

KAJIAN PENGAWALAN KEUPAYAAN PROSES
PENGACUAN SUNTIKAN PLASTIK

oleh

NG MENG SIAN

Disertasi diserahkan untuk memenuhi
sebahagian keperluan bagi
Ijazah Sarjana Sains (Statistik)

Julai 2002

782369
rb
fTS156.8
N576
2002

M/fiche
8572

PENGHARGAAN

Disertasi ini telah disempurnakan dengan kerjasama secara langsung atau tidak langsung daripada pihak-pihak tertentu. Justeru, saya ingin mengambil kesempatan ini untuk menyampaikan penghargaan saya kepada mereka.

Terlebih dahulu, saya ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada penyelia akademik saya, Dr Khatijah yang telah banyak memberi bimbingan dan nasihat yang berguna dalam usaha untuk membantu menyiapkan disertasi ini. Masa yang diluangkan oleh beliau dalam usaha memberi tunjuk ajar kepada saya adalah amat dihargai.

Di samping itu, ribuan terima kasih juga harus diucapkan kepada En. Teoh Choo Soon dari Syarikat Inventec Electronic (M) Sdn. Bhd. Beliau telah banyak memberi bantuan dengan memberi kebenaran bagi saya menggunakan maklumat-maklumat dan data-data yang dikumpul dari pembekal-pembekal syarikat Inventec Electronic (M) Sdn. Bhd. Selain daripada itu, beliau juga bermurah hati untuk berkongsi dengan saya pengalamannya yang melebihi sepuluh tahun dalam syarikat Inventec tentang teknik-teknik penyelesaian masalah bahan mentah.

Penghargaan saya juga harus disampaikan kepada En. Lim Eng Keat yang bertindak sebagai QA Manager di syarikat Fu Hao Manufacturing Sdn. Bhd. Dalam usaha untuk menyiapkan projek ini, beliau sentiasa menghulurkan bantuan dan idea-idea yang bernas untuk menganalisis sesuatu masalah yang timbul semasa kajian kes dibuat.

Dalam penyampaian penghargaan, En. How Boon Aun dari syarikat General Electric juga tidak kurang penting sumbangannya. Banyak pengetahuan tentang sifat-sifat bahan mentah bagi proses pengacuan suntikan plastik telah disumbangkan oleh beliau.

Seterusnya saya juga ingin mengucapkan ribuan terima kasih kepada isteri saya Ms. Boo Get Shih kerana telah banyak memberi sokongan mental dan fizikal kepada saya dalam tempoh penyediaan disertasi ini.

Akhir sekali, saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua kakitangan syarikat Fu Hao dan syarikat Inventec yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam usaha menjayakan projek ini.

ISI KANDUNGAN

	Muka Surat
Penghargaan	i
Isi Kandungan	iii
Senarai Rajah	vii
Senarai Output	ix
Abstrak	xi
Abstract	xiii
BAB 1 PENGENALAN	
1.1 Penggunaan Plastik Dalam Industri Pengeluaran	1
1.2 Objektif Disertasi	2
1.3 Format Disertasi	3
BAB 2 PENGACUAN SUNTIKAN	
2.1 Pengenalan Dan Sejarah Kepada Perindustrian Plastik	6
2.2 Penjelasan Am Proses Pengacuan Suntikan	9
2.3 Kawalan Proses	11
BAB 3 REKABENTUK UJIKAJI (<i>Design of Experiment</i>)	
3.1 Peranan Rekabentuk Ujikaji	19
3.2 Prinsip Asas	19
3.3 Langkah-langkah Merekabentuk Dan Menganalisis Ujikaji	21
3.4 Rekabentuk Faktor 2^k	25
BAB 4 KAWALAN PROSES STATISTIK (SPC)	
4.1 Konsep	30

4.1.1	Taburan	30
4.1.2	Teorem Had Memusat	30
4.2	Pencegahan Berlawanan Pengesanan	31
4.2.1	Pengesanan	31
4.2.2	Pencegahan	32
4.3	Sistem Proses Terkawal	32
4.3.1	Proses	32
4.3.2	Maklumat Mengenai Prestasi Sistem	32
4.3.3	Tindakan Ke Atas Output	33
4.3.4	Tindakan Ke atas Proses	33
4.4	Sebab Biasa (<i>Chance Cause / Common Cause</i>) Dan Sebab Khusus (<i>Assigable Cause / Special Cause</i>) Bagi Variasi	33
4.4.1	Variasi Sebab Biasa	34
4.4.2	Variasi Sebab Khusus	35
4.4.3	Tindakan Tempatan Dan Tindakan Ke Atas Sistem	35
4.4.3.1	Tindakan Tempatan	35
4.4.3.2	Tindakan Ke Atas Sistem	35
4.5	Carta Kawalan (<i>Control Chart</i>)	37
4.5.1	Carta Kawalan Wujud Kerana Terdapat Variasi	37
4.5.2	Penaksiran Carta Kawalan	39
4.5.3	Jenis Carta Kawalan	42
4.5.4	Pemilihan Carta Kawalan	43
4.5.5	Tujuan Carta Kawalan	44
4.5.6	Kebaikan Carta Kawalan	44

