

Pembangunan Mesin Acuan Suntikan Menegak Bagi Bahan Lilin

Nor Mahani Md Rasidi¹, Mohd Hairol Mizzam Haris, Zulkifli Hamzah,
Maisarah Husna Mohd Johan dan Atirah Binti Zahari

¹Jabatan Kejuruteraan Mekanikal, Politeknik Sultan Abdul Halim Muadzam Shah (POLIMAS),
Bandar Darulman, 06000 Jitra, Kedah, Malaysia.

Abstrak: Pengacuan suntikan merupakan salah satu proses dalam penghasilan produk berasaskan plastik. Proses ini bukan sahaja digunakan dalam industri pembuatan produk malah dijadikan sebagai topik pengajaran bagi kursus amali dan bengkel. Keperluan alat bengkel seperti mesin pengacuan suntikan amat penting terutama dalam kursus *DJC3032 Plastic Workshop Practice* yang ditawarkan kepada pelajar Diploma Kejuruteraan Mekanikal (Plastik) di Politeknik Sultan Abdul Halim Mu'adzam Shah (POLIMAS). Mesin suntikan sedia ada memerlukan pengendali yang berkompentensi serta memerlukan penyelenggaraan yang tinggi bagi sesuatu proses. Tempoh masa penyelenggaraan yang lama serta ketidakcekapan pengendalian mengakibatkan kerosakan pada mesin dan mengganggu proses pengajaran dan pembelajaran. Oleh itu, alat *Wax Vertical Injection Moulding* telah direka bentuk bagi melaksanakan proses pengacuan suntikan bagi bahan jenis lilin secara menegak. Dimensi reka bentuk alat adalah 408mm(P) x 408mm(L) x 801mm (T). Alat ini juga merangkumi pemegang (625mm(P) x 21mm(L); *hopper* (110mm(T) x 19mm(Ø); *plunger* (375mm(P) x 10mm(Ø); *barrel* (285mm(P) x 5mm(Ø); *nozel* (82mm (P)x5mm(Ø); gelung pemanas berkuasa 350 watt; dan sistem kawalan suhu dan tempoh masa. Sistem pengendalian alat adalah secara manual di mana gelung pemanas akan mencairkan bahan lilin yang terdapat pada bahagian *barrel* dan disuntik melalui *nozel* ke dalam acuan. Dengan adanya alat ini ia dapat meningkatkan tahap kefahaman mengenai teori dan prinsip kerja proses pengacuan suntikan sebelum pengendalian mesin sebenar dilaksanakan. Selain itu, alat ini juga boleh dijadikan sebagai alat bantu mengajar proses pengacuan suntikan dalam kursus amali dan bengkel.

Kata Kunci: *acuan suntikan, pengajaran dan pembelajaran, amali dan bengkel*

1.0 Pengenalan

Proses pengajaran dan pembelajaran merupakan perkara penting bagi memastikan para pelajar memahami dan mengikuti isi kandungan kursus yang disampaikan. Kaedah pengajaran yang baik ialah yang mempunyai langkah-langkah dan strategi yang tersusun serta objektif yang tepat dan boleh dicapai. Bagi kursus amali dan bengkel, beberapa kaedah pengajaran yang boleh digunakan iaitu tunjuk cara, simulasi, projek, memberi arahan, latihan tubi, sumbang saran, dan eksplorasi – penemuan.

Di Politeknik Malaysia, setiap pelajar Diploma Kejuruteraan Mekanikal Plastik didedahkan dengan amalan praktikal pemesinan dan peralatan dalam kursus amali dan bengkel pada setiap semester. Di antara kursus yang perlu diambil oleh pelajar pada semester 3 adalah kursus *DJC3032 Plastic Workshop Practice*. Dalam kursus ini pelajar dikehendaki melengkapkan pengetahuan dalam pengendalian mesin pembuatan plastik dengan prosedur yang betul serta mengetahui bahagian mesin dan kemahiran penyelenggaraan peralatan pemesinan. Salah satu topik pemesinan yang perlu dipelajari dalam kursus ini adalah pengacuan suntikan plastik.

Pengacuan suntikan plastik ialah salah satu proses yang digunakan dalam pembuatan produk plastik. Hampir 70 peratus produk plastik di pasaran menggunakan proses ini seperti telefon, komputer riba serta alat komponen kenderaan. Antara kelebihan utama proses ini adalah ianya mampu menghasilkan produk plastik yang berbentuk kompleks, permukaan produk yang cantik dan juga julat dimensi yang sangat tinggi. Konsep asas proses pengacuan suntikan ialah polimer plastik dimasukkan dalam mesin pengacuan suntikan plastik untuk dicairkan sehingga bertukar bentuk dari pepejal kepada bentuk cecair dan akhirnya disuntik ke dalam acuan besi untuk mendapatkan bentuk produk yang dikehendaki.

Dalam proses pengendalian pemesinan pengacuan suntikan, pemahaman teori dan konsep diperlukan bagi memudahkan pelaksanaan prosedur kerja. Terdapat empat elemen utama bagi teori dan konsep pengacuan suntikan iaitu bahagian mesin, penyelenggaraan acuan, operasi pemesinan dan organisasi kerja projek (State, 2010). Elemen ini memerlukan tahap kefahaman yang tinggi bagi

mengelakkan kesilapan dalam proses pengendalian mesin, pembaziran bahan plastik dan kerosakan peralatan pemesinan.

