstruk CPS dengan keputusan industri	Price dan Wieman (2023); Nagahi et al. (2021)	Konstruk dan indikator awal dibentuk
4	Pembentukan kerangka konseptual akhir	Sintesis semua sumber	Kerangka CPS-DM untuk TVET dihasilkan

Fasa kedua melibatkan sintesis teori dan literatur bagi mengenal pasti asas konseptual yang menyokong kerangka kajian. Literatur utama dipilih berdasarkan kaitannya dengan penyelesaian masalah kompleks, pembuatan keputusan, sistem kompleks, pembelajaran autentik dan penilaian dalam TVET. Kajian Nagahi et al. (2021) dijadikan rujukan utama bagi mengenal pasti empat proses utama CPS, iaitu pengenalanpastian dan pentakrifan masalah, pengumpulan maklumat, penilaian penyelesaian dan pembangunan pendekatan, serta perancangan pelaksanaan. Instrumen PCPS yang dibangunkan oleh Nagahi et al. (2021) menggunakan proses pembangunan skala melalui peringkat eksploratori dan konfirmatori, dan menghasilkan model empat faktor yang boleh digunakan dalam pelbagai konteks pendidikan, industri dan organisasi. Fasa ketiga ialah pemetaan konstruk. Dalam fasa ini, konstruk CPS daripada Nagahi et al. (2021) dipadankan dengan proses keputusan yang dihuraikan oleh Price dan Wieman (2023). Price dan Wieman (2023) menegaskan bahawa penyelesaian masalah autentik perlu dinilai melalui keputusan yang dibuat oleh pelajar semasa proses penyelesaian masalah, bukan hanya berdasarkan jawapan akhir. Mereka mengenal pasti 29 keputusan utama dalam penyelesaian masalah sains dan kejuruteraan, termasuk keputusan berkaitan maklumat yang diperlukan, konsep yang relevan, strategi penyelesaian, penilaian bukti dan keberkesanan kaedah penyelesaian. Pendekatan ini digunakan dalam kajian ini untuk menghubungkan CPS dengan pembuatan keputusan industri secara lebih sistematik.

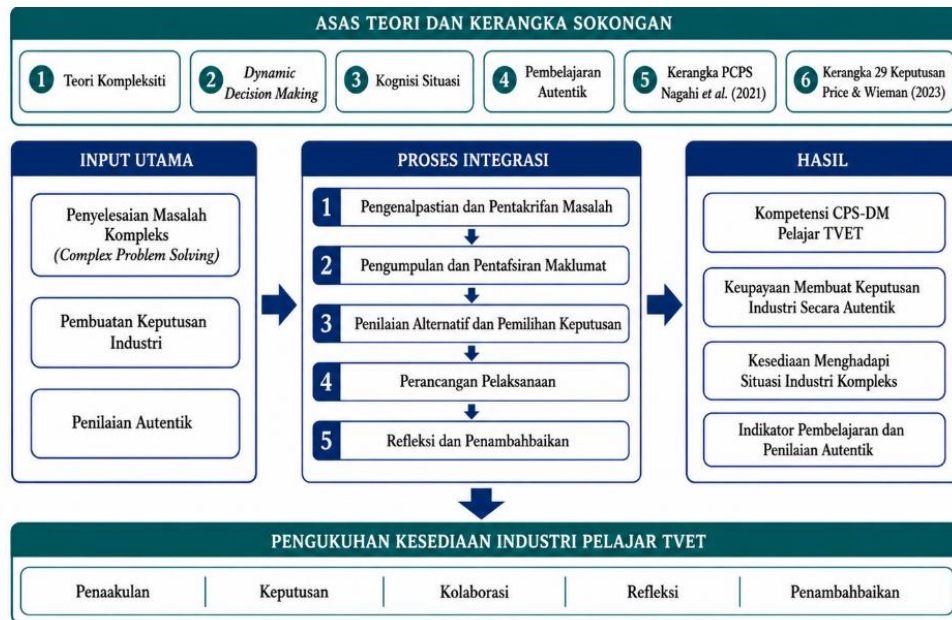
Fasa keempat melibatkan pembentukan kerangka konseptual akhir. Kerangka ini dibina dengan mengintegrasikan konstruk CPS, proses pembuatan keputusan industri, prinsip penilaian autentik dan konteks TVET. Dalam fasa ini, setiap konstruk dipadankan dengan indikator pembelajaran dan penilaian yang sesuai dengan situasi industri. Pendekatan ini turut disokong oleh Paeßens et al. (2023) yang menunjukkan bahawa penyelesaian masalah vokasional kompleks perlu dinilai dalam persekitaran

