

Kajian Keberkesanan Pembangunan Prototaip Mesin Pengacuan Suntikan Plastik (Injection Moulding) Untuk Demostrasi Kursus Bengkel di Politeknik Merlimau Melaka

Nor Azrin Binti Nozmi¹, Jannatunnaim Binti Harun¹, Nasrah Binti Mahmud¹

¹Jabatan Kejuruteraan Mekanikal (JKM), Politeknik Merlimau Melaka, 77300 Merlimau, Melaka.

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

Abstrak

Kajian ini dijalankan bagi menilai keberkesanan pembangunan sebuah mesin pengacuan suntikan bersaiz kompak (skala kecil) sebagai alat bantu pengajaran untuk demonstrasi kursus bengkel khususnya DJF41042 - Manufacturing Workshop Practice 3 di Politeknik Merlimau Melaka. Ketiadaan mesin pengacuan suntikan berskala industri di Politeknik ini telah menjejaskan keupayaan pelajar untuk memahami konsep dan operasi sebenar teknologi pemprosesan plastik yang penting bagi keperluan kerjaya mereka di sektor pembuatan. Justeru, sebuah mesin kompak atau berskala kecil dibangunkan sebagai alternatif yang boleh digunakan untuk tujuan demonstrasi secara langsung di dalam kelas atau bengkel. Kajian ini melibatkan kaedah soal selidik dan pemerhatian ke atas pelajar yang mengikuti kursus berkaitan, bagi mengukur tahap kefahaman mereka sebelum dan selepas pendedahan kepada penggunaan mesin tersebut. Hasil kajian menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam pemahaman pelajar terhadap prinsip operasi, komponen utama dan aplikasi industri mesin pengacuan suntikan. Pembangunan mesin kompak ini bukan sahaja menjimatkan kos, malah membolehkan pelajar mengalami simulasi amali yang lebih realistik berbanding kaedah pengajaran konvensional seperti video atau nota bergambar. Dapatan ini menyokong penggunaan mesin berskala kecil sebagai penyelesaian efektif dalam menghadapi kekangan fasiliti di institusi pendidikan teknikal, khususnya di Politeknik Merlimau Melaka.

Keywords: *Mesin, Pengacuan Suntikan, Plastik proses, resin.*

1.0 Pendahuluan

Dalam era yang semakin berkembang dengan pesat dalam bidang teknologi, pembelajaran yang berfokus pada aplikasi praktikal menjadi semakin penting dalam mempersiapkan pelajar untuk keperluan industri yang semakin kompleks. Teknologi pengacuan suntikan plastik merupakan salah satu proses penting dalam industri pembuatan moden. Ia digunakan secara meluas dalam penghasilan komponen plastik untuk pelbagai sektor seperti automotif, elektronik, dan peralatan pengguna. Namun, di Politeknik Merlimau Melaka, mesin pengacuan suntikan sedia ada telah dilupuskan baru-baru ini dan permohonan untuk mesin baharu telah dikemukakan dalam RMK ke-12, namun perolehan tersebut dijangka mengambil masa. Dalam tempoh menunggu penerimaan mesin baharu, pelajar yang mengikuti kursus berkaitan tidak dapat melihat atau memahami secara langsung proses pengacuan suntikan. Ini menjejaskan kefahaman mereka terhadap operasi sebenar mesin dan proses pembuatan plastik, yang merupakan kemahiran penting dalam bidang kejuruteraan pembuatan. Oleh itu, pembangunan prototaip mesin pengacuan suntikan berskala kecil diambil sebagai langkah alternatif untuk tujuan pengajaran dan pembelajaran.