4.5.7	Pembangunan Sesebuah Carta Kawalan (\bar{X} -R)	45
4.6	Cara Menjalankan Analisis Keupayaan Satu Proses	48
4.7	Pengenalan Kepada Indeks Keupayaan Proses	53
4.8	Kepentingan Dan Keperluan Analisis Keupayaan Proses	54
4.9	Analisis Indeks Keupayaan	55
BAB 5 KAJIAN KES		
5.1	Pengenalan Kepada Projek	60
5.1.1	Sejarah Perkembangan IMT	60
5.1.2	Sejarah Perkembangan Fu Hao Manufacturing (M) Sdn. Bhd.	61
5.1.3	Objektif Projek	62
5.1.4	Skop Projek	62
5.1.5	Ringkasan Projek	62
5.2	Latar Belakang Projek	64
5.3	Pelaksanaan Projek	65
5.3.1	Penentuan Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Dimensi Produk	66
5.3.2	Kawalan Terhadap Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Dimensi Produk	73
5.3.3	Pengumpulan Data	74
5.3.3.1	Kajian Sistem Pengukuran	75
5.3.4	Carta Kawalan Dan Indeks Keupayaan Proses	80
5.4	Kesimpulan	97
BAB 6 PERBINCANGAN KESELURUHAN		
6.1	Masalah Yang Dihadapi Dan Cadangan Penyelesaiannya	99
6.2	Sumbangan Disertasi	100
6.3	Kesimpulan Keseluruhan	102

BIBLIOGRAFI

103

LAMPIRAN

104

SENARAI RAJAH

Muka Surat

Rajah 2.1	Operasi mengacu yang lengkap	7
Rajah 2.2	Kesan mesin pengacuan suntikan dan pembolehkan bahan mentah plastik	15
Rajah 2.3	Kesan penyelenggaraan mesin terhadap pelbagai cirri produk plastik.	16
Rajah 2.4	Kesan penyelenggaraan mesin dan dimensi rongga acuan ke atas ciri-ciri plastik seperti pengecutan	17
Rajah 3.1	Langkah-langkah merekabentuk dan menganalisis suatu ujikaji	22
Rajah 3.2	Lapan gabungan rawatan bagi rekabentuk faktor 2^3	26
Rajah 3.3	Tanda-tanda algebra bagi menghitung kesan-kesan faktor di dalam suatu rekabentuk 2^3	29
Rajah 4.1	Model sistem proses yang terkawal	34
Rajah 4.2	Pembaikan sekitaran secara berterusan	36
Rajah 4.3	Variasi dalam satu barang	37
Rajah 4.4	Variasi antara barang dengan barang	38
Rajah 4.5	Variasi antara barang yang dibuat pada masa berlainan	38
Rajah 4.6	Proses adalah terkawal	40
Rajah 4.7	Proses tidak terkawal	40
Rajah 4.8	Proses tidak terkawal	41
Rajah 4.9	Proses tidak terkawal	41
Rajah 4.10	Proses tidak terkawal	42

Rajah 4.11	Gambarajah pokok keputusan bagi pemilihan carta kawalan	43
Rajah 4.12	Langkah-langkah untuk menyediakan carta kawalan \bar{X} -R	46
Rajah 4.13	Langkah-langkah untuk menyediakan carta kawalan \bar{X} -R	46
Rajah 4.14	Langkah-langkah untuk menyediakan carta kawalan \bar{X} -R	47
Rajah 4.15	Langkah-langkah untuk menyediakan carta kawalan \bar{X} -R	47
Rajah 4.16	Langkah-langkah untuk menyediakan carta kawalan \bar{X} -R	48
Rajah 4.17	Langkah-langkah untuk menilai keupayaan proses	49
Rajah 4.18	Penjelasan lanjut tentang nilai Cp	56
Rajah 4.19	Penjelasan lanjut tentang nilai Cpk	58
Rajah 4.20	Pengiraan Cp dan Cpk	58
Rajah 5.1	Penutup Atas	62
Rajah 5.2	Penutup Bawah	62
Rajah 5.3	Pemasangan Penutup Atas kepada Penutup Bawah	64
Rajah 5.4	Gambarajah aliran proses untuk pelaksanaan projek	67
Rajah 5.5	<i>Reproducibility</i>	78
Rajah 5.6	<i>Repeatability</i>	78
Rajah 5.7	Alat Sokongan untuk mengukur Penutup Atas	80