autentik yang menyerupai dunia pekerjaan sebenar. Kajian tersebut menekankan bahawa penyelesaian masalah dalam VET melibatkan kemahiran kognitif dan sosial, termasuk pengawalan tugas, pembinaan pengetahuan, penyertaan, pengambilan perspektif dan regulasi sosial. Secara keseluruhannya, metodologi kajian ini berasaskan pendekatan pembangunan kerangka konseptual secara berfasa. Pendekatan ini membolehkan kajian menghasilkan satu kerangka yang bukan sahaja berasaskan literatur dan teori, tetapi juga relevan dengan keperluan sebenar TVET Malaysia. Kerangka yang dibangunkan memberi penekanan kepada lima komponen utama, iaitu pengenalanpastian dan pentakrifan masalah, pengumpulan dan pentafsiran maklumat, penilaian alternatif dan pemilihan keputusan, perancangan pelaksanaan, serta refleksi dan penambahbaikan. Lima komponen ini disusun bagi menggambarkan proses penyelesaian masalah kompleks yang berorientasikan keputusan industri dan boleh dijadikan asas kepada pembangunan indikator pembelajaran serta penilaian autentik dalam konteks KVM.

Dapatan dan Perbincangan Kajian

Kerangka konseptual integrasi CPS dan pembuatan keputusan industri dalam TVET

Berdasarkan sintesis literatur dan pemetaan konstruk yang telah dilaksanakan, kajian ini menghasilkan satu kerangka konseptual yang mengintegrasikan CPS, pembuatan keputusan industri dan penilaian autentik dalam konteks TVET. Kerangka ini dibangunkan bagi menunjukkan hubungan antara asas teori, input utama, proses integrasi dan hasil yang dijangka daripada pembangunan kompetensi CPS-DM pelajar TVET. Rajah 1 menunjukkan kerangka konseptual yang dicadangkan dalam kajian ini, yang menggabungkan teori kompleksiti, Dynamic Decision Making, kognisi situasi, pembelajaran autentik, kerangka PCPS Nagahi et al. (2021) serta kerangka 29 keputusan Price dan Wieman (2023) sebagai asas sokongan kepada pembentukan proses integrasi CPS dan pembuatan keputusan industri. *Rajah 1* menunjukkan bahawa kerangka konseptual ini dibina melalui tiga komponen utama, iaitu input utama, proses integrasi dan hasil. Input utama terdiri daripada CPS, pembuatan keputusan industri dan penilaian autentik. Ketiga-tiga input ini berperanan sebagai asas kepada pembentukan proses pembelajaran dan penilaian yang lebih berorientasikan situasi industri sebenar. CPS menyediakan asas kognitif kepada pelajar untuk memahami masalah yang kompleks, manakala pembuatan keputusan industri membolehkan pelajar memilih tindakan yang sesuai berdasarkan maklumat, risiko, kekangan dan alternatif yang tersedia. Penilaian autentik pula berfungsi sebagai mekanisme untuk menghubungkan proses pembelajaran dengan keperluan pekerjaan sebenar melalui tugas yang menyerupai konteks industri.



Rajah 1. Kerangka konseptual integrasi penyelesaian masalah kompleks dan pembuatan keputusan industri dalam TVET.