1.1 Penyataan Masalah

Projek pembangunan mesin pengacuan suntikan bertujuan untuk mengatasi isu utama yang terdapat dalam proses pengajaran dan pembelajaran. Ketiadaan mesin pengacuan suntikan yang berfungsi di bengkel telah menjejaskan keupayaan pelajar untuk memahami konsep, prinsip dan operasi sebenar teknologi tersebut. Kaedah pengajaran konvensional secara teori atau video semata-mata tidak mencukupi untuk memberi gambaran sebenar tentang proses pembuatan plastik malah pelajar sebenarnya lebih berminat untuk melihat secara langsung proses tersebut. Hal ini boleh mengakibatkan ketidakseimbangan antara teori dan aplikasi praktikal dalam pembelajaran. Oleh itu, pembangunan prototaip mesin ini bertujuan untuk menjadi alat bantu pengajaran sementara yang praktikal dan efektif.

1.2 Objektif

Berikut adalah objektif kajian yang telah dijalankan berkaitan tajuk.

1. Menganalisis perbezaan pencapaian pelajar sebelum dan selepas menggunakan mesin pengacuan suntikan plastik sewaktu demonstrasi kursus bengkel.
2. Menilai keberkesanan penggunaan prototaip mesin dalam meningkatkan kefahaman pelajar dan kemudahan kepada pengajar terhadap proses pengacuan suntikan.
3. Memberi cadangan penambahbaikan terhadap penggunaan prototaip dalam sesi pengajaran teknikal.

1.3 Kepentingan Kajian

Kajian ini penting dalam memastikan kesinambungan proses pengajaran dan pembelajaran dalam kursus berkaitan pengacuan plastik di politeknik. Ia juga membuktikan bahawa pendekatan pembangunan dalaman mampu menyediakan penyelesaian sementara yang efektif dan kos rendah.

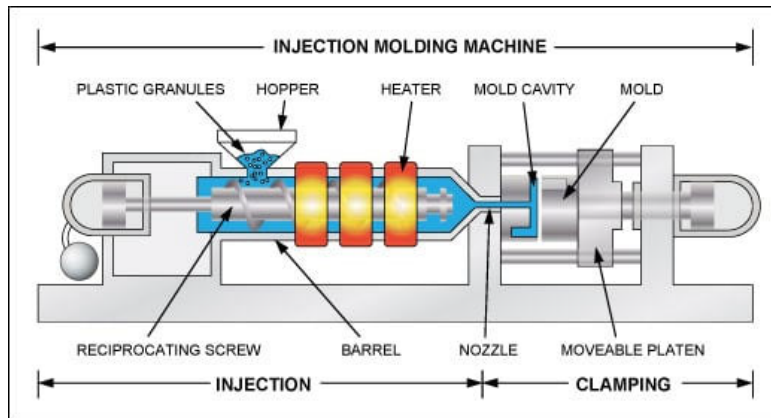
1.4 Skop kajian

Kajian ini melibatkan pelajar semester empat dalam program Diploma Kejuruteraan Mekanikal (Pembuatan) yang mengambil kursus DJF41042 - Manufacturing Workshop Practice 3 melibatkan amali pemprosesan plastik dan pengajar yang terlibat dalam PDP amali kursus ini. Prototaip digunakan dalam sesi demonstrasi dan keberkesanan dinilai melalui soal selidik dan ujian kefahaman.

2.0 Kajian Ilmiah

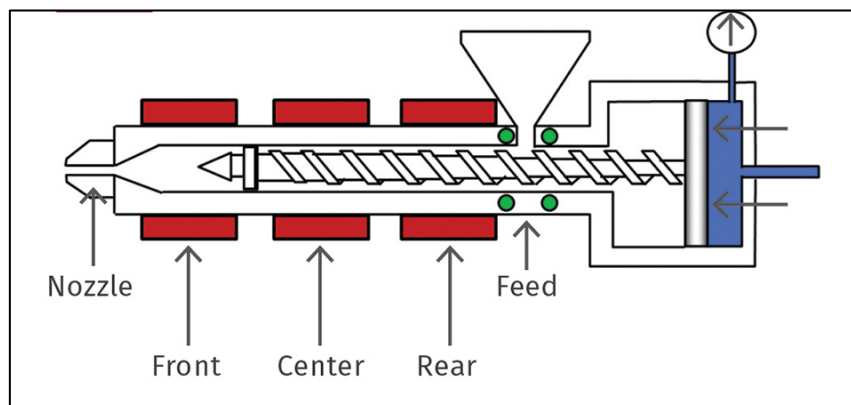
2.1 Teknologi Pengacuan Suntikan Plastik