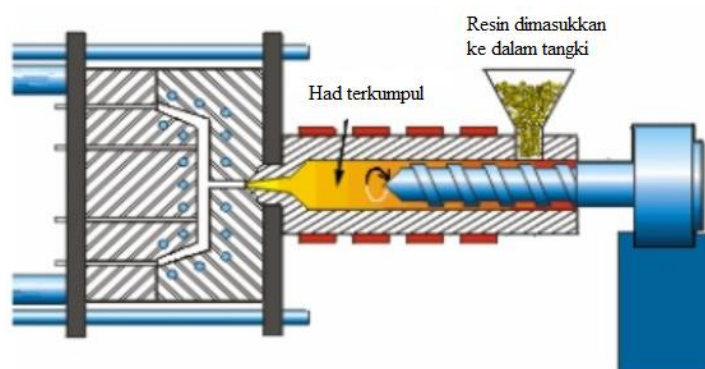
Bagi meningkatkan tahap kefahaman proses pengacuan suntikan di kalangan pelajar, kaedah pengajaran secara simulasi digunakan. Kaedah simulasi ialah situasi yang diwujudkan supaya menyerupai situasi sebenar tetapi dalam bentuk yang dipermudahkan, diringkaskan atau dikesilkan supaya masalah atau isu yang berkaitan lebih mudah diselesaikan. Ia bertujuan bagi meningkatkan kebolehan pelajar mengaplikasikan konsep-konsep tertentu dalam penyelesaian masalah. Salah satu alat bantu pengajaran bagi kaedah simulasi adalah prototaip alatan pemesinan.

Pembangunan prototaip alatan pemesinan pengacuan suntikan dapat dijadikan sebagai alat bantu mengajar dalam memudahkan proses pengajaran dan pembelajaran serta meningkatkan tahap kefahaman pelajar bagi topik berkenaan sebelum proses pengendalian pemesinan sebenar dilaksanakan. Di Politeknik Sultan Abdul Halim Mu'adzam Shah (POLIMAS), terdapat tiga jenis mesin pengacuan suntikan yang bertujuan sebagai proses pengajaran dan pembelajaran iaitu model *Battenfeld* (10 tan), *Niigata* (50 tan) dan *Sumitomo* (18 tan). Kesemua mesin merupakan mesin berskala industri, bersaiz besar, berat dan sukar dikendalikan serta memerlukan pemantauan dari pensyarah yang kompeten. Kekerapan penggunaan mesin juga menyebabkan beberapa kerosakan dan memerlukan penyelenggaraan alatan. Ini memerlukan tempoh yang lama dan mengakibatkan mesin tidak boleh digunakan bagi tujuan pengajaran dan pembelajaran. Ini menyebabkan kesukaran kepada pelajar untuk mempraktikkan amalan bengkel berkaitan proses acuan suntikan plastik. Kesukaran ini boleh memberi kesan impak terhadap pencapaian hasil pembelajaran kursus. Oleh itu, kajian ini memfokuskan kepada kajian reka bentuk sebuah prototaip mesin berskala kecil yang dapat mempraktikkan proses pemesinan acuan suntikan plastik sebagai alat bantu mengajar bagi kursus *DJC3032 Plastic Workshop Practice*.

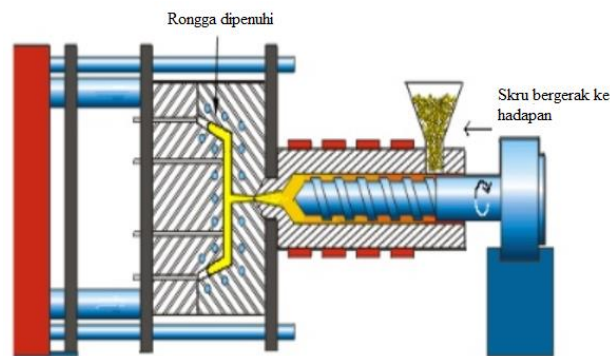
2.0 Kajian Literatur

2.1 Proses Pengacuan Suntikan Plastik

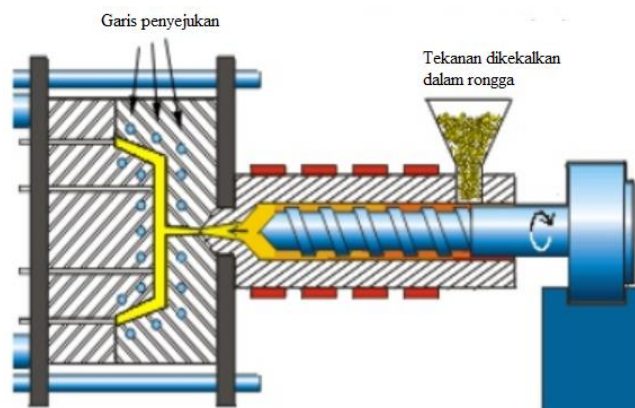
Pengacuan suntikan plastik merupakan suatu proses di mana polimer plastik yang akan dimasukkan dalam mesin pengacuan suntikan plastik untuk dicairkan sehingga bertukar bentuk dari pepejal polimer plastik kepada bentuk cecair dan akhirnya disuntik ke dalam acuan besi untuk mendapatkan bentuk produk yang dikehendaki. Butiran polimer plastik akan berubah bentuk kepada cecair selepas diberikan suhu yang tinggi diantara 200°C hingga boleh mencapai kepada 330°C bergantung pada jenis polimer plastik yang digunakan (Tamri, Zulkifli, & Azhari, 2020). Setiap polimer plastik di pasaran mempunyai suhu pemprosesannya sendiri. Ini kerana struktur rantaian yang berbeza diantara polimer – polimer ini. Rajah 1 hingga Rajah 4 menunjukkan urutan pergerakan mekanikal umum semasa proses pengacuan suntikan.



