

## Inovasi *Smart Welding Jig* (SWJ) Bagi Kursus Kimpalan

Suhana binti Naziran<sup>1,a</sup>, Mohd Norazlinshah bin Mohd Salleh<sup>1,b</sup>, Zuraini binti Ismail<sup>1,c</sup>, Noor Adlina binti Ibrahim<sup>1,d,\*</sup>

<sup>1</sup>Pusat Latihan Pengajar dan Kemahiran Lanjutan (CIAST), Jalan Petani 19/1,  
40300 Shah Alam, Selangor, MALAYSIA

Email: <sup>a</sup>suhana@ciastr.gov.my, <sup>b,\*</sup>mnorazlinshah@ciastr.gov.my, <sup>c</sup>zuraini.ismail@ciastr.gov.my.com, <sup>d</sup>nooradlina@ciastr.com

Received Oktober 2023;  
Accepted November 2023;  
Available online December  
2023

**Abstrak (Malay):** Jig memainkan peranan penting dalam meningkatkan proses pembuatan dengan memastikan ketekalan, ketepatan dan kebolehulangan. Fungsi utama jig adalah untuk memegang benda kerja dalam kedudukan yang telah ditetapkan dan memberi panduan kepada alat atau mesin yang digunakan dalam pelbagai proses pengeluaran. Projek inovasi ini berkaitan dengan reka bentuk dan fabrikasi jig untuk kegunaan sesi pengajaran dan pembelajaran di Bengkel Kimpalan, CIAST. *Smart Welding Jig* (SWJ) dibangunkan secara *in-house* di Bengkel Kimpalan, Program Pembangunan Pengajar Kemahiran (PPK), CIAST bagi meningkatkan keberkesanan latihan yang menfokuskan kepada proses penetapan 27 posisi kimpalan yang diperlukan pada benda kerja. Pembangunan projek ini menumpukan kepada tiga aspek utama iaitu analisa keperluan, reka bentuk modul, dan pengujian. Pemerhatian proses kerja kimpalan di bengkel dan maklumbalas daripada personel berkaitan digunakan sebagai elemen rujukan dan penambahbaikan dalam projek. Implikasi utama projek ini dapat dilihat dalam penjimatan masa dan peningkatan produktiviti proses pengimpalan. Secara keseluruhannya, penggunaan SWJ dapat meningkatkan keberkesanan dan kecekapan pelaksanaan latihan bagi kursus kimpalan melalui penggunaan secara langsung.

**Kata Kunci:** *Smart Welding Jig* (SWJ), posisi kimpalan, kursus kimpalan

**Abstract:** *Jigs play an important role in improving the manufacturing process by ensuring consistency, accuracy and repeatability. The main function of the jig is to hold the workpiece in a predetermined position and guide the tool or machine used in various production processes. This innovation project is related to the design and fabrication of a jig for use in teaching and learning sessions at the Welding Workshop, CIAST. The Smart Welding Jig (SWJ) was developed in-house at the Welding Workshop, Skills Instructor Development Program (PPK), CIAST to improve the training effectiveness that focuses on the process of setting the 27 required welding positions of the workpiece. The development of this project focuses on three main aspects, namely requirements analysis, module design, and testing. Observation of the welding work processes in the workshop and feedback from related personnel were used as reference elements and improvements in the project. The main implications of this project can be seen in saving time and increasing the productivity of the welding process. Overall, the use of SWJ can increase the effectiveness and efficiency of training execution in welding courses through direct use.*

**Keywords:** *Smart Welding Jig* (SWJ), welding positions, welding course

### 1. Pengenalan

Kimpalan merupakan proses pencantuman sesuatu bahan dengan bahan lain menggunakan bahan khas sebagai pengikatnya. Ianya melibatkan pencairan bahan pengikat menggunakan haba bagi proses pencantumannya. Secara amnya, bagi pelaksanaan proses kimpalan, beberapa kaedah kimpalan boleh digunakan antaranya menggunakan nyalaan api, tenaga elektrik voltan tinggi, sinaran laser, pancaran elektron, kimpalan geseran dan ultrabunyi.