Proses integrasi dalam kerangka ini mengandungi lima komponen utama, iaitu pengenalpastian dan pentakrifan masalah, pengumpulan dan pentafsiran maklumat, penilaian alternatif dan pemilihan keputusan, perancangan pelaksanaan, serta refleksi dan penambahbaikan. Lima komponen ini menggambarkan bahawa penyelesaian masalah dalam konteks TVET tidak berlaku secara linear dan mudah, sebaliknya memerlukan pelajar melalui proses penaakulan, pemerolehan maklumat, penilaian bukti, pemilihan keputusan dan semakan semula tindakan. Hal ini selari dengan pandangan Nagahi et al. (2021) yang menekankan beberapa tahap utama dalam proses CPS, serta Price dan Wieman (2023) yang menegaskan bahawa penyelesaian masalah autentik perlu dinilai berdasarkan keputusan yang dibuat sepanjang proses penyelesaian masalah, bukan hanya berdasarkan jawapan akhir. Dari segi hasil, kerangka ini dijangka dapat membangunkan kompetensi CPS-DM pelajar TVET yang merangkumi keupayaan membuat keputusan industri secara autentik, kesediaan menghadapi situasi industri kompleks, serta pembentukan indikator pembelajaran dan penilaian autentik. Hasil ini penting kerana pelajar TVET perlu dibangunkan bukan sahaja sebagai pelaksana prosedur teknikal, tetapi juga sebagai individu yang mampu berfikir secara analitikal, membuat keputusan berdasarkan bukti, berkolaborasi, melakukan refleksi dan menambah baik tindakan berdasarkan maklum balas situasi sebenar. Oleh itu, kerangka ini memberi asas kepada pembangunan pendekatan penilaian yang lebih menyeluruh, khususnya dalam menilai proses kognitif, sosial dan reflektif pelajar dalam menyelesaikan masalah industri yang kompleks.

Bagi memperincikan hubungan antara konstruk kerangka, keputusan industri utama dan indikator penilaian autentik, kajian ini seterusnya membangunkan pemetaan seperti yang ditunjukkan dalam *Jadual 2*. Jadual tersebut menjelaskan bagaimana setiap komponen dalam kerangka konseptual diterjemahkan kepada keputusan industri dan indikator pembelajaran yang boleh digunakan dalam konteks TVET. Pemetaan ini penting bagi memastikan kerangka yang dibangunkan tidak hanya bersifat teoritikal, tetapi turut boleh dijadikan asas kepada pembinaan tugas, rubrik, indikator penilaian

dan strategi pengajaran yang lebih autentik serta berorientasikan industri. Secara keseluruhannya, *Jadual 2* memperincikan bagaimana lima konstruk utama dalam kerangka konseptual boleh diterjemahkan kepada proses keputusan industri dan indikator penilaian autentik. Konstruk pengenalanpastian masalah dan pengumpulan maklumat menekankan keupayaan pelajar membina pemahaman awal terhadap situasi industri melalui penentuan skop masalah, pemboleh ubah kritikal dan maklumat teknikal yang diperlukan. Konstruk penilaian alternatif dan pemilihan keputusan pula memberi tumpuan kepada keupayaan pelajar membuat pertimbangan berasaskan bukti sebelum memilih penyelesaian yang sesuai. Seterusnya, konstruk perancangan pelaksanaan dan refleksi menekankan keupayaan pelajar merancang tindakan secara sistematik, mengurus sumber, berkolaborasi serta menilai semula keberkesanan keputusan yang dibuat. Pemetaan ini menunjukkan bahawa penilaian CPS-DM dalam TVET perlu menilai keseluruhan proses penyelesaian masalah, bukan sekadar hasil akhir tugas.

Jadual 2. Integrasi CPS dan pembuatan keputusan industri dalam penilaian TVET.