Proses pembuatan plastik merangkumi pelbagai sistem atau kaedah, bergantung kepada kesesuaian produk, jumlah pengeluaran yang diperlukan, dan yang paling utama ialah kos yang mampu ditanggung untuk proses tersebut. Antara proses pembuatan plastik yang lazim digunakan termasuklah Proses Pengacuan Suntikan (Injection Moulding), Pengacuan Tiupan (Blow Moulding), Pengacuan Penyemperitan (Extrusion Moulding), Pengacuan Pusingan (Rotational Moulding), serta Pengacuan Tekanan (Compression Moulding). Pengacuan suntikan merupakan proses pembuatan yang memanaskan plastik termoplastik dan menyuntikinya ke dalam acuan untuk membentuk komponen tertentu. Proses ini merangkumi fasa pemanasan, penyuntikan, penyejukan dan pengeluaran produk. Dalam sistem Kawalan Utama Mesin Pengacuan Suntikan seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1, terdapat tiga bahagian utama yang perlu dikawal, iaitu Sistem Tekanan Pengapitan (Clamping Force System), Sistem Penyuntikan (Injection System), dan Sistem Kawalan Mesin (Machine Control System). Sistem Tekanan Pengapitan berfungsi sebagai penggerak acuan yang diikat pada mesin platen. Pergerakan acuan (Mold) disokong oleh sistem hidraulik yang besar atau sistem hidraulik kecil yang menggunakan kaedah mekanikal toggle (Udit Mamodiya et al. 2014). Sistem ini juga berperanan menahan acuan daripada terbuka semasa proses penyuntikan bahan leburan dijalankan. Setelah proses selesai dan bahan menjadi pepejal, sistem ini turut membantu dalam membuka acuan serta mengeluarkan produk yang telah siap.



Rajah 1: Kawalan utama mesin pengacuan suntikan

Rajah 1 menunjukkan setiap zon kawalan suhu bagi mesin pengacuan suntikan. Terdapat empat zon suhu yang dikawal dalam unit suntikan, iaitu zon belakang, zon tengah, zon depan dan zon muncung (nozzle). Unit suntikan direka bentuk supaya bahan plastik melalui keempat-empat zon tersebut, dan dipanaskan secara beransur-ansur semasa bergerak melalui silinder pemanasan. Suhu biasanya lebih rendah di zon belakang dan meningkat secara bertahap ke arah zon depan. Zon muncung (nozzle) pula dikekalkan pada suhu yang sama atau hampir sama dengan zon depan. Walau bagaimanapun, kadar suhu ini perlu disesuaikan mengikut jenis bahan plastik dan bentuk produk yang dihasilkan. Haba di dalam silinder (barrel) berfungsi untuk meleburkan bahan plastik (resin), dan sebarang perubahan pada tetapan parameter boleh menjejaskan kualiti serta reka bentuk produk akhir. Unit kawalan suhu tidak mengukur suhu sebenar bahan plastik, sebaliknya ia mengukur suhu pada permukaan barel pemanasan (Charpe et al., 2015). Suhu barel mesti diselaraskan lebih tinggi daripada suhu lebur plastik bagi memastikan bahan menerima haba yang mencukupi semasa pergerakan pantas melalui silinder, sebelum disuntik ke dalam acuan.



Rajah 2: Zon Pemanasan bagi mesin pengacuan suntikan

Terdapat beberapa bahagian penting perlu dititikberatkan dalam pembangunan mesin prototaip pengacuan suntikan ini antaranya seperti prinsip kerja, jenis bahan plastik yang digunakan, rekabentuk acuan yang sesuai untuk proses suntikan, kawalan proses dari segi parameter operasi seperti suhu, tekanan, dan masa suntikan, risiko operasi iaitu keselamatan dan penyelenggaraan, dan akhir sekali adalah aplikasi industri dalam sektor perindustrian.