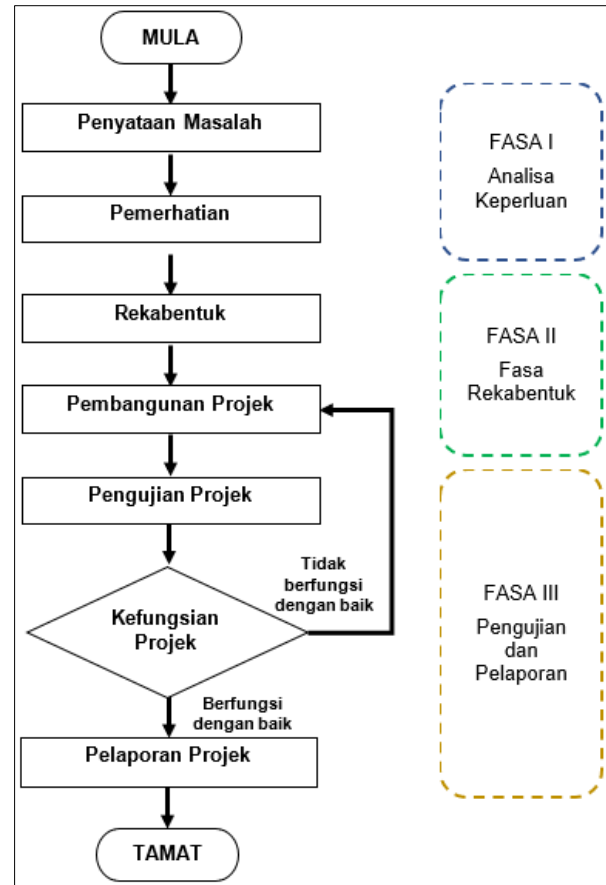
Aplikasi kimpalan boleh dijalankan pada persekitaran yang berbeza sama ada pada struktur tinggi atau dalam air. Dalam keadaan tertentu semasa mengimpal, benda kerja tidak boleh diubah kedudukan. Dalam hal ini pengimpal perlu menyesuaikan operasi kimpalan ke kedudukan kimpalan yang mudah dan berkesan. Kedudukan kimpalan dikelaskan sebagai satah, mendatar, menegak dan atas. Pada asasnya, kedudukan kimpalan memberi kesan terhadap produktiviti dan kemudahan operasi kimpalan.

Jig merupakan alat yang digunakan untuk memegang benda kerja pada kedudukan tertentu supaya proses kerja

\*Corresponding author: [mnorazlinshah@ciastr.gov.my](mailto:mnorazlinshah@ciastr.gov.my)

mekanikal dapat dilaksanakan dengan betul mengikut standard yang ditetapkan. Jig juga merupakan komponen bebas yang diikat pada meja mesin untuk memegang benda kerja (Tan, 2015; I H Mulyadi, 2019). Dalam pembinaan jig, ianya perlu dilengkapi dengan sistem pengapit yang cukup kuat untuk menahan daya semasa operasi tanpa merosakkan permukaan benda kerja. Alat ini juga seharusnya dapat memebang benda kerja dalam kedudukan yang sepatutnya. (Mohd Sallehin Jusoh, 2021). Semasa proses kimpalan, ia akan menghasilkan percikan yang cukup panas untuk mencairkan bahan takat lebur rendah seperti aluminium. Selain itu, percikan diperlukan kerana ia membantu mewujudkan sambungan yang baik antara benda kerja. Oleh itu, jig kimpalan harus dapat menahan haba yang dihasilkan oleh percikan supaya ia dapat bertahan lama (Ninshu Ma, 2015).

Kursus kimpalan merupakan salah satu kursus teknikal yang ditawarkan di CIAST dan terbahagi kepada dua kategori iaitu kursus jangka panjang dan kursus jangka pendek. Bagi kursus jangka panjang, ia menawarkan persijilan Sijil Kemahiran Malaysia Tahap Tiga (SKM 3), Diploma Kemahiran Malaysia (DKM) dan Diploma Lanjutan Kemahiran Malaysia (DLKM) yang mana tempoh kursus adalah dari satu tahun setengah hingga dua tahun setengah. Manakala kursus jangka pendek pula melibatkan peserta kursus dari pusat latihan kemahiran dan pekerja industri di mana tempoh kursus adalah antara lima hingga sepuluh hari bekerja. Kumpulan sasaran untuk kursus jangka pendek ialah pengajar kimpalan, pekerja kimpalan, kakitangan penyelenggaraan dan kakitangan Jaminan Kualiti/Kawalan Kualiti (QAQC). Semasa mengikuti latihan di CIAST, pelatih ataupun peserta kursus akan dilatih untuk mencapai kompetensi dalam melaksanakan tugas kimpalan bagi jenis kimpalan yang telah ditetapkan.