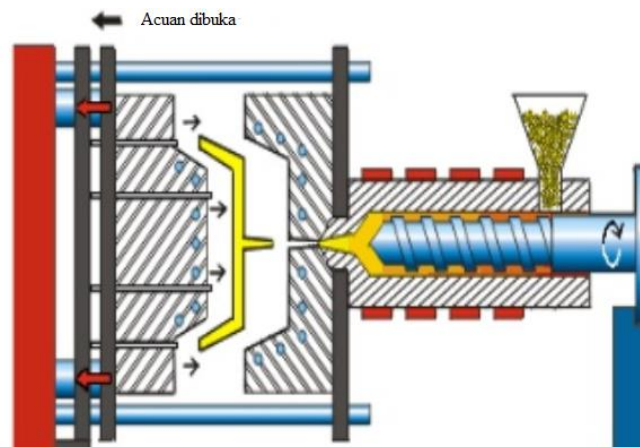
Rajah 1: Pengapit acuan ditutup



Rajah 2: Ram penyuntikan bergerak ke depan untuk menyuntik leburan



Rajah 3: Skru mengepam ke belakang apabila leburan sejuk dalam acuan



Rajah 4: Skru berhenti berputar, pengapit dibuka dan plastik teracuan ditolak keluar

Secara amnya mesin pengacuan suntikan plastik terbahagi kepada dua unit utama iaitu unit suntikan dan unit acuan. Di unit suntikan, terdapat satu unit skru besar yang berfungsi mengisar butiran polimer plastik yang dimasukkan sehingga lumat. Skru ini bertindak secara berputar berlawanan jam dan menuju ke arah belakang mesin sambil mempercepatkan kemasukan butiran polimer plastik ke dalam unit suntikan sebelum melalui fasa pencairan seterusnya polimer yang telah cair ini akan bergerak pula ke hadapan skru ini. Apabila cukup kuantiti polimer plastik yang telah dicairkan ini berada di hadapan skru maka polimer plastik ini akan disuntik dengan tekanan dan halaju yang sangat tinggi ke dalam acuan dan bermulalah fasa di unit acuan (Sheikh & Sharma, 2018). Di unit acuan, acuan besi

yang mempunyai profil tertentu akan menerima suntikan polimer plastik yang cair ini dalam keadaan tertutup rapat dengan tekanan yang tinggi. Kadar tekanan penutupan acuan bergantung kepada saiz acuan itu sendiri. Jika kecil acuannya maka lebih rendah tekanan acuan itu perlu ditutup dan jika besar acuannya maka lebih tinggi tekanan acuan itu perlu ditutup. Kadar tekanan acuan ini boleh dilaras pada mesin dan ianya sangat penting kerana tekanan suntikan polimer ke dalam acuan juga sangat tinggi. Jika tekanan tutup acuan itu tidak dapat menampung kekuatan tekanan kadar suntikan polimer plastik ini, maka cairan polimer akan keluar dari profil acuan hingga menyebabkan kecacatan pada produk. Kecacatan ini dipanggil sebagai lebihan plastik (*flashing*). Apabila selesai hampir semua polimer plastik disuntik ke dalam acuan, acuan ini akan melalui fasa penyejukan (Siregar, Khan, & Umurani, 2017).

Di fasa penyejukan, acuan ini akan statik dalam keadaan tertutup sehingga polimer plastik bertukar kembali dari bentuk cecair kepada bentuk pepejal. Oleh itu, diwajibkan setiap acuan besi ini mempunyai laluan air didalamnya agar membolehkan air yang bertekanan tinggi dipam masuk dan keluar dari acuan tersebut. Tujuan laluan air ini berfungsi seperti sistem penyejukan enjin kereta. Ia memastikan acuan ini sentiasa terkawal suhunya serta tidak panas akibat proses suntikan yang berterusan (Guo & Chen, 2017). Acuan yang terkawal suhunya lebih mudah produk plastik disejukkan dari bentuk cecair kepada pepejal. Maka masa penyejukan produk plastik akan lebih pantas dan dapat meningkatkan kecekapan pengeluaran produk. Setelah polimer plastik bertukar sepenuhnya kepada bentuk pepejal, maka acuan ini akan terbuka. Selepas itu terdapat mekanikal sistem acuan yang tersedia akan menolak keluar produk plastik yang masih melekat di permukaan acuan. Proses ini akan berulang dan kadar masa yang diperlukan untuk selesai satu aliran proses pengacuan suntikan plastik adalah bergantung kepada saiz produk. Jika saiz produk plastik itu besar maka tempoh fasa penyejukan yang diperlukan juga lebih lama berbanding produk plastik yang lebih kecil (Raji, Attah, & Ossai, 2014).

2.2 Parameter Pengacuan Suntikan Plastik

Dalam proses pengacuan suntikan plastik terdapat beberapa parameter yang perlu dikawal dan diselaraskan iaitu tekanan, suhu, masa, jarak dan kelajuan suntikan (Tamri et al., 2020). Jadual 1 menunjukkan spesifikasi parameter dalam proses pengacuan suntikan plastik.