Konstruk Kerangka	Keputusan Industri Utama (Price & Wieman, 2023)	Indikator Pembelajaran & Penilaian Autentik	Asas Literatur Utama
1. Pengenalpastian dan Pentakrifan Masalah	Mengenal pasti kepentingan isu; Menetapkan matlamat, kriteria, dan kekangan; Mengenal pasti ciri penting sistem.	Pelajar mampu mendefinisikan skop masalah di bengkel, mengenal pasti pemboleh ubah kritikal, dan menetapkan objektif teknikal yang jelas.	(Price dan Wieman, 2023; Nagahi et al., 2021; Polya, 1945)
2. Pengumpulan dan Pentafsiran Maklumat	Menentukan jenis maklumat yang diperlukan; Merancang strategi pengumpulan data atau eksperimen.	Pelajar membina pengetahuan <i>Knowledge Acquisition</i> (KAC) melalui eksplorasi sistematik <i>Vary One Thing At a Time</i> (VOTAT), menilai kebolehpercayaan data teknikal, dan mengintegrasikan input industri.	(Alrababah et al., 2024; Nagahi et al., 2021)
3. Penilaian Alternatif dan Pemilihan Keputusan	Menetapkan andaian; Membuat kesimpulan berdasarkan bukti; Memilih penyelesaian terbaik di bawah ketidakpastian.	Pelajar membandingkan pelbagai alternatif teknikal menggunakan penaakulan berasaskan bukti <i>Knowledge Application</i> (KAP) dan melakukan "simulasi mental" untuk meramal kesan tindakan.	(Price dan Wieman, 2023; Nagahi et al., 2021; Simon et al., 1987)
4. Perancangan Pelaksanaan	Menetapkan keutamaan dan urutan tindakan; Mengenal pasti implikasi keputusan kepada pihak berkepentingan.	Pelajar merangka SOP yang sistematik, mengurus sumber/masa (Task Regulation), dan menunjukkan kolaborasi sosial dalam pembahagian tugas pasukan.	(Paeßens et al., 2023; Nagahi et al., 2021; Villarroel et al., 2020)
5. Refleksi dan Penambahbaikan	Menilai semula andaian dan strategi; Menilai keberkesanan, kualiti, dan kelestarian solusi.	Pelajar melakukan pertimbangan penilaian (Evaluative Judgement), memantau kemajuan secara iteratif, dan mencadangkan penambahbaikan berdasarkan maklum balas persekitaran.	(Price dan Wieman, 2023; Villarroel et al., 2020; Kolb, 1984)

Strategi penambahbaikan CPS dan pembuatan keputusan industri dalam TVET

Pengukuhan CPS dan pembuatan keputusan industri dalam TVET memerlukan pendekatan pengajaran dan penilaian yang lebih autentik, kontekstual dan berorientasikan industri. Strategi penambahbaikan ini penting kerana cabaran pekerjaan masa kini tidak lagi hanya menuntut penguasaan kemahiran teknikal, tetapi turut memerlukan keupayaan pelajar mengenal pasti masalah, mentafsir maklumat, menilai alternatif, membuat keputusan dan melakukan refleksi terhadap tindakan yang diambil. Oleh itu, strategi yang dicadangkan perlu memberi penekanan kepada penggunaan situasi industri sebenar, pembelajaran berasaskan masalah dan projek, pengumpulan data teknikal, penilaian alternatif penyelesaian, serta refleksi terhadap keberkesanan keputusan yang dibuat. Dalam konteks ini, *Jadual 3* menunjukkan strategi penambahbaikan CPS dan pembuatan keputusan industri dalam TVET yang dibangunkan berdasarkan konstruk kerangka konseptual serta disokong oleh literatur berkaitan CPS, pembuatan keputusan industri, pembelajaran autentik dan pendidikan TVET. Di bawah konstruk Refleksi dan Penambahbaikan, konsep pertimbangan penilaian (evaluative judgement) boleh memperkukuh kebolehooperasian kerangka CPS-DM kerana pelajar bukan sahaja menunggu gred akhir daripada pensyarah, tetapi dilatih untuk menilai kualiti hasil kerja mereka sendiri secara berasaskan kriteria. Tai et al. (2018) menjelaskan bahawa pertimbangan penilaian merujuk kepada keupayaan membuat keputusan tentang kualiti kerja sendiri dan kerja orang lain. Dalam konteks TVET, keupayaan ini boleh dibangunkan melalui penggunaan rubrik, contoh kerja berkualiti, semakan sendiri, semakan rakan sebaya, log refleksi dan pembentangan justifikasi keputusan. Melalui strategi ini, pelajar dapat membandingkan hasil kerja mereka dengan standard industri, mengenal pasti kelemahan penyelesaian, menilai kesan keputusan teknikal dan mencadangkan penambahbaikan yang lebih realistik terhadap proses serta produk kerja.