SENARAI OUTPUT

	Muka Surat	
Output 5.1	Kesan-kesan teranggar dan pekali bagi lebar	68
Output 5.2	Kesan bertertib bagi ujikaji faktor 2^3	68
Output 5.3	Carta Pareto bagi kesan terpiawai	69
Output 5.4	Kesan-kesan teranggar dan pekali bagi lebar (Model Terturun).	70
Output 5.5	Plot kebarangkalian normal bagi reja untuk Model Terturun	71
Output 5.6	Plot kesan utama bagi lebar	72
Output 5.7	Plot kesan saling tindak bagi lebar	72
Output 5.8	Carta kawalan \bar{X} -R bagi Penutup Atas Acuan 1	82
Output 5.9	Analisis reja bagi Penutup Atas Acuan 1	83
Output 5.10	Analisis keupayaan proses bagi Penutup Atas Acuan 1	83
Output 5.11	Carta kawalan \bar{X} -R bagi Penutup Atas Acuan 2	84
Output 5.12	Analisis reja bagi Penutup Atas Acuan 2	84
Output 5.13	Analisis keupayaan proses bagi Penutup Atas Acuan 2	85
Output 5.14	Carta kawalan \bar{X} -R bagi Penutup Bawah Acuan 1	86
Output 5.15	Analisis reja bagi Penutup Bawah Acuan 1	86
Output 5.16	Analisis keupayaan proses bagi Penutup Bawah Acuan 1	87
Output 5.17	Carta kawalan \bar{X} -R bagi Penutup Bawah Acuan 2	88
Output 5.18	Analisis reja bagi Penutup Bawah Acuan 2	88
Output 5.19	Analisis keupayaan proses bagi Penutup Bawah Acuan 2	89
Output 5.20	Carta kawalan \bar{X} -R bagi Penutup Atas Acuan 3	91
Output 5.21	Analisis reja bagi Penutup Atas Acuan 3	91

Output 5.22	Statistik perihalan bagi Penutup Atas Acuan 3	92
Output 5.23	Analisis keupayaan proses bagi Penutup Atas Acuan 3	94
Output 5.24	Carta kawalan \bar{X}-R bagi Penutup Bawah Acuan 3	95
Output 5.25	Analisis reja bagi Penutup Bawah Acuan 3	95
Output 5.26	Analisis keupayaan proses bagi Penutup Bawah Acuan 3	96

ABSTRAK

Pada abad baru ini, hampir semua sektor pembuatan atau sektor yang menawarkan perkhidmatan amat menitik beratkan kualiti barangan ataupun perkhidmatan yang diberi kepada pelanggan. Kalau sesebuah organisasi tidak mementingkan konsep kualiti, maka adalah amat sukar baginya meneruskan persaingan dalam dunia baru ini.

Sebagaimana yang kita ketahui, adalah sukar untuk menghapuskan 100% variasi bagi memperolehi 100% barangan baik. Walau bagaimanapun, kita dapat meninggikan peratusan barangan baik sekiranya tindakan awal diambil. Dalam semua proses, semestinya terdapat barangan cacat yang dihasilkan. Namun, cara untuk mengesan kecacatan yang terhasil oleh proses adalah bergantung kepada kita.

Kebanyakan pengilang yang menggunakan proses pengacuan suntikan hanya akan dapat mengesan kecacatan barangan selepas barangan itu dikeluarkan daripada mesin. Kemudian, barulah pengilang-pengilang mengatur sumber manusia untuk mengasingkan barangan yang boleh digunakan semula atau terus membatalkan barangan yang tidak boleh digunakan semula daripada lot berkenaan. Mereka tidak mempraktikkan konsep seperti 'Buat Betul Pada Kali Pertama' dan 'Pencegahan Lebih Baik Daripada Pengesanan'.

Justeru itu, disertasi ini bertujuan untuk memperkenalkan satu siri cara untuk mengawal proses pengacuan suntikan plastik. Cara-cara ini termasuklah langkah-langkah yang harus dibuat semasa peringkat percubaan, alat analisis yang sesuai digunakan, masalah semasa pengeluaran secara besar-besaran dan cara mengawasi proses pada peringkat ini serta faktor-faktor penting yang harus dipertimbangkan semasa memilih alat-alat pengawalan.

Dengan demikian, satu projek telah dilaksanakan untuk memberi satu gambaran yang lebih jelas dan lengkap tentang penggunaan alat-alat kualiti statistik untuk mengawal proses pengacuan suntikan plastik. Rekabentuk ujikaji SPC, indeks keupayaan proses, *GRR* dan plan kawalan atau pelan kawalan akan digunakan untuk mendirikan sebuah sistem kawalan bagi proses pengacuan suntikan plastik.

Process Capability Control for Plastic Injection Molding

ABSTRACT

In this new century, every manufacturing sector or service-providing sector are very focused and concerned about the quality of the product/service that they provide to their customers. If an organization do not have the quality concept, then it is very hard for them to survive in this challenging world.

As we know, it is very difficult to eliminate the variation 100% and then obtain 100% good product. However, we can increase the percentage of good product if early action is taken. In every process, there is a certain amount of defective parts and it is up to us to detect the defects and then prevent them from recurring.

Most of the plastic injection molding manufacturers only detects the defective part after the part was injected out from the machine. Following this, the manufacturers has to engage extra manpower to do the rework and sorting out the related lots or even worse, scrap the whole lot if it cannot be reworked anymore. Concepts such as 'Do It Right At The First Time' and 'Prevention Is Better Than Detection' never appear in their minds.