2.2 Penggunaan Alat Bantu Mengajar dalam membantu kemahiran teknikal (hands-on) pelajar

Gaya pembelajaran yang menekankan pemahaman melalui pergerakan atau tindakan memerlukan pendekatan pengajaran yang bersesuaian. Bagi memenuhi keperluan pelajar yang mempunyai kecenderungan pembelajaran kinestetik ini, para pendidik disarankan untuk menyediakan Alat Bantu Mengajar (ABM) yang tepat dan berkesan. Penggunaan ABM yang sesuai bukan sahaja dapat membantu menyampaikan maklumat dengan lebih berkesan, malah turut memberi manfaat kepada pelajar yang kurang cenderung kepada pembelajaran berasaskan visual atau auditori. Menurut kajian (Hazwan M, et. al., 2024), menyatakan bahawa pelajar TVET menunjukkan tahap kefahaman yang lebih tinggi apabila diberi pendedahan secara praktikal dan interaktif, berbanding kaedah teori semata-mata.

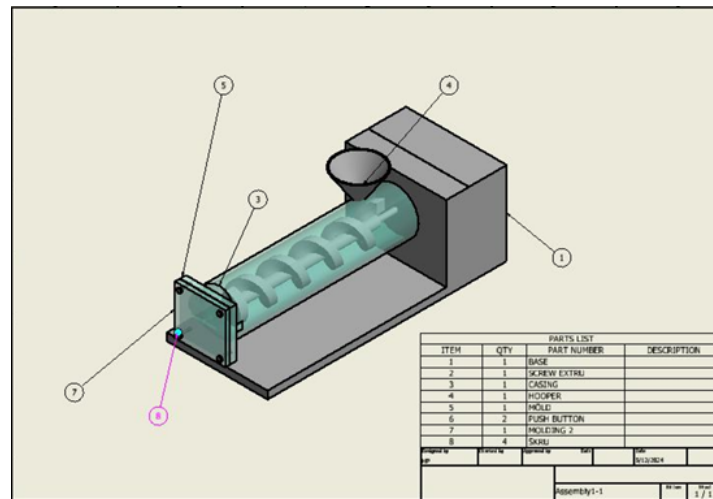
3.0 Metodologi Kajian

Kajian ini merupakan sebuah kajian berbentuk kuasi-eksperimen yang melibatkan kaedah ujian kefahaman pre-test terhadap kumpulan kawalan (tanpa menggunakan mesin prototaip) dan post-test terhadap kumpulan eksperimen (menggunakan mesin prototaip pengacuan suntikan). Reka bentuk ini bertujuan untuk menilai keberkesanan penggunaan mesin terhadap pemahaman pelajar dalam proses pengacuan suntikan plastik. Dalam kajian ini juga, dua jenis instrumen digunakan untuk mendapatkan maklumat dan data daripada responden, iaitu ujian kefahaman dan soal selidik persepsi pelajar dan pensyarah yang menggunakan mesin prototaip ini. Ujian kefahaman mengandungi 10 soalan objektif berkaitan konsep dan proses pengacuan suntikan plastik. Pre-test diberikan sebelum sesi pengajaran, dan post-test dijalankan selepas demonstrasi amali. Tujuan ujian ini adalah untuk mengukur perbezaan tahap kefahaman pelajar sebelum dan selepas penggunaan mesin. Kumpulan sasaran adalah terdiri daripada 40 orang pelajar Semester 4, Diploma Kejuruteraan Mekanikal (Pembuatan) yang mendaftar kursus DJF41042 - Manufacturing Workshop Practice 3, dan melibatkan 5 orang pengajar kursus tersebut. Soal selidik yang berkesan perlu disesuaikan dengan tahap kesediaan responden, mempunyai format instrumen yang sistematik, arahan yang jelas serta melalui proses ujian rintis sebelum digunakan. Instrumen soal selidik yang digunakan dalam kajian ini adalah untuk kumpulan eksperimen sahaja, yang terdiri daripada tiga bahagian, iaitu Bahagian A, Bahagian B dan Bahagian C. Item soal selidik ini akan menilai aspek seperti kemudahan penggunaan mesin, kefahaman selepas demonstrasi, reka bentuk mesin, dan keberkesanan pembelajaran praktikal. Data kemudian dianalisis secara statistik deskriptif untuk mengenal pasti perbezaan tahap kefahaman sebelum dan selepas pendedahan kepada prototaip.