Jadual 3. Strategi penambahbaikan CPS dan pembuatan keputusan industri dalam TVET.

Konstruk Kerangka	Strategi Penambahbaikan	Asas Literatur
Pengenalpastian dan Pentakrifan Masalah	Menggunakan senario industri sebenar seperti kerosakan mesin, isu kualiti produk, masalah keselamatan bengkel, gangguan proses kerja atau aduan pelanggan sebagai tugas pembelajaran. Strategi ini membantu pelajar memahami masalah dalam konteks sebenar, mengenal pasti pemboleh ubah kritikal dan menetapkan matlamat penyelesaian.	Nagahi et al. (2021) menekankan keperluan memahami masalah dalam sistem kompleks. Price dan Wieman (2023) pula menegaskan bahawa masalah autentik memerlukan pelajar menentukan maklumat, matlamat dan kekangan sebelum membuat keputusan.
Pengumpulan dan Pentafsiran Maklumat	Melatih pelajar mengumpul maklumat daripada pelbagai sumber seperti manual teknikal, data operasi, pemerhatian bengkel, bacaan alat ukur, laporan kerosakan dan maklum balas pengguna. Pelajar juga perlu dilatih menilai kesahihan dan kerelevanan maklumat.	Alrababah et al. (2024) menunjukkan bahawa CPS melibatkan pemerolehan pengetahuan atau Knowledge Acquisition sebelum pengetahuan diaplikasikan. Nagahi et al. (2021) turut mengaitkan CPS dengan keupayaan memahami hubungan antara elemen dalam sistem kompleks.
Penilaian Alternatif dan Pemilihan Keputusan	Menggunakan matriks keputusan atau rubrik perbandingan alternatif berdasarkan kos, masa, risiko, keselamatan, sumber, kebolegunaan dan keberkesanan teknikal. Pelajar perlu membuat justifikasi terhadap pilihan penyelesaian, bukan sekadar memilih jawapan akhir.	Price dan Wieman (2023) menekankan bahawa penyelesaian masalah autentik perlu dinilai berdasarkan keputusan yang dibuat sepanjang proses penyelesaian, termasuk menilai bukti, memilih strategi dan menentukan keberkesanan kaedah.
Perancangan Pelaksanaan	Meminta pelajar membina pelan tindakan, SOP ringkas, agihan tugas, jangka masa kerja, keperluan sumber dan kawalan risiko sebelum melaksanakan penyelesaian. Strategi ini boleh dilaksanakan melalui pembelajaran berasaskan projek, pembelajaran berasaskan kerja atau simulasi bengkel.	Mazlan et al. (2024) menegaskan bahawa pembelajaran berasaskan pekerjaan penting untuk menghubungkan kemahiran pelajar dengan tuntutan sebenar industri. Paeßens et al. (2023) pula menunjukkan bahawa penyelesaian masalah vokasional kompleks memerlukan pengawalan tugas, pembinaan pengetahuan dan kolaborasi.