Therefore, this dissertation aims to introduce the concept and implementation of process control techniques in plastic injection molding process. These techniques include things that should be done during trial run stage, most suitable analyzing tools to use, control methods applicable at the mass production stage and factors to be considered when choosing related control tools.

A project had been conducted as a case study to illustrate the implementation of Statistical Process Control tools to control the plastic injection molding process. Design of

Experiments, Process Capability Indices, Measurement System Analysis and Control Plan will be used to set up a control system for plastic injection molding process.

BAB 1 PENGENALAN

1.1 Penggunaan Plastik Dalam Industri Pengeluaran

Boleh dikatakan kebanyakan alat-alat kegunaan harian kita adalah diperbuat daripada plastik. Alat-alat ini adalah merangkumi barangan-barangan yang berteknologi rendah seperti pinggan mangkuk, cawan, alat-alat pengisi, tong sampah, kerusi dan botol sehinggalah ke barangan yang berteknologi tinggi seperti komputer, telefon bimbit, 'notebook', pemain CD, 'key board' dan sebagainya.

Sesetengah alat yang disebutkan tadi mungkin tidak keseluruhannya diperbuat daripada plastik; mungkin hanya penutupnya sahaja yang diperbuat daripada plastik untuk menutup isi kandungannya seperti komponen-komponen elektronik, PCB, wayar dan bateri. Tetapi tidak dapat dinafikan bahawa plastik telah memainkan peranan yang sangat penting dalam kehidupan kita.

Bagi alat yang berteknologi rendah, disebabkan harga jualannya adalah tidak mahal, maka penekanan terhadap kualitinya tidaklah begitu tinggi. Walaupun kadang-kala terdapat calar atau garisan pada pinggan mangkuk atau pun saiznya sudah di luar spesifikasi, ia boleh diabaikan. Apa yang penting adalah pinggan mangkuk itu boleh mengisi makanan. Tahap kualiti yang rendah ini tidak boleh diterima bagi produk yang berteknologi tinggi. Ini disebabkan kos atau pun harga jualan bagi produk berteknologi tinggi adalah sangat mahal dan ini telah menyebabkan pengeluar tidak mampu melakukan kesalahan kerana ini akan memaksa mereka menanggung kos kualiti yang sangat tinggi.

Terdapat dua aspek utama yang harus diberi perhatian semasa kita menimbang kualiti plastik yang akan digunakan ke atas produk yang berteknologi tinggi:

a) Kosmetik

Plastik merupakan bahan mentah yang mempunyai paling banyak kecacatan kosmetik jika dibandingkan dengan bahan mentah lain seperti kuprum, nikel atau pun kaca. Kecacatan-kecacatannya termasuklah '*scratches*', '*bubble*', '*flashing*', '*short mold*', '*flow line*' dan lain-lain lagi.

b) Dimensi

Dimensi bagi plastik adalah sangat penting kerana ia mempunyai pengaruh yang besar terhadap proses pemasangan sesebuah produk seperti komputer. Kalau dimensi plastik bagi sesuatu produk adalah di luar spesifikasi, ini akan mengakibatkan proses pemasangan tidak dapat dijalankan. Contohnya, jika lubang skru yang terdapat di penutup atas plastik bagi sesebuah komputer adalah terlalu besar jika dibandingkan dengan spesifikasinya; ini tentu akan menyebabkan operator tidak dapat memasang skru penutup atas itu dengan penutup bawahnya.

1.2 Objektif Disertasi

Pada zaman ini, kualiti merupakan salah satu aspek yang sangat penting dalam bidang pengeluaran. Ia sudah menjadi satu faktor utama bagi sesebuah kilang pengeluaran untuk meneruskan persaingannya. Tanpa menitikberatkan kualiti sebagai aspek utama di kalangan pekerjaannya, maka pengeluar itu akan menghadapi risiko bagi menanggung kos kualiti yang sangat tinggi. Kos-kos ini termasuklah barangan terpaksa dibuang disebabkan ia tidak memenuhi spesifikasi, tenaga manusia diatur untuk membuat '*sorting*', kehilangan pelanggan disebabkan '*reject rate*' yang tinggi dan sebagainya. Maka satu sistem kualiti yang baik yang boleh menurunkan kos pengeluaran harus dibangunkan.

Bidang pengacuan suntikan plastik merupakan salah satu bidang yang sangat penting dalam perindustrian. Plastik merupakan salah satu penggantian yang baik bagi bahan mentah lain seperti besi dan kaca. Tambahan lagi, dengan menggunakan proses pengacuan suntikan untuk menghasilkan plastik boleh menjimatkan kos pengeluaran kerana ia adalah sesuai untuk menghasilkan barangan dalam kuantiti yang banyak. Walau bagaimanapun, kualiti merupakan salah satu masalah utama yang dihadapi oleh proses pengacuan suntikan plastik. Ini kerana terdapat banyak pembolehubah dalam proses ini yang boleh menjejaskan kualiti barangan, antaranya ialah tekanan penyuntikan dan jenis bahan mentah plastik yang digunakan. Jadi pembolehubah-pembolehubah bagi proses pengacuan suntikan harus dikenal pasti dahulu dan dikawal sejak peringkat awal lagi bagi suatu produk tertentu sebelum pengeluaran secara besar-besaran dijalankan.