4.0 Hasil dan Perbincangan

4.1 Hasil Pembangunan Prototaip

Prototaip berjaya dibangunkan dan berfungsi dengan baik dalam menunjukkan keseluruhan proses pengacuan suntikan plastik secara visual dan praktikal. Gambarajah 3 menunjukkan rekabentuk asas prototaip mesin pengacuan suntikan yang telah dibangunkan dan mesin boleh didemonstrasikan kepada pelajar.



Rajah 3: Lakaran penuh mesin pengacuan suntikan plastik

4.2 Analisis ujian kefahaman pre-test dan post-test

Kajian ini melibatkan dua ujian, iaitu pre-test bagi yang mengikuti pengajaran menggunakan mesin prototaip pengacuan suntikan dan post-test yang mengikuti pengajaran menggunakan kaedah konvensional (tanpa mesin prototaip). Set soalan objektif yang sama diberikan kepada kedua-dua Kumpulan eksperimen dan kawalan seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1. Jadual 2 menunjukkan purata skor bagi kedua-dua kumpulan tersebut.

Jadual 1: Soalan Objektif Pre-test dan post-test

Soalan Objektif	Pilihan Jawapan	Frekuensi (f) (Jawapan Tepat)	
		Pre-test	Post-test
1. Apakah fungsi utama skru dalam mesin pengacuan suntikan?	A. Menyejukkan plastik B. Menyuntik plastik cair C. Membentuk acuan D. Memanaskan plastik	21	37
2. Apakah keadaan bahan plastik semasa memasuki acuan?	A. Pepejal B. Separuh pepejal C. Cecair D. Gas	22	38
3. Suhu larut bahan termoplastik biasanya melebihi?	A. 50° B. 100° C. 200° D. 500°	10	32
4. Apakah nama bahagian yang menyejukkan plastik dalam acuan?	A. Hopper B. Nozel C. Cooling channel D. Barrel	33	40
5. Fungsi utama sistem pemanasan dalam mesin pengacuan suntikan adalah untuk?	A. Meningkatkan tekanan B. Meleburkan plastik C. Mengeringkan bahan D. Mencairkan logam	20	36

Jadual 2: Purata Skor Pre-Test dan Post-Test

Kumpulan	Min Pre-Test	Min Post Test	Perubahan Min
Eksperimen	8.20	13.85	+5.65
Kawalan	8.35	10.05	+1.70

Daripada Keputusan yang diperolehi ini, kumpulan eksperimen menunjukkan peningkatan skor yang lebih tinggi (+5.65) berbanding kumpulan kawalan (+1.70),

membuktikan kesan positif penggunaan mesin prototaip dalam pembelajaran. Ini menunjukkan bahawa penggunaan mesin pengacuan suntikan adalah berkesan dalam meningkatkan pemahaman pelajar terhadap konsep dan proses pengacuan plastik.

4.2 Analisis Keberkesanan Penggunaan Mesin Prototaip

Analisis soal selidik telah dijalankan ke atas 40 orang pelajar semester 4 yang mengikuti kursus DJF41042 - Manufacturing Workshop Practice 3 dan 5 orang pengajar kursus tersebut. Soal selidik kajian terbahagi kepada tiga bahagian iaitu Bahagian A: demografi, Bahagian B: pengetahuan asas Mesin Pengacuan Suntikan dan Bahagian C: persepsi pengajar berkenaan penggunaan alat bantu mengajar ini.