Refleksi dan Penambahbaikan	Menggunakan log refleksi, laporan pascatindakan, pembentangan justifikasi keputusan, semakan sendiri menggunakan rubrik dan semakan rakan sebaya selepas tugas selesai. Pelajar perlu dilatih melakukan pertimbangan penilaian (evaluative judgement) dengan membandingkan kualiti hasil kerja mereka dengan kriteria rubrik, contoh kerja berkualiti, standard industri dan maklum balas teknikal sebelum bergantung kepada gred akhir pensyarah.	Tai et al. (2018) menjelaskan bahawa pertimbangan penilaian membolehkan pelajar membuat keputusan tentang kualiti kerja sendiri dan orang lain. Alrababah et al. (2024) menunjukkan bahawa prestasi tinggi tidak semestinya menggambarkan strategi penyelesaian yang betul, maka proses refleksi diperlukan. Price dan Wieman (2023) turut menekankan keperluan menilai sama ada kaedah penyelesaian berkesan atau perlu disemak semula.
Kolaborasi dan Komunikasi Industri	Mengintegrasikan tugas berkumpulan, perbincangan teknikal, simulasi peranan industri, pembentangan kepada panel pensyarah atau industri, serta maklum balas daripada pakar bidang. Strategi ini penting kerana masalah industri lazimnya tidak diselesaikan secara individu semata-mata.	Paeßens et al. (2023) menunjukkan bahawa penyelesaian masalah vokasional kompleks melibatkan kemahiran kognitif dan sosial, termasuk penyertaan, pengambilan perspektif dan regulasi sosial.
Penyelarasan Kurikulum dan Penilaian dengan Industri	Menyemak semula tugas, rubrik dan hasil pembelajaran supaya lebih selari dengan keperluan industri semasa. Penilaian perlu menilai proses penyelesaian masalah, keputusan dan refleksi, bukan hanya produk akhir atau jawapan prosedural.	Mohd Rokeman dan Che Kob (2024) menegaskan bahawa penyampaian kurikulum TVET perlu diperkasa melalui semakan kurikulum, kaedah penyampaian sistematik, pemantauan dan kolaborasi industri. Said (2024) pula menunjukkan bahawa majikan menitikberatkan kemahiran teknikal, kreativiti, inovasi, integriti dan keupayaan menyelesaikan masalah.

Kesimpulan

Secara keseluruhannya, kajian ini membangunkan satu kerangka konseptual yang mengintegrasikan penyelesaian masalah kompleks dan pembuatan keputusan industri dalam konteks TVET. Berdasarkan sintesis literatur dan pemetaan konstruk, kajian ini menunjukkan bahawa pembangunan pelajar TVET tidak wajar tertumpu kepada penguasaan kemahiran teknikal dan prosedural semata-mata, sebaliknya perlu merangkumi keupayaan mengenal pasti masalah, mentafsir maklumat, menilai alternatif, membuat keputusan, merancang tindakan serta melakukan refleksi dan penambahbaikan dalam situasi kerja sebenar. Kerangka yang dicadangkan memberi sumbangan kepada pengukuhan penilaian autentik yang lebih kontekstual, berorientasikan industri dan selari dengan keperluan pekerjaan masa hadapan. Walau bagaimanapun, kajian ini masih bersifat konseptual dan belum melibatkan pengujian empirikal terhadap kebolegunaan kerangka dalam konteks sebenar Kolej Vokasional Malaysia. Oleh itu, kajian lanjutan dicadangkan untuk mengesahkan kerangka ini melalui pandangan pakar, pembangunan indikator yang lebih terperinci, pembinaan instrumen serta pengujian psikometrik. Kerangka ini berpotensi menjadi asas kepada pembangunan pendekatan pengajaran dan penilaian TVET yang lebih responsif, autentik dan relevan dengan tuntutan industri semasa dan masa hadapan.

Penghargaan

Penulis merakamkan penghargaan kepada Kumpulan Penyelidikan Universiti (KPU) Penilaian Pendidikan, Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia atas sokongan akademik dalam penyediaan artikel ini.