Dalam disertasi ini, kita akan membangunkan satu siri alat-alat kawalan kualiti statistik untuk mengawal dan mengenalpasti pembolehubah-pembolehubah yang boleh menjejaskan kualiti produk. Alat-alat utama yang akan digunakan dalam disertasi ini termasuklah rekabentuk ujikaji (*design of experiment*) dan kawalan proses berstatistik (SPC). Di samping itu, beberapa cara sampingan juga akan digunakan untuk memberi satu kawalan dan pemahaman yang lebih lengkap bagi proses pengacuan suntikan plastik.

1.3 Format Disertasi

Sebelum ini, kita telah berbincang tentang peranan industri pengacuan suntikan plastik dalam bidang pengeluaran dan juga masalah utama yang dihadapi oleh industri ini. Cara-cara yang akan digunakan untuk menyelesaikan masalah kualiti pengacuan suntikan plastik juga telah dibincang. Seterusnya, kita akan

memberi satu gambaran kasar tentang apa yang terkandung dalam disertasi supaya pembaca boleh mempunyai satu arah tujuan yang sesuai semasa membaca disertasi ini.

Untuk memahami proses pengacuan suntikan plastik sebelum kajian kes dijalankan, Bab 2 telah disediakan. Dalam bab ini, kita akan mengetahui pengenalan dan sejarah kepada perindustrian plastik, penjelasan proses pengacuan suntikan secara amnya dan jenis-jenis kawalan proses yang digunakan dalam industri pengacuan suntikan pada hari ini.

Dalam Bab 3 pula, tumpuan akan diberikan kepada penjelasan dan langkah-langkah kerja yang diperlukan untuk menjalankan sesebuah rekabentuk ujikaji. Antara topik-topik yang dibincangkan dalam bab ini termasuklah peranan rekabentuk ujikaji, prinsip asasnya serta langkah-langkah merekabentuk dan menganalisis suatu ujikaji. Selain daripada ini, salah satu rekabentuk ujikaji akan dijelaskan dengan lebih teliti kerana kita akan menggunakannya untuk menentukan pembolehubah-pembolehubah yang boleh mempengaruhi spesifikasi produk dalam Bab 5 (kajian kes) nanti.

Teknik-teknik SPC akan dibincangkan dalam Bab 4 ini. Di sini, beberapa konsep asas SPC dan cara mendirikan sebuah carta kawalan $\bar{X} - R$ akan dipaparkan. Carta kawalan $\bar{X} - R$ akan digunakan untuk mengawasi prestasi proses selepas kita menetapkan pembolehubah-pembolehubah bagi proses pengacuan suntikan plastik dengan menggunakan rekabentuk ujikaji. Seterusnya, kita akan menggunakan data-data yang terkumpul dalam carta kawalan untuk menjalankan analisis indeks keupayaan Cp dan Cpk semasa kajian kes dijalankan. Dengan merujuk kepada indeks-indeks ini, keupayaan proses untuk memenuhi spesifikasi produk akan diketahui. Kesemua teknik

yang dibincangkan dalam bab ini juga akan digunakan dalam kajian kes yang akan dijalankan dalam Bab 5.

Dalam Bab 5, kita akan mengilustrasikan pelaksanaan kaedah-kaedah rekabentuk ujikaji dan SPC ke atas proses pengacuan suntikan plastik dengan menjalankan satu projek di sebuah kilang yang menghasilkan pelbagai produk plastik. Kebanyakan produk yang dihasilkan oleh kilang ini akan digunakan dalam industri pemasangan alat-alat elektronik yang berteknologi tinggi. Objektif dan skop projek juga akan dihuraikan. Perisian komputer juga digunakan untuk menganalisis data dalam bab ini.

Akhir sekali, Bab 6 akan memaparkan perbincangan dan kesimpulan mengenai keupayaan proses bagi pengacuan suntikan plastik.