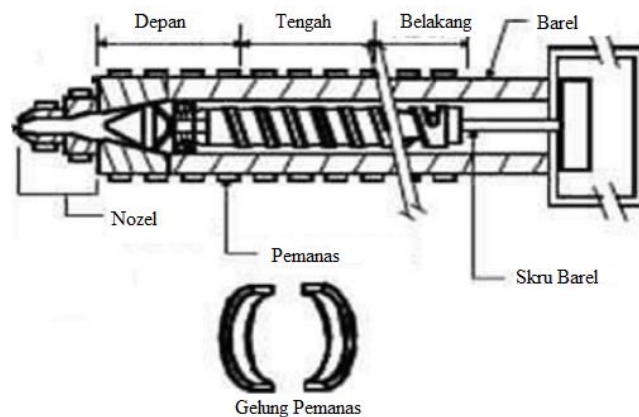
Jadual 1

Spesifikasi Parameter Proses Pengacuan Suntikan

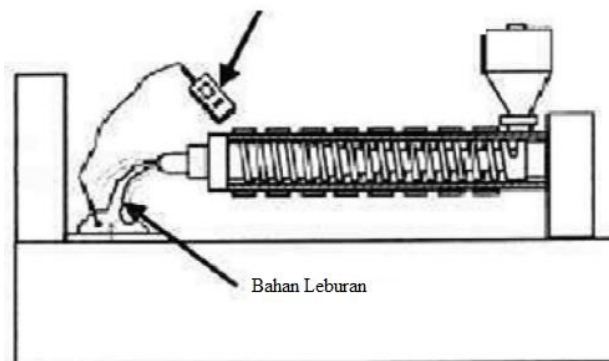
Kategori	Jenis Parameter	Huraian
Tekanan	Tekanan suntikan	- Tekanan yang diperlukan untuk menggerakkan bahanleburan polimer ke dalam acuan - Tekanan suntikan perlu ditingkatkan untuk mengelakkan bahan membeku sebelum keseluruhan rongga acuan dipenuhi - Bagi komponen yang berketebalan kurang dari 2mm, elakkan tekanan suntikan rendah
	Tekanan pegangan	- Fasa selepas fasa tekanan suntikan - Fungsi untuk memasukkan bahan (antara 5% hingga 10%) bagi memadatkan kaviti acuan selepas fasa suntikan - Menampung kekurangan isipadu bahan di dalam kaviti acuan yang terjadi disebabkan oleh kesan kecutan (<i>shrinkage</i>). - Menahan leburan yang masih cair di dalam acuan daripada terkeluar semula melalui muncung acuan (<i>sprue</i>).

Suhu	Suhu barel/ suntikan	• Terdiri dari empat zon suhu pada unit suntikan yang terdiri daripada zon belakang, zon tengah, zon depan, dan zon muncung (Rajah 5) • Gelung pemanas (<i>heater band</i>) dipasang di bahagian luar barel bagi menghasilkan haba melalui dinding barel ke dalam barel yang berisi leburan bahan • Gelung pemanas menggunakan elektrik atau gas sebagai bahan tenaga untuk menghasilkan haba • Kadar suhu pada barel mestilah lebih tinggi daripada suhu lebur sebenar bahan plastik yang digunakan • Kadar suhu bahan leburan boleh dikenalpasti dengan melakukan suntikan ke udara (tanpa meletakkan nozel di sprue acuan) serta membiarkan bahan disuntik di atas platform mesin, dengan segera memeriksa suhu dengan memasukkan <i>pyrometer</i> ke dalam bahan leburan yang panas (Rajah 6)
	Suhu acuan	• Digunakan ketika proses penyejukan bahan plastik selepas ia disuntik ke dalam acuan yang mempunyai saluran air penyejuk • Menentukan kualiti sesuatu produk • Suhu acuan juga akan menentukan • Kadar masa penyejukan produk, jika acuan panas, maka kadar masa penyejukan akan bertambah panjang

Sumber: (Tamri et al., 2020)



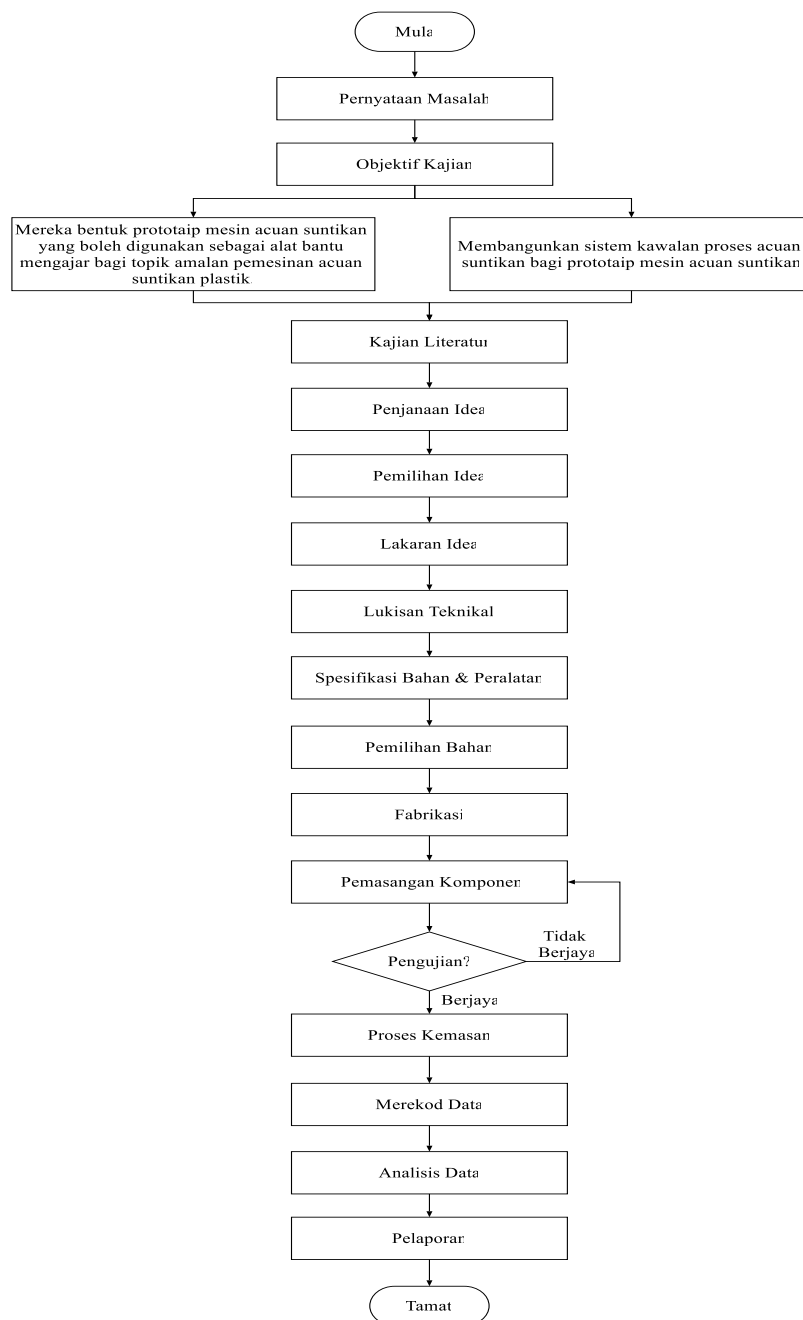
Rajah 5: Pemanas untuk barel mesin acuan suntikan plastik