Rajah 1: Carta Alir Metodologi dan Proses Pelaksanaan Projek

## 2. Metodologi

Bahagian ini menerangkan kaedah dan pendekatan yang digunakan untuk memenuhi objektif projek. Peringkat awal melibatkan kajian terhadap aplikasi jig kimpalan dan juga reka bentuk jig kimpalan sedia ada yang telah digunakan di kebanyakan institut. Huraian dalam bahagian ini menumpukan kepada tiga fasa kajian iaitu fasa analisa keperluan, fasa reka bentuk modul dan fasa pengujian selaras dengan carta alir seperti dalam Rajah 1.

### 2.1 Fasa Analisa Keperluan

Fasa analisa keperluan merangkumi pemerhatian bagi mengenal pasti pernyataan masalah terhadap keperluan latihan TVET bagi bidang kimpalan. Secara amnya, didapati keperluan latihan TVET bagi bidang kimpalan menasarkannya kepada kaedah operasi kimpalan yang lebih efektif, mudah dan efisien. Bagi tujuan ini, sesi pemerhatian proses kerja di bengkel kimpalan dilaksanakan dari masa ke masa untuk mendapatkan maklumat lanjut berkaitan proses kerja kimpalan sedia ada dan maklumbalas daripada personel berkaitan bagi tujuan penambahbaikan. Kaedah operasi kimpalan yang melibatkan kedudukan semasa mengimpal mempunyai beberapa kekangan. Maklumat berkaitan kekangan operasi kimpalan dan amalan penyelesaian biasa yang dipraktikkan di bengkel adalah seperti di Jadual 1.

Jadual 1: Kekangan dan Amalan Penyelesaian Biasa bagi Operasi Kimpalan di Bengkel

Kekangan	Amalan Penyelesaian Biasa
Tidak boleh aplikasikan bagi semua 27 kedudukan mengimpal.	Menggunakan peralatan tambahan seperti roller, angular jig dan sebagainya. Masa tambahan diperlukan.
Kesukaran untuk menyelaraskan meja/jig pada posisi yang dikehendaki.	<i>Tack and remove</i> benda kerja menggunakan pencanai pada meja jig. Perlukan masa dan wujud risiko kerosakan pada benda kerja dan meja jig.
Pengapit sedia ada tidak mampu menampung beban benda kerja dan berbahaya dari segi reka bentuknya yang tajam.	Perlukan pengapit tambahan. Perlukan masa tambahan dan wujud risiko bahaya kepada objek tajam.
Kesukaran untuk mengalihkan dari satu kedudukan ke kedudukan lain.	Perlu mengangkat jig menggunakan keupayaan sedia ada (tenaga manusia).

**2.2 Fasa Reka Bentuk**

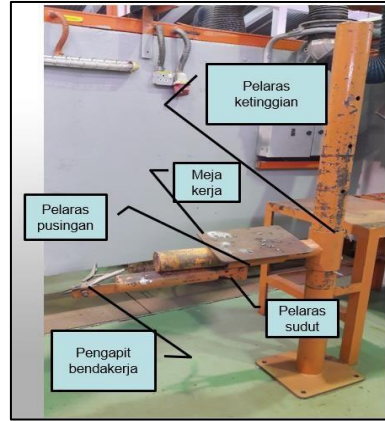
Fasa reka bentuk dimulakan dengan menyediakan plan tindakan bagi memenuhi kehendak utama projek dan keperluan hasil kerja untuk analisa lanjut. Antara faktor yang diambil kira dalam fasa reka bentuk adalah mobiliti dan fleksibiliti aplikasi produk agar dapat digunakan dengan mudah, efektif dan efisien. Inovasi dalam reka bentuk dan pembangunan jig kimpalan tersebut memfokuskan kepada penambahbaikan terhadap reka bentuk jig kimpalan sedia ada serta menyasarkan potensi keupayaan menyokong aplikasi tugas mengimpal bagi semua 27 posisi kimpalan seperti maklumat di Jadual 2.