Bahagian A menerangkan mengenai maklumat demografi responden. Berikut merupakan item di Bahagian A antaranya adalah jantina, umur, bangsa, semester pengajian, dan sesi pembelajaran, dan kategori samada pengajar atau pelajar. Jadual 3 menunjukkan dapatan analisis deskriptif menggunakan nilai frekuensi (f).

Jadual 3: Analisis Deskriptif Demografi Responden

Maklumat Demografi		Frekuensi (f)
Jantina	Lelaki	34
	Perempuan	11
Umur	20 – 29	40
	30 - 39	2
	40 - 49	3
	Melayu	42
Bangsa	Cina	1
	India	2
Semester	IV	39
	V	1
Sesi Pengajian	1: 2024/2025	40
Kategori	Pengajar	5
	Pelajar	40

Pada Bahagian B merupakan pemboleh ubah untuk mengetahui tahap pengetahuan sedia ada responden sebelum dan semasa proses pengajaran dan pembelajaran (PDP) sewaktu amali dijalankan. Sebanyak 11 soalan ditanya bagi mengukur kefahaman pelajar sebelum dan selepas demonstrasi mesin prototaip dijalankan dan 5 soalan keberkesanan penggunaan mesin prototaip di kalangan pengajar. Nilai peratus digunakan untuk menganalisis data soal selidik persepsi bagi mengetahui tahap penerimaan dan pandangan pelajar terhadap mesin yang dibangunkan. Jadual 4 menunjukkan analisis deskriptif tahap pemahaman pelajar berkaitan kajian ini menggunakan nilai frekuensi (f) dan peratus setuju.

Jadual 4: Analisis pengetahuan asas responden sebelum dan pandangan responden semasa pengajaran dan pembelajaran semasa demonstrasi amali

Item (Bahagian B)		Frekuensi (f)	% Setuju/ Tidak Setuju
Objektif 1: Pengetahuan dan Pengalaman Semasa Demonstrasi Amali			
1. Saya mengetahui perkara asas berkaitan Mesin Pengacuan Suntikan Plastik	Setuju	38	95%
	Neutral	2	
	Tidak Setuju	0	
	Setuju	40	
2. Saya mengetahui komponen utama mesin	Neutral	0	100%
	Tidak Setuju	0	
3. Saya mengetahui langkah kerja proses pengacuan suntikan	Setuju	38	95%
	Neutral	2	

	Tidak Setuju	0	
	Setuju	35	
4. Saya mengetahui jenis-jenis produk yang boleh dihasilkan	Neutral	5	88%
	Tidak Setuju	0	
	Setuju	30	
5. Saya mengetahui parameter utama sistem kawalan mesin	Neutral	10	75%
	Tidak Setuju	0	
	Setuju	37	
6. Mesin pengacuan suntikan ini mudah digunakan semasa sesi pembelajaran.	Neutral	3	92%
	Tidak Setuju	0	
	Setuju	40	
7. Saya lebih memahami proses pengacuan suntikan setelah melihat demonstrasi menggunakan mesin ini.	Neutral	0	100%
	Tidak Setuju	0	
	Setuju	35	
8. Mesin ini membantu saya memahami konsep yang sukar difahami sebelum ini.	Neutral	5	88%
	Tidak Setuju	0	
	Setuju	40	
9. Penggunaan mesin ini menjadikan sesi pembelajaran lebih interaktif dan menyeronokkan.	Neutral	0	100%
	Tidak Setuju	0	
	Setuju	35	
10. Reka bentuk mesin adalah sesuai dan menarik untuk tujuan pembelajaran.	Neutral	3	88%
	Tidak Setuju	2	
	Setuju	40	
11. Saya mencadangkan penggunaan mesin ini diteruskan dalam sesi pengajaran akan datang.	Neutral	0	100%
	Tidak Setuju	0	
Objektif 2: Keberkesanan penggunaan mesin prototaip kepada pengajar (Diisi oleh Pengajar Sahaja)			
	Setuju	5	
1. ABM ini memudahkan pensyarah untuk memberi penerangan yang lebih jelas kepada pelajar	Neutral	0	100%
	Tidak Setuju	0	
	Setuju	5	
2. ABM ini dapat memudahkan pensyarah dalam bengkel	Neutral	0	100%
	Tidak Setuju	0	
	Setuju	5	
3. ABM ini mudah bagi pensyarah untuk melakukan sesi pembelajaran	Neutral	0	100%
	Tidak Setuju	0	
	Setuju	3	
4. pensyarah mudah memberi penerangan kepada pelajar	Neutral	2	60%
	Tidak Setuju	0	
	Setuju	5	
5. ABM ini dapat memudahkan pensyarah untuk mengajar	Neutral	0	100%
	Tidak Setuju	0	