Rajah 6: Kaedah pemeriksaan suhu bahan leburan

3.0 Metodologi

Jenis projek yang dilaksanakan adalah projek jenis nyata iaitu penghasilan sebuah prototaip alat acuan suntikan sebagai alat bantu mengajar. Pembangunan projek ini menggunakan kaedah modifikasi kepada kaedah sedia ada iaitu dengan merujuk kepada permasalahan di institusi serta kelemahan reka bentuk mesin sedia ada. Kluster penyelidikan projek adalah meliputi bidang mekanikal dan pembuatan. Bagi melancarkan proses penyelidikan ini, kerangka konsep kajian dibina sebagai garis panduan bagi melaksanakan setiap fasa penyelidikan. Terdapat enam konsep kajian iaitu pengumpulan data, spesifikasi reka bentuk, penjanaan idea reka bentuk, lukisan teknikal, pembangunan prototaip dan pengujian prototaip. Rajah 7 menunjukkan carta alir keseluruhan bagi kajian reka bentuk prototaip mesin acuan suntikan.



Rajah 7: Carta alir proses reka bentuk

3.1 Reka Bentuk Awalan dan Akhir

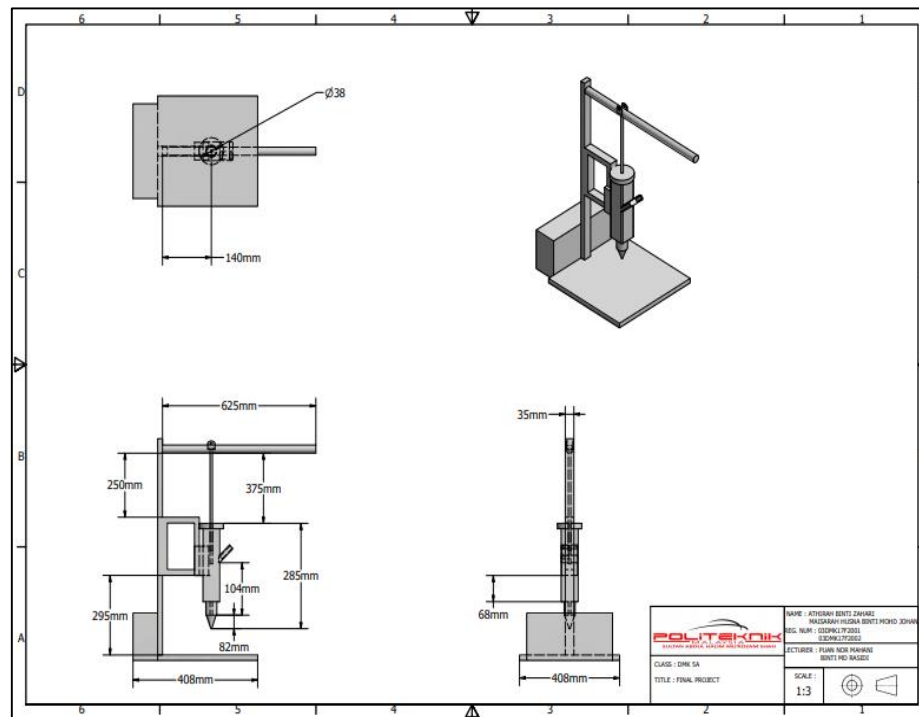
Perkembangan idea perlu dilakukan kerana ia merupakan proses awal bagi memudahkan proses reka bentuk dilakukan dan boleh dipelbagaikan inspirasi rekaan sebelum prototaip dibuat. Dalam fasa reka bentuk awalan, proses penjaanaan idea telah dibuat menerusi kaedah sumbangsaran bersama ahli kumpulan serta penyelia bagi mencetus beberapa idea reka bentuk yang menepati objektif dan skop kajian. Sebanyak empat idea reka bentuk telah dihasilkan. Setiap idea dianalisis secara perbandingan dalam aspek reka bentuk, fungsi, dimensi, ergonomik, kekuatan dan kelemahan seperti ditunjukkan dalam Jadual 2.

Berdasarkan analisis perbandingan empat idea tersebut, reka bentuk yang dipilih adalah idea C. Idea ini dipilih kerana reka bentuknya yang ringkas serta mudah difahami proses dan jalan kerjanya. Idea ini selaras dengan objektif dan skop kajian yang dikehendaki. Rajah 8 menunjukkan lukisan teknikal bagi reka bentuk akhir mesin acuan suntikan menegak jenis lilin.