**Jadual 2: Posisi Kimpalan**

JENIS SAMBUNGAN	KEDUDUKAN MENGIMPAL	BILANGAN KEDUDUKAN
<i>Butt weld in plate</i>	1G, 2G, 3G uphill, 3G downhill, 4G	5
<i>Butt weld in pipe</i>	1G, 2G, 5G uphill, 5G downhill, 6G, 6GR	6
<i>Fillet weld (pipe to solid round bar)</i>	1G, 2G, 5G uphill, 5G downhill, 6G, 6GR	6
<i>Fillet weld in plate</i>	1F, 2F, 3F uphill, 3F downhill, 4F	5
<i>Fillet weld (pipe to plate)</i>	2FR, 2F, 4F, 5F uphill, 5F downhill	5
<b>JUMLAH</b>		<b>27</b>

Proses ini dibuat dengan cara menggabungkan semua aksesori yang diperlukan seperti *roller jig*, *angular jig* dan sebagainya ke dalam satu peralatan utama. Antara komponen utama yang dibuat penambahbaikan adalah pelaras pusingan atau putaran yang membolehkan benda kerja dipusingkan mengikut posisi kimpalan yang dikehendaki. Pengapit dwitindakan dibuat bagi memastikan paip (benda kerja) yang dipegang dapat berputar pada satu paksi dan mengelak berlakunya gelongan. Kebergantungan kepada aksesori tambahan bagi memegang benda kerja dalam pelbagai posisi telah dihapuskan sepenuhnya. Penggunaan pengapit tambahan juga sudah tidak lagi diperlukan memandangkan SWJ sendiri sudah mempunyai pengapit dwitindakan yang cukup kuat bagi menampung beban berat. Selain itu, kesan dari kerja-kerja *tack and remove weld* juga berjaya dielakkan.

Jig kimpalan sedia ada yang digunakan di kebanyakan bengkel kimpalan adalah seperti Rajah 2. Jig berkenaan dibangunkan dengan gabungan komponen seperti pelaras ketinggian, pelaras pusingan, pelaras sudut pengapit benda kerja dan meja kerja asas. Namun demikian, terdapat beberapa elemen yang perlu ditambahbaik bagi meningkatkan kecekapan penggunaannya yang membawa kepada reka bentuk dan pembangunan *Smart Welding Jig* (SWJ).



**Rajah 2: Jig Sedia Ada dan Komponennya**

**2.2.1 Smart Welding Jig (SWJ)**

*Smart Welding Jig* (SWJ) seperti dalam Rajah 3 telah dibangunkan secara *in-house* di bengkel kimpalan, Program Pembangunan Pengajar Kemahiran (PPK), CIAST. Kumpulan reka bentuk telah membuat hipotesis, melaksana dan merekod semua keputusan yang berkaitan dengan projek ini. SWJ direka bentuk bagi memudahkan proses pengajaran dan pembelajaran di samping dapat meningkatkan kecekapan pelaksanaan latihan melalui penjimatan masa bagi proses penetapan benda kerja pada posisi yang diperlukan.



**Rajah 3: Smart Welding Jig (SWJ)**

Antara fungsi SWJ adalah untuk memegang benda kerja dalam semua 27 posisi kimpalan yang diperlukan berbanding dengan jig kimpalan sedia ada yang hanya mampu memegang benda kerja pada beberapa posisi sahaja. Oleh itu, dengan terhasilnya SWJ yang membolehkan operasi kimpalan dapat dilaksanakan bagi semua posisi kimpalan telah menjadikan produk ini lebih fleksibel sekaligus menjimatkan masa. Inovasi ini berjaya mencapai objektif reka bentuk SWJ iaitu bagi menjimatkan ruang kerja sedia ada, penjimatan masa operasi kimpalan, meningkatkan kecekapan dan keselesaan pengguna, seterusnya penambahbaikan untuk menjadikan sesi pengajaran dan pembelajaran lebih efektif.

### 2.3 Fasa Pengujian

Fasa pengujian dalam konteks jig kimpalan melibatkan penilaian kefungsiannya, prestasi, dan ketepatan jig sebelum dan semasa penggunaannya dalam operasi kimpalan. Pengujian memastikan jig kimpalan memegang dan meletakkan benda kerja dengan berkesan, yang membawa kepada kimpalan yang tepat dan konsisten. Pelaksanaan fasa pengujian bagi SWJ melibatkan beberapa ujian penting.

Ujian Kesesuaian Komponen dilaksanakan selepas SWJ dihasilkan, di mana komponen individu seperti pengapit, pelaras ketinggian, pelaras sudut, pelaras putaran penyokong dan mobiliti pergerakan diuji untuk menilai kesesuaian, penjarangan dan kefungsiannya yang betul. Ujian ini penting bagi memastikan SWJ boleh memegang benda kerja dengan selamat seperti yang dikehendaki.