BAB 2 PENGACUAN SUNTIKAN

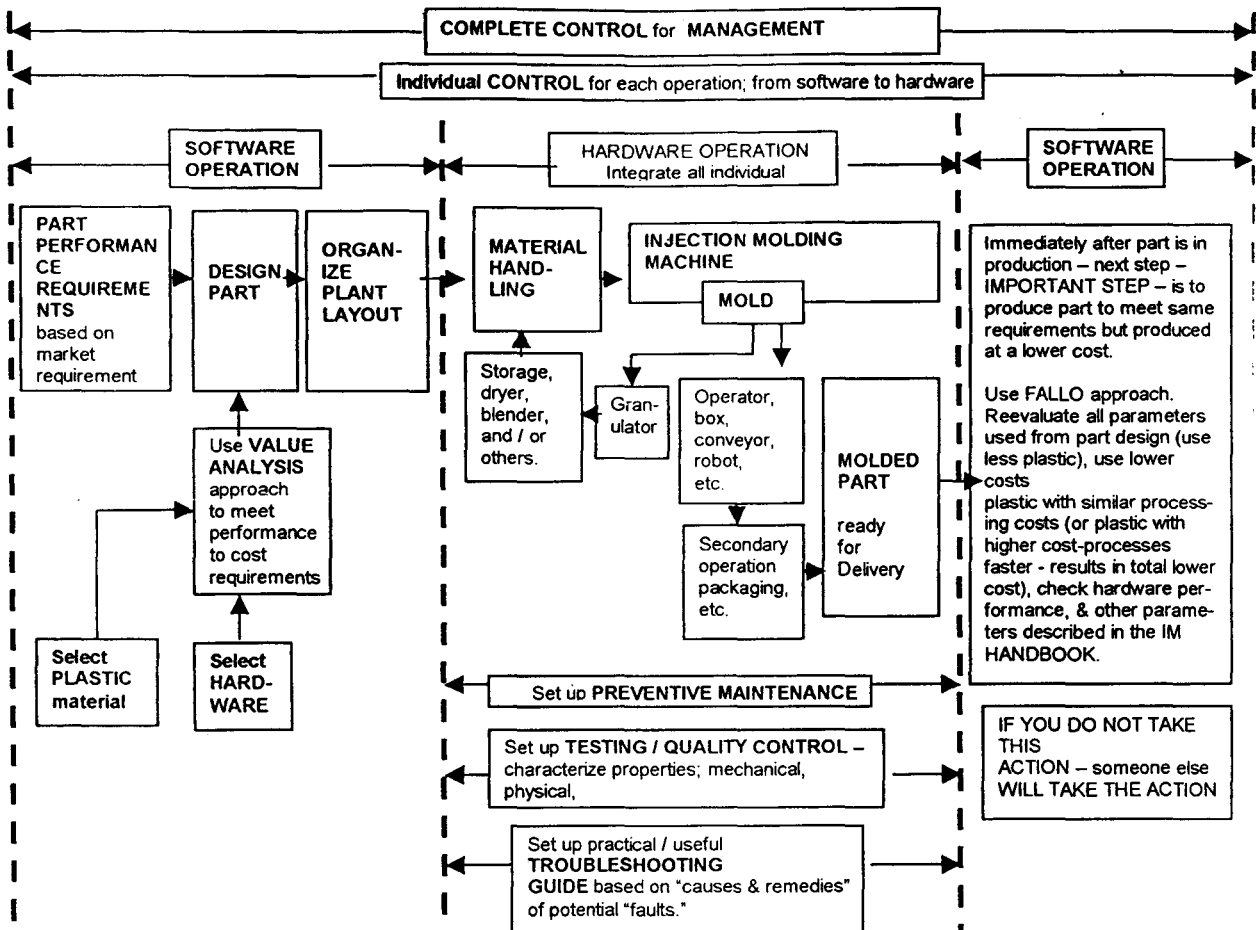
2.1 Pengenalan Dan Sejarah Kepada Perindustrian Plastik

Plastik merupakan salah satu industri yang berkembang dengan pesat dalam dunia perindustrian kini. Terdapat dua proses utama yang menghasilkan plastik iaitu pengacuan suntikan dan 'extrusion'. Mengikut kajian, lebih kurang sebanyak 32% plastik adalah dihasilkan melalui proses pengacuan suntikan dan sebanyak 36% pula adalah dihasilkan melalui 'extrusion'. Dalam disertasi ini, tumpuan kita akan diberikan kepada proses pengacuan suntikan.

Dengan memahami cara untuk memperolehi prestasi maksimum bagi setiap operasi individu dalam operasi pengacuan dan mengaitkan semua langkah operasi itu bagi mencapai mutu barangan yang baik pada kos yang paling rendah adalah penting untuk semua kakitangan sesebuah syarikat. Satu gambarajah blok bagi seluruh operasi pengacuan mengikut pendekatan 'Fallo' (*Follow All Opportunities*) ditunjukkan dalam Rajah 2.1 (sumber: *Dominick V. Rosato & Donald V. Rosato 1986, Injection Molding Handbook*).

Pada dasarnya, pendekatan 'Fallo' terdiri daripada: -

- (a) Merekabentuk sejenis barangan yang mana ia boleh mencapai prestasi tinggi dan memenuhi permintaan pengeluaran (*manufacturing*) pada kos yang rendah.
- (b) Menyatakan spesifikasi bahan mentah plastik yang sesuai supaya ia boleh mencapai / memberikan prestasi yang tinggi selepas bahan mentah itu diproses melalui proses pengacuan suntikan.