Jadual 2

Perbandingan Idea Reka Bentuk

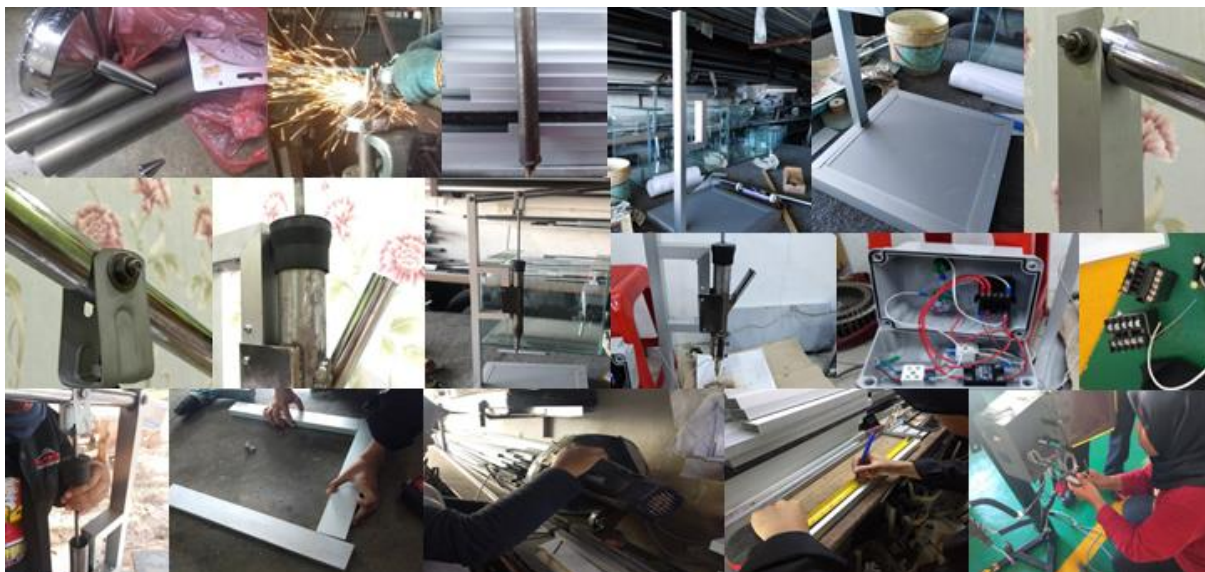
Aspek	Idea A	Idea B	Idea C	Idea D
Lakaran idea				
Reka bentuk	Menegak Auto	Menegak Manual	Menegak Semi-auto	Menegak Semi-auto
Fungsi	Menghasilkan produk Plastik. Menunjukkan proses suntikan acuan.	Menghasilkan produk plastik. Menunjukkan proses suntikan acuan.	Menghasilkan produk plastik. Menunjukkan proses suntikan acuan.	Menghasilkan produk plastik. Menunjukkan proses suntikan Aswan.
Dimensi, mm (PxLxT)	0.55 x 0.40 x 0.95	0.42 x 0.35 x 0.80	0.40 x 0.40 x 0.80	0.45 x 0.36 x 0.75
Ergonomik	Reka bentuk mudah dikendalikan tanpa menggunakan tenaga manusia.	Reka bentuk ringkas dan mudah dikendalikan.	Reka bentuk ringkas dan mudah difahami.	Reka bentuk lebih detail dan mudah dikendalikan.
Kekuatan	Menjimatkan tenaga pengguna.	Ringkas dan padat.	Ringkas dan mudah dikendalikan	Memiliki ciri seperti mesin sebenar.
Kelemahan	Reka bentuk sangat kompleks.	Memerlukan tenaga manusia untuk beroperasi.	Reka bentuk sangat ringkas.	Reka bentuk sangat kompleks.



Rajah 8: Lukisan teknikal reka bentuk mesin

3.2 Proses Fabrikasi

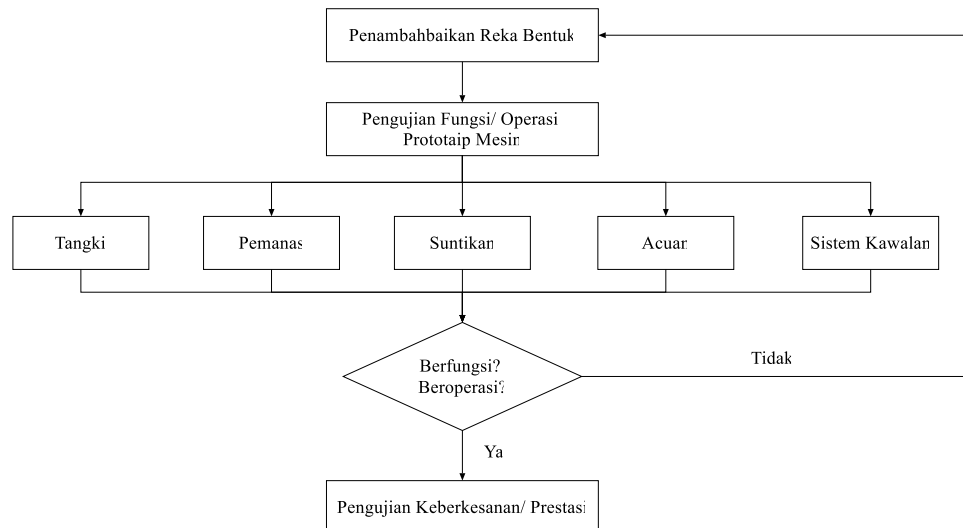
Fabrikasi merupakan proses rangkaian kerja dari beberapa komponen dan bahan dicantum menjadi satu dengan pelaksanaan fasa demi fasa sehingga menjadi suatu bentuk bahagian dan dipasang menjadi sebuah bentuk produk hingga selesai. Pelaksanaan kerja perlu melalui beberapa proses pembuatan seperti proses pemotongan, pengerudian, pemasangan, pengimpalan, pengemasan, penandaan dan pengecatan. Rajah 9 menunjukkan beberapa kerja fabrikasi dalam pembangunan prototaip alat acuan suntikan.