Pemerhatian berkaitan kesesuaian dan kedudukan benda kerja semasa proses pengimpalan dibuat dengan meletakkan dan mengapit benda kerja sebenar pada SWJ untuk memastikan kesesuaian dan penjarangan yang betul. Langkah ini bertujuan mengesahkan bahawa SWJ boleh memegang pelbagai saiz dan bentuk benda kerja dengan selamat.

Tempoh masa semasa menjalankan proses kimpalan direkodkan bagi mendapatkan perbezaan penggunaan masa di antara jig kimpalan sedia ada dengan SWJ. Ujian ini membantu menilai sejauh mana penggunaan masa dapat dioptimumkan bagi pelaksanaan sesi pengajaran dan pembelajaran bagi kursus kimpalan.

Sesi ujian ulangan dibuat dengan pelbagai benda kerja untuk memastikan konsistensi merentasi penggunaan berulang. Langkah ini bertujuan mengesahkan bahawa SWJ dapat mengekalkan ketepatan dan penjarangannya bagi benda kerja dan posisi kimpalan yang berbeza.

Sepanjang proses kimpalan dengan menggunakan SWJ dilaksanakan, maklum balas daripada personel diambil dan ianya merupakan maklumat penting yang boleh menggambarkan kesesuaian penggunaannya di bengkel kimpalan. Mereka boleh memberikan pandangan tentang kebolehgunaan, ergonomik dan sebarang isu yang dihadapi semasa operasi kimpalan.

Penggunaan SWJ bagi pengimpalan *plate* yang dilaksanakan di bengkel kimpalan, CIAST dapat dirujuk melalui Rajah 4. Rajah 5 pula menunjukkan penggunaan SWJ dalam pengimpalan paip.



Rajah 4: Penggunaan SWJ dalam Pengimpalan Plate



Rajah 5: Penggunaan SWJ dalam Pengimpalan Paip

Penambahbaikan berterusan terhadap SWJ diambil kira berdasarkan keputusan dan input daripada fasa pengujian. Penambahbaikan dibuat pada reka bentuk dan komponen SWJ serta prosedur operasi untuk meningkatkan prestasinya.

Secara ringkasnya, fasa pengujian melibatkan penilaian menyeluruh untuk memastikan SWJ boleh memegang, menjajarkan dan meletakkan benda kerja dengan berkesan untuk kimpalan yang tepat dan konsisten. Fasa ini adalah penting dalam menjamin kebolehpercayaan dan kefungsiannya jig dalam aplikasi kimpalan sebenar.

### 3. Keputusan dan Perbincangan

Penggunaan SWJ secara langsung dapat menjimatkan masa latihan. Perkara ini dapat dibuktikan melalui pemerhatian yang dibuat bagi proses kimpalan 1G seperti perincian dalam Jadual 3. Dengan penggunaan SWJ, penjimatan masa yang diperolehi bagi proses kerja kimpalan 1G ialah sebanyak 30 minit iaitu bersamaan 17.2 peratus.

Jadual 3: Masa Yang Diperlukan bagi Pelaksanaan Proses Kerja Kimpalan 1G

Proses Kerja Kimpalan	Masa (minit) menggunakan jig sedia ada	Masa (minit) menggunakan SWJ
Penyediaan bahan	60	60
Laras meja pada kedudukan kimpalan 1G	10	1
Menetapkan benda kerja pada jig	12	2
Pelaksanaan proses kimpalan 1G	60	60
Membuka benda kerja daripada jig setelah selesai proses kimpalan	12	1
Pemeriksaan hasil kimpalan ( <i>Visual check</i> )	20	20
<b>Jumlah masa</b>	<b>174 minit (2.9 jam)</b>	<b>144 minit (2.4 jam)</b>

Selain itu, penggunaan SWJ juga dinilai dari segi kecekapan dalam penghasilan projek kimpalan. Hasil daripada pemerhatian bagi jumlah masa penghasilan projek kimpalan asas adalah seperti dalam Jadual 4. Merujuk kepada data ujian tersebut, dapat disimpulkan bahawa dengan penggunaan SWJ, tambahan hasil projek yang dapat disiapkan dalam tempoh seminggu ialah sebanyak 2 projek iaitu peningkatan sebanyak 20 peratus berbanding menggunakan jig kimpalan sedia ada.