Konflik Kepentingan

Penulis mengesahkan bahawa tiada konflik kepentingan yang terlibat dengan mana-mana pihak dalam kajian penyelidikan ini.

RUJUKAN

- [1] Alrababah, S.A., Wu, H., Molnár, G. (2024): A pilot study for measuring complex problem-solving in Jordan: Feasibility, construct validity, and behavior pattern analyses. – SAGE Open 14(2): 13p.
- [2] Azizan, M.F., Mohd Matore, M.E.E.M., Omar, M. (2025): A bibliometric analysis of complex problem-solving approaches in engineering education. – Journal of Applied Science, Engineering, Technology, and Education 7(1): 17-28.
- [3] Azizan, M.F., Mohd Matore, M.E.E.M. (2024): Complex problem-solving assessment: Key benefits for education system. – International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences 14(4): 796-812.
- [4] Dörner, D., Funke, J. (2017): Complex problem solving: What it is and what it is not. – Frontiers in Psychology 8: 11p.
- [5] Kolb, D.A. (1984): Experiential learning: Experience as the source of learning and development. – Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ 256p.
- [6] Mazlan, N.I., Mohd Ishar, M.I., Mohd Ariffin, M., Janius, N. (2024): Work-based learning methods in vocational colleges through practices based on Industrial Revolution 4.0. – Sains Humanika 17(1): 17-25.
- [7] Mohd Rokeman, N.R., Che Kob, C.G. (2024): Cabaran dan strategi memperkasa penyampaian kurikulum TVET di Malaysia: Tinjauan di Kolej Vokasional. – Jurnal Kebitaraan Pendidikan dan Kepimpinan 9: 13-34.
- [8] Nagahi, M., Maddah, A., Jaradat, R., Mohammadi, M. (2021): Development of perceived complex problem-solving instrument in domain of complex systems. – Systems 9(3): 24p.
- [9] Paeßens, J., Ma, B., Winther, E. (2023): Effectiveness of collaboration in VET: Measuring skills for solving complex vocational problems with a multidimensional authentic technology-based assessment. – International Journal for Research in Vocational Education and Training 10(1): 46-67.
- [10] Polya, G. (1945): How to solve it: A new aspect of mathematical method. – Princeton University Press, Princeton, NJ 224p.
- [11] Price, A., Wieman, C. (2023): Assessing complex problem-solving skills through the lens of decision making. – In: Foster, N., Piacentini, M. (eds.) Innovating Assessments to Measure and Support Complex Skills, OECD Publishing, Paris 26p.
- [12] Said, A. (2024): Kualiti dan kebolehpasaran graduan Kolej Vokasional: Satu kajian kes. – International Journal of Future Education and Advances 1(1): 137-149.
- [13] Salleh, N.N.H.M., Puteh, S. (2017): A review of the 21st century skills in technical vocational education and training (TVET). – Advanced Science Letters 23(2): 1225-1228.
- [14] Simon, H.A., Dantzig, G.B., Hogarth, R., Plott, C.R., Raiffa, H., Schelling, T.C., Shaples, K.A., Thaler, R., Tversky, A., Winter, S. (1987): Decision making and problem solving. – Interfaces 17(5): 11-31.
- [15] Tai, J., Ajjaw, R., Boud, D., Dawson, P., Panadero, E. (2018): Developing evaluative judgement: Enabling students to make decisions about the quality of work. – Higher Education 76(3): 467-481.
- [16] Villarroel, V., Boud, D., Bloxham, S., Bruna, D., Bruna, C. (2020): Using principles of authentic assessment to redesign written examinations and tests. – Innovations in Education and Teaching International 57(1): 38-49.

- [17] World Economic Forum (2025): The future of jobs report 2025. – World Economic Forum, Geneva, 290p.
- [18] Zahari, Z., Omar, M.K. (2021): Pendekatan kebolehsuaian kerjaya dalam kalangan pelajar Kolej Vokasional di Selangor. – Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities 6(1): 52-60.