Rajah 9: Kerja fabrikasi prototaip mesin acuan suntikan

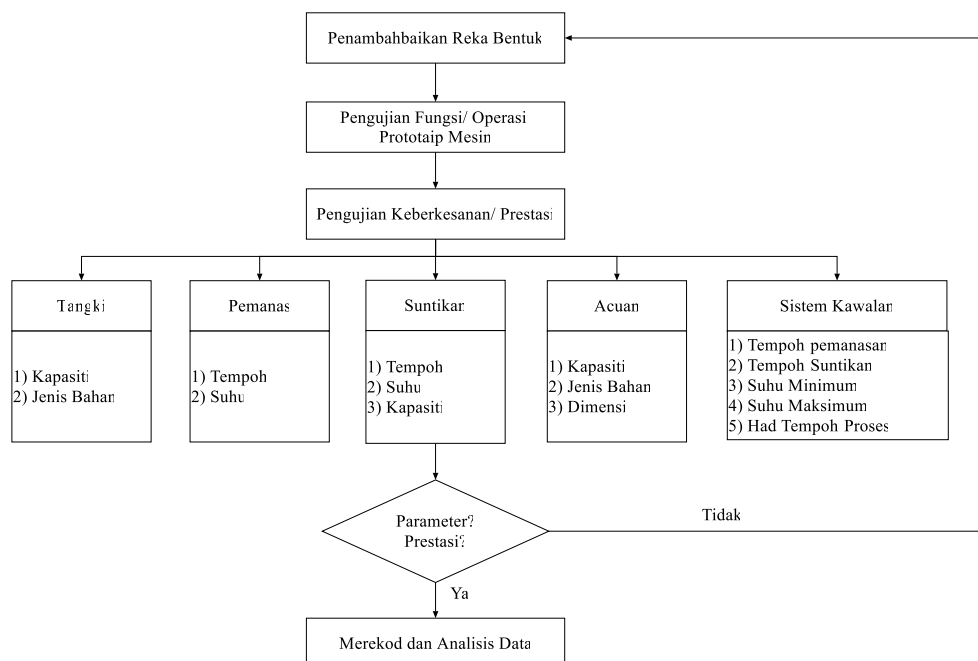
3.3 Pengujian

Pengujian fungsi atau operasi reka bentuk dilaksanakan bagi menentukan samada prototaip yang telah dibangunkan dapat menunjukkan fungsi dan operasi bagi setiap fasa dalam proses pelaksanaan sesuatu kerja. Terdapat empat fungsi bahagian mesin yang diuji iaitu tangki, pemanas, suntikan, acuan dan sistem kawalan. Rajah 10 menunjukkan carta alir proses pengujian bagi fungsi atau operasi reka bentuk prototaip mesin acuan suntikan.



Rajah 10: Carta alir pengujian fungsi/ operasi reka bentuk.

Peralatan yang telah siap dibangunkan perlu melalui proses pengujian prestasi bagi memastikan reka bentuk telah memenuhi spesifikasi dan fungsinya. Rajah 11 menunjukkan carta alir proses pengujian prestasi bagi prototaip alat ini.



Rajah 11: Carta alir keberkesanan/ prestasi reka bentuk

4.0 Analisis Data

4.1 Analisis Proses Kerja Acuan Suntikan

Jadual 3 menunjukkan dapatan hasil semakan proses acuan suntikan yang boleh dilaksanakan oleh Mesin Acuan Suntikan Lilin Menegak ini.

Jadual 3

Senarai Semak Proses Acuan Suntikan

Bil	Proses	Status
1	Menghidupkan alat dengan menekan butang suis ON	Ada
2	Memasukkan bahan atau resin ke dalam tangki	Ada
3	Setkan tempoh dan suhu pada alat pemanas	Ada
4	Alat pemanas memanaskan bahan sehingga menjadi cair	Ada
5	Bahan yang menjadi cair disuntik ke dalam acuan.	Tiada
6	Bahan didalam acuan disejukkan menggunakan alat penyejuk sehingga menjadi pepejal.	Ada
7	Hasil operasi alat terbentuk produk	Tiada

4.2 Analisis Kefungsian Operasi Reka Bentuk

Jadual 4 menunjukkan dapatan hasil pengujian fungsi bagi setiap unit proses bagi alat. Manakala Jadual 5 menunjukkan dapatan hasil semakan tahap kefungsian bagi setiap unit.

Jadual 4

Senarai Kefungsian Operasi Mesin Suntikan Acuan

Kefungsian	Hasil
i. Proses suntikan dapat dibuat ?	Ya, mesin menunjukkan proses suntikan acuan.
ii. Adakah bahan dapat dicairkan ?	Lilin yang dipanaskan dengan suhu 40 °C dapat dicairkan.
iii. Bagaimana kadar alir cecair ?	Cecair yang dipanaskan sangat jernih.
iv. Bagaimanakah proses suntikan dapat dibuat ?	Dengan menggunakan tekanan dan suhu yang tinggi untuk menunjukkan proses suntikan acuan.

Jadual 5

Senarai Semak Fungsi Mesin Acuan Suntikan

Keperluan	Penilaian				
	1	2	3	4	5
1. Barel berfungsi untuk menampung material mengikut kapasiti yang ditetapkan.					√
2. Gelung pemanas berfungsi untuk memanaskan material sehingga menjadi cair mengikut tekanan suhu yang dikenakan.				√	
3. Pemanas suhu atau pengawal suhu berfungsi untuk mengawal suhu dan menyalurkan tekanan yang diperlukan oleh gelung				√	

pemanas untuk mencairkan bahan.	
4. <i>Plunger</i> berfungsi untuk menolak bahan yang telah cair untuk disuntik keluar.	√
5. Pemegang berfungsi untuk mengawal pergerakan <i>plunger</i> naik dan turun.	√
6. Penyuntik berfungsi untuk menyuntik bahan yang cair keluar masuk ke dalam acuan.	√
7. Acuan berfungsi untuk membentuk produk yang telah dicairkan dengan mengapit kedua dua <i>plate core</i> dan <i>cavity</i> .	√
8. Penutup getah berfungsi untuk menggelakkan bahan yang ditolak menggunakan <i>plunger</i> terpercik keluar.	√
9. Komponen elektrik seperti <i>relay</i> dan suis berfungsi untuk menghidupkan sistem.	√

Petunjuk: 1- Sangat Tidak Baik, 2- Kurang Baik, 3-Memuaskan, 4- Baik, 5-Sangat Baik

4.3 Analisis Keberkesanan/ Prestasi Reka Bentuk

Jadual 6 menunjukkan dapatan hasil pengujian prestasi reka bentuk alat bagi mendapatkan nilai paramater optimum setiap unit.