**Jadual 4: Masa Penghasilan Projek Kimpalan Asas**

Perkara	Pelaksanaan projek kimpalan menggunakan jig sedia ada	Pelaksanaan projek kimpalan menggunakan SWJ
Purata masa bagi penghasilan satu projek	2.85 jam	2.5 jam
Tempoh masa latihan seminggu	30 jam	30 jam
<b>Bilangan projek yang boleh disiapkan dalam tempoh seminggu</b>	<b>10 projek</b>	<b>12 projek</b>

Semasa sesi pengujian SWJ dilaksanakan, maklumbalas daripada peserta kursus dan pelatih berkenaan penggunaan SWJ dalam proses kimpalan juga direkodkan. Antara maklumbalas yang diterima adalah termasuk penggunaan yang selamat, penggunaan yang menjimatkan masa, menambah kecekapan sesi pengajaran dan pembelajaran serta mudah digunakan dan dikendalikan.

### 3.1 Impak Reka Bentuk

Secara amnya, pembangunan SWJ telah mencapai sasaran utama yang ditetapkan iaitu peningkatan kepuasan hati pelanggan yang dijangka akan memberi impak positif kepada kualiti dan produktiviti Latihan bagi kursus kimpalan. Antara ciri-ciri yang menggambarkan kelebihan yang terdapat dalam SWJ adalah seperti dalam Jadual 5.

**Jadual 5: Ciri-Ciri Berkaitan Kelebihan SWJ**

Ciri-ciri	Penerangan
Mudah alih dan mudah digunakan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Latihan boleh dilaksanakan di pelbagai lokasi</li> <li>• SWJ boleh dikendalikan oleh seorang pengendali</li> <li>• Mudah dibawa dan lebih fleksibel</li> <li>• Memegang benda kerja dalam semua posisi kimpalan yang diperlukan</li> <li>• Satu posisi untuk semua kedudukan mengimpal</li> </ul>
Penjimatan tenaga dan kos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengurangkan penggunaan tenaga bagi tujuan latihan</li> <li>• Menjimatkan kos pembelian alat sokongan khas lain secara berasingan</li> </ul>
Selamat digunakan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dapat mencegah kemalangan dengan pemegangan benda kerja yang lebih kemas dan kukuh</li> <li>• Risiko berlakunya kemalangan lebih rendah dan keselamatan bengkel mudah dipantau semasa sesi pembelajaran</li> </ul>

## 4. Kesimpulan

SWJ merealisasikan penghasilan jig yang kompak, fleksibel dan menjimatkan ruang kerja serta mudah dikendalikan bagi melaksanakan tugas-tugas mengimpal pada kedudukan kimpalan yang diperlukan bagi memenuhi kehendak latihan dan situasi kerja kimpalan sebenar. Penggunaan SWJ juga dapat menjimatkan masa bagi melaksanakan kerja-kerja memasang dan menetapkan benda kerja pada kedudukan yang diperlukan, sekaligus dapat menjimatkan masa untuk penghasilan produk kimpalan atau menyiapkan kerja-kerja kimpalan.

Secara amnya, penggunaan SWJ memberi impak positif yang ketara kepada pelanggan, meningkatkan kecekapan sumber manusia serta dapat memanfaatkan keupayaan teknologi terkini dalam pelaksanaan kursus kimpalan. Secara khususnya, SWJ dapat mewujudkan sesi pengajaran dan pengajaran yang lebih efektif dan meningkatkan kecekapan pelaksanaan latihan. Namun demikian, masih ada ruang penambahbaikan yang boleh dibuat bagi inovasi ini di masa akan datang, contohnya dalam aspek mekanisasi daripada manual kepada semi-auto atau penggabungan sistem yang dapat memberi nilai tambah kepada SWJ.

### Penghargaan

Jutaan penghargaan kepada Pengarah Pusat Latihan Pengajar dan Kemahiran Lanjutan (CIAST), Program Pembangunan Pengajar Kemahiran (PPK), Bengkel Kimpalan dan individu yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam penghasilan projek *Smart Welding Jig* (SWJ).

### Rujukan

- I H Mulyadi, N. T. (2019). Designing of welding jig for productivity improvement and cost-savings in thresher's cover assembly: A Case Study on CV Citra Dragon Assembly Plant. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- Mohd Sallehin Jusoh, M. F. (2021). Merekabentuk Meja Kimpalan Pelbagai Fungsi Dengan Lekapan. *International Journal of Advanced Research in Engineering Innovation*, Vol. 3, No. 1, 63-73.
- Ninshu Ma, H. H. (2015). Effect of jig constraint position and pitch on welding deformation. *Journal of Materials Processing Technology*, 221:154-162.
- Tan, C. M. (2015). *Design and development of welding jig*. Faculty of Mechanical Engineering, Universiti Malaysia Pahang.