Rajah 2.1 Operasi mengacu yang lengkap

- (c) Memberi spesifikasi permintaan peralatan dengan mengikut ciri-ciri berikut :-
- i) Merekabentuk acuan bagi barangan.
 - ii) Menyediakan mesin pengacuan suntikan yang sesuai bagi acuan itu.
 - iii) Menyediakan peralatan sokongan (*material handling, chiller, granulator, decorator, dan lain-lain*) untuk memadankan dengan peralatan utama lain dalam operasi pengacuan penuh.

iv) Membina sistem kawalan yang lengkap (*testing, quality control, trouble shooting, maintenance* dan lain-lain) untuk menghasilkan 'zero defects'.

d) Pembelian (*Purchasing*) Dan Penggudangan (*Warehousing*).

Pengacuan suntikan mempunyai kelebihan di mana barangan boleh dihasilkan secara ekonomi dan kuantitinya adalah tidak terhad. Secara prinsipnya, pengacuan suntikan adalah satu cara pengeluaran besar-besaran dan ia memerlukan pelaburan modal yang besar dalam pembelian mesin, acuan dan peralatan sokongan supaya pengacuan suntikan boleh beroperasi secara ekonomik. Permukaan bagi barangan yang diproses melalui proses pengacuan suntikan boleh wujud dalam beberapa keadaan. Antaranya ialah licin dan cerah, kasar ataupun rongga acuan diukir supaya kita boleh memperolehi satu corak semasa barangan diproses keluar. Terdapat juga beberapa jenis proses khas bagi pengacuan suntikan. Salah satu daripadanya ialah terlebih dahulu meletakkan filem cetakan dalam acuan (*mold*) sebelum penyuntikan (*injection*) plastik dimulakan. Ini akan memansuhkan proses selanjutnya seperti perhiasan dan pencetakan ke atas barangan yang dikeluarkan dari acuan.

Corak pertama bagi pengacuan suntikan telah dicipta di Amerika Syarikat pada tahun 1872 oleh *John Hyatt* dan mesin yang digunakannya dinamai '*Stuffing Machine Plunger Injection Molding Machine*'. Perkembangan besar seterusnya muncul pada tahun 1951 apabila *William H. Willert* juga di Amerika Syarikat, membangunkan cara '*the Reciprocating Screw Plasticizer For Injection Molding Machines*'. Menurut kajian, sebanyak 2,734,226 corak *Willert* telah dikeluarkan pada 14, Februari 1956.

Perkembangan terkini dalam bidang industri pengacuan suntikan ialah pengawalan proses yang membenarkan pengawalan ke atas peleburan plastik.

2.2 Penjelasan Am Proses Pengacuan Suntikan

Pengacuan suntikan merupakan perkataan yang terlalu singkat dan mudah untuk menjelaskan sejenis proses yang rumit yang harus dikawal dalam suatu spesifikasi tertentu. Bahan mentah plastik yang dipotongkan kepada bahagian kecil atau pun yang telah dileburkan akan disuntik ke dalam sebuah acuan. Bahan mentah plastik yang lebur itu akan berada dalam acuan itu sehingga ia dikeluarkan daripada acuan dalam keadaan beku setelah bahan mentah plastik itu meniru bentuk acuan itu. Sesebuah acuan mungkin mengandungi hanya satu rongga ataupun sejumlah bilangan rongga yang secorak. Setiap rongga itu akan disambungkan kepada '*runners*' di mana '*runners*' itu akan menyalurkan bahan mentah plastik lebur ke dalam setiap rongga itu. Proses ini merupakan salah satu cara yang paling ekonomi untuk menjalankan pengeluaran secara besar-besaran. Tiga operasi dasar adalah seperti yang berikut :-

- a) Menaikkan suhu plastik kepada satu tahap di mana ia akan mengalir di bawah suatu tekanan tertentu. Langkah ini biasanya dilakukan dengan memanaskan dan memecahkan bahan mentah plastik kepada saiz yang kecil dan pada masa yang sama sehingga bahan mentah plastik pepejal itu menukar bentuknya kepada bentuk leburan. Proses ini akan berlaku dalam silinder mesin pengacuan suntikan yang dilengkapi dengan satu skru pemutar.
- b) Membiarkan leburan plastik membeku di dalam acuan semasa mesin masih dalam keadaan tertutup. Leburan plastik yang berada dalam silinder mesin akan dialirkan melalui beberapa saluran pengaliran ke dalam rongga sesebuah acuan. Di dalam rongga acuan, leburan plastik itu akan membeku

mengikuti bentuk rongga itu. Faktor yang membuat proses ini menjadi sukar ialah laluan yang rumit untuk leburan plastik memenuhi ruang acuan itu dan proses penyejukan dalam acuan.

c) Membuka acuan itu untuk mengeluarkan bekuan plastik selepas haba dalaman bekuan plastik dihilangkan di bawah suatu tekanan dalam acuan. Proses ini adalah untuk memastikan bekuan plastik dapat dikekalkan dalam bentuknya untuk selama-lamanya selepas ia telah dikeluarkan dari acuan.