Dapatan daripada Jadual 4 Bahagian B menunjukkan lapan daripada 16 item berkongsi nilai yang tertinggi. Item-item tersebut adalah pengetahuan komponen utama mesin, memahami proses pengacuan suntikan setelah melihat demonstrasi menggunakan mesin ini, penggunaan mesin ini menjadikan sesi pembelajaran lebih interaktif dan menyeronokkan, mencadangkan penggunaan mesin ini diteruskan dalam sesi pengajaran akan datang, ABM ini dapat memudahkan pensyarah dalam bengkel, ABM ini mudah bagi pensyarah untuk melakukan sesi pembelajaran, dan ABM ini dapat memudahkan pensyarah untuk mengajar.

5.0 Kesimpulan dan Cadangan

Secara keseluruhannya, keputusan soal selidik menunjukkan bahawa pelajar memberikan persepsi yang sangat positif terhadap penggunaan mesin prototaip dalam sesi pembelajaran:

- 98% pelajar bersetuju bahawa penggunaan mesin membantu mereka memahami proses pengacuan suntikan dengan lebih jelas.

- Item paling tinggi persetujuan ialah cadangan meneruskan penggunaan mesin (100% pelajar bersetuju).
- Purata skor keseluruhan ialah 4.48, menunjukkan tahap kepuasan dan keberkesanan yang tinggi dalam aspek penggunaan dan impak pembelajaran.

Penambahbaikan dari segi kawalan automasi dan keselamatan perlu dititikberatkan sebagai cadangan pada masa hadapan. Selain itu, prototaip mesin pengacuan suntikan ini boleh diperluaskan kepada kursus lain seperti rekabentuk acuan atau kursus Engineering Materials and Technology bagi memenuhi kehendak kursus. Pembangunan manual latihan khusus (SOP) juga boleh dikeluarkan untuk penggunaan mesin khususnya kepada pengajar yang baru pertama kali menggunakan mesin ini, bagi melancarkan proses kerja.

Rujukan

- Abu Bakar, R., & Samsudin, M. A. (2018). *Development of Educational Injection Moulding Machine for Vocational Institutions*. Malaysian Journal of Technical and Vocational Education, 8(2), 23–31.
- Bryman, A. (2016). *Social Research Methods* (5th ed.). Oxford University Press.
- Charpe, T. W., et al. (2015). *Injection Molding Handbook* (3rd ed.). Springer.
- Hassan, M. R., Abdul Rahman, S., & Zulkefli, M. N. (2020). *Application of Mini Injection Molding Machine in Polytechnic Teaching Environment*. Journal of Technical Education, 12(1), 45–52.
- Lee, C. K., & Mohd Yusof, R. (2021). *Small-Scale Prototyping for TVET Applications: Bridging the Gap Between Theory and Practice*. Asia-Pacific TVET Review, 7(2), 60–68.
- Ministry of Higher Education Malaysia. (2023). *Rolling Plan RMK-12: Equipment Replacement Guidelines*. Putrajaya: MOHE.
- Mohamad, S., & Zainal, N. (2019). *Effectiveness of Visual Demonstration in Engineering Education: A Case Study on Plastic Injection Moulding*. International Journal of Engineering Education, 35(4), 1011–1018.
- Norazlina, M. F., & Azman, H. (2022). *Hands-On Learning: Enhancing Student Understanding through Prototyping in Technical Education*. Journal of TVET, 10(1), 55–70.