Jadual 6

Senarai Parameter Dan Prestasi Mesin Acuan Suntikan

Bahagian	Parameter	Dapatan
Tangki	1) Kapasiti Berapakah muatan bahan atau resin yang boleh dimasukkan dalam tangki? (isipadu/ senggatan)	½ daripada isipadu silinder/10 ml
	2) Jenis Bahan Apakah jenis bahan yang boleh digunakan dan dimasukkan dalam tangki? (pepejal/ cecair/ butiran)	Bahan yang boleh digunakan dengan tahap lebur yang tinggi seperti lilin atau resin.
Pemanas	1) Tempoh Berapakah tempoh masa alat pemanas perlu dipanaskan sebelum bahan dimasukkan ke dalam tangki?	3-5 minit
	Berapa lama alat pemanas mencapai suhu yang diperlukan bagi proses suntikan?	15 minit
	Berapakah tempoh masa proses pemanasan bahan di dalam silinder?	5 minit
	Berapakah tempoh masa yang diperlukan oleh alat pemanas untuk mencairkan bahan?	5 minit
	2) Suhu Berapakah suhu bahagian pemanas untuk proses memasukkan bahan ke dalam tangki?	40°C & 60°C

	Berapakah suhu pada bahagian pemanas semasa proses pencairan bahan di dalam silinder?	
Suntikan	1) Tempoh	
	Berapakah tempoh masa proses suntikan bahan ke acuan?	Kurang daripada 30 saat.
	2) Suhu	
	Berapakah suhu ketika proses suntikan dibuat?	60°C
	3) Kapasiti	
	Berapakah jumlah cecair yang perlu disuntik ke dalam acuan? (isipadu/senggatan)	0.2-0.5 ml
Acuan	1) Kapasiti	
	Berapakah jumlah cecair yang boleh dimuatkan dalam acuan? (isipadu)	0.2 ml
	2) Jenis Bahan	
	Apakah jenis bahan acuan yang boleh digunakan untuk proses suntikan?	Bahan yang boleh menahan suhu sebanyak 50 °C keatas seperti besi.
	3) Dimensi	
	Berapakah dimensi acuan yang perlu digunakan dalam proses suntikan ini?	Dimensi acuan yang digunakan adalah 70mm (P) x 70mm (L) x 35mm (T)
Sistem Kawalan	1) Tempoh pemanasan	
	Bagaimana proses pemanasan di kawal?	Alat pemanasan yang dikawal oleh pengawalan suhu mengawal suhu mengikut tempoh yang sesuai dengan bahan.
	Bagaimana tempoh pemansan di tunjukkan?	
	2) Tempoh suntikan	
	Bagaimana proses suntikan di kawal?	Dengan tekanan yang dilakukan pada pemegang untuk menolak plunger turun dan menyuntik bahan.
	Bagaimana tempoh suntikan di tunjukkan?	
	3) Suhu minimum	
	Bagaimana suhu minimum di tunjukkan?	Apabila mesin dihidupkan alat pengawal suhu akan menunjukkan suhu sebanyak 0-50°C
	4) Suhu maksimum	
	Bagaimana suhu minimum di tunjukkan?	Apabila suhu mencecah sehingga 100°C keatas.
	5) Had tempoh proses	
	Bagaimana proses kawalan dibuat bagi setiap fasa ?	Dengan mengikut kapasiti yang ditentukan bagi menggelakan lebihan bahan keluar.
	Apakah petunjuk yang dipamerkan pada bahagian mesin?	

5.0 Kesimpulan

Kajian pembangunan reka bentuk dan fungsi bagi mesin acuan suntikan sebagai alat bantu proses pengajaran dan pembelajaran telah berjaya dilakukan dengan mencapai setiap objektif kajian. Kajian ini telah memfokuskan proses pengacuan suntikan sebagai kajian kes bagi mempertingkatkan reka bentuk dan fungsi mesin acuan suntikan sedia ada. Oleh itu, pengkaji telah berjaya menghasilkan

produk akhir mesin acuan suntikan setelah memperoleh data-data dari data primer dan data sekunder. Kelebihan yang ada pada reka bentuk mesin ini adalah mudah dikendalikan dan difahami oleh pengguna. Di samping itu juga, nilai tambah lain yang diketengahkan adalah proses suntikan acuan tersebut yang beroperasi seperti mesin sebenar. Reka bentuk alat ini telah memudahkan pengajar untuk menggunakan sebagai alat bantuan pengajaran dan pembelajaran kepada pelajar yang mengambil subjek berkaitan mesin suntikan acuan. Beberapa faktor telah berjaya dihasilkan seperti berikut:

- i. Reka bentuk telah memenuhi skop kajian iaitu menunjukkan proses mesin suntikan acuan dan sebagai alat bantu pengajaran dan pembelajaran.
- ii. Reka bentuk yang dihasilkan telah diuji dari segi kefungsi dan keberkesanan alat.
- iii. Reka bentuk alat yang dihasilkan juga telah mencapai tahap piawaian di mana telah diuji bagi mendapatkan parameter yang sama dengan proses sebenar mesin acuan suntikan plastik.
- iv. Reka bentuk alat telah menunjukkan fungsi dan operasi mengikut prinsip kerja proses pengacuan suntikan plastik.

Rujukan

- Guo, G., & Chen, J. C. (2017). Development of a project-based plastic injection molding course for manufacturing programs. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings, 2017-June(1)*. <https://doi.org/10.18260/1-2--28163>
- Raji, A., Attah, J. D., & Ossai, C. D. (2014). Development of a portable laboratory injection moulding machine. *Leonardo Electronic Journal of Practices and Technologies*, 13(25), 10–25.
- Sheikh, M. S., & Sharma, P. (2018). Study and Review of Design and Manufacturing of Vertical Injection Moulding Machine Prototype Parts. *International Journal For Technological Research In Engineering*, 81–83.
- Siregar, R. A., Khan, S. F., & Umurani, K. (2017). Design and development of injection moulding machine for manufacturing maboratory. *Journal of Physics: Conference Series*, 908(1), 0–5. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/908/1/012067>
- State, O. (2010). Development of Small Injection Moulding Machine for Forming Small Plastic Articles for Small-Scale Industries. *Journal of Engineering Science and Technology*, 5(1), 17–29.
- Tamri, N., Zulkifli, R., & Azhari, C. H. (2020). *Pemilihan Parameter Utama Pengacuan Suntikan dalam Pemprosesan Polimer : Ulasan Ilmiah*. 32(1), 79–90.