Tiga operasi yang dinyatakan di atas adalah faktor utama untuk menentukan produktiviti. Ini adalah kerana dalam bidang perindustrian pengacuan secara penyuntikan, kelajuan untuk penghasilan adalah bergantung kepada :-

- i) Berapa cepat kita boleh memanaskan bahan mentah plastik kepada satu suhu yang sesuai untuk mengacau .
- ii) Berapa cepat kita boleh menyuntik (*injection time*).
- iii) Berapa lama produk dalam acuan itu boleh diturunkan suhunya (*cooling time*).

Operasi lain dalam proses penyuntikan seperti '*clamping the mold*', '*ejecting the part*', '*feeding the machine*' dan lain-lain juga merupakan operasi yang penting dalam '*injection process*'. Kelajuan dan kesan-kesan operasi ini akan mempengaruhi produktiviti. Biasanya ia bukan sahaja bergantung kepada bahan plastik yang diproses itu tetapi juga faktor yang lain, sebagai contohnya hidraulik dalam '*clamping system*' dan rekabentuk dalam sistem penyuntikan.

Komponen asas bagi sistem pengacuan suntikan adalah seperti berikut :-

- i) *Blending*
- ii) *Drying*

- iii) *Hopping*
- iv) *Metering*
- v) *Plastication*
- vi) *Injection*
- vii) *Cooling*
- viii) *Ejection*

Bahan mentah plastik biasanya dibeli dalam bentuk ketulan yang bersaiz kecil dan kemudian dipanaskan dalam satu bekas pemanasan sehingga berubah bentuk ke leburan pekat. Pada tahap ini, plastik barulah boleh dipaksa mengalir ke dalam rongga pada acuan. Setiap jenis plastik adalah berbeza dari segi kebolehan pengalirannya di bawah suatu tekanan dan suhu yang tertentu. Untuk mendapatkan keputusan yang paling optima, suhu peleburan yang betul, tekanan penyuntikan dan kelajuan leburan plastik memenuhi rongga mesti ditentukan dengan menjalankan beberapa eksperimen di mana plastik dan acuan yang digunakan akan ditetapkan sebagai faktor yang malar. Seseengah keadaan mengacu memerlukan kelajuan penyuntikan dan tekanan penyuntikan yang berbeza semasa proses pengisian leburan plastik ke dalam acuan. Dalam Bab 5, kita akan menjalankan satu kajian kes untuk mendapatkan satu keadaan mengacu yang paling baik untuk memenuhi spesifikasi bagi sesuatu produk.

2.3 Kawalan Proses

Pelbagai jenis kawalan proses mesin pengacuan suntikan adalah diperlukan untuk memenuhi permintaan kualiti yang semakin tinggi dalam industri pengacuan suntikan. Antaranya ialah sistem kawalan yang sedia ada akan berfungsi untuk mengawasi keadaan proses (alat petunjuk mesin akan berbunyi atau memberi isyarat lampu apabila suatu percanggahan proses berlaku),

maklum balas (tindakan pembetulan akan dilakukan apabila terdapatnya percanggahan proses), memprogramkan alat kawalan mesin (satu komputer kecil yang boleh mengawal semua fungsi mesin dan semua pembolehubah proses peleburan plastik). Pengetahuan tentang mesin dan keperluan operasinya adalah syarat utama sebelum sebarang program kawalan proses pengacuan suntikan boleh dibangunkan dan digunakan.

Kebanyakan kawalan adalah berbentuk gelung terbuka (*open loop*). Mereka hanya menetapkan alat-alat mekanik atau elektrik kepada suatu suhu operasi, tekanan, masa atau perjalanan yang tertentu. Mereka akan terus menggunakan penetapan awal ini untuk mengoperasikan proses mereka walaupun penetapan awal ini sudah tidak dapat atau tidak sesuai lagi untuk menghasilkan produk yang berkualiti. Masalah utama semasa proses mengacu ialah keseluruhan proses adalah terdedah kepada pelbagai jenis variasi yang sukar dikenalpasti dan inilah yang menyebabkan kawalan proses berbentuk gelung terbuka tidak mencukupi untuk mengawal proses pengacuan suntikan.

Dengan menggunakan kawalan yang sesuai, prestasi plastik di dalam mesin dapat dikawal dalam lengkung had kawalannya untuk menghasilkan barangan cacat sifar (*zero defect*) supaya pengeluaran boleh dijalankan dengan kos yang rendah di samping untuk mencapai prestasi yang ditetapkan atau yang dikehendaki pelanggan. Terdapat beberapa pembolehubah yang harus diberikan perhatian semasa kawalan proses pengacuan suntikan dijalankan. Antaranya ialah kelajuan skru, bahan mentah plastik yang digunakan (*Acrylic, Nylon, PC dan ABS*), suhu peleburan, suhu acuan, tekanan penyuntikan, masa kitar dan sebagainya. Rajah 2.2, 2.3 dan 2.4 (sumber: *Dominick V. Rosato & Donald V. Rosato 1986, Injection Molding Handbook*) telah menunjukkan beberapa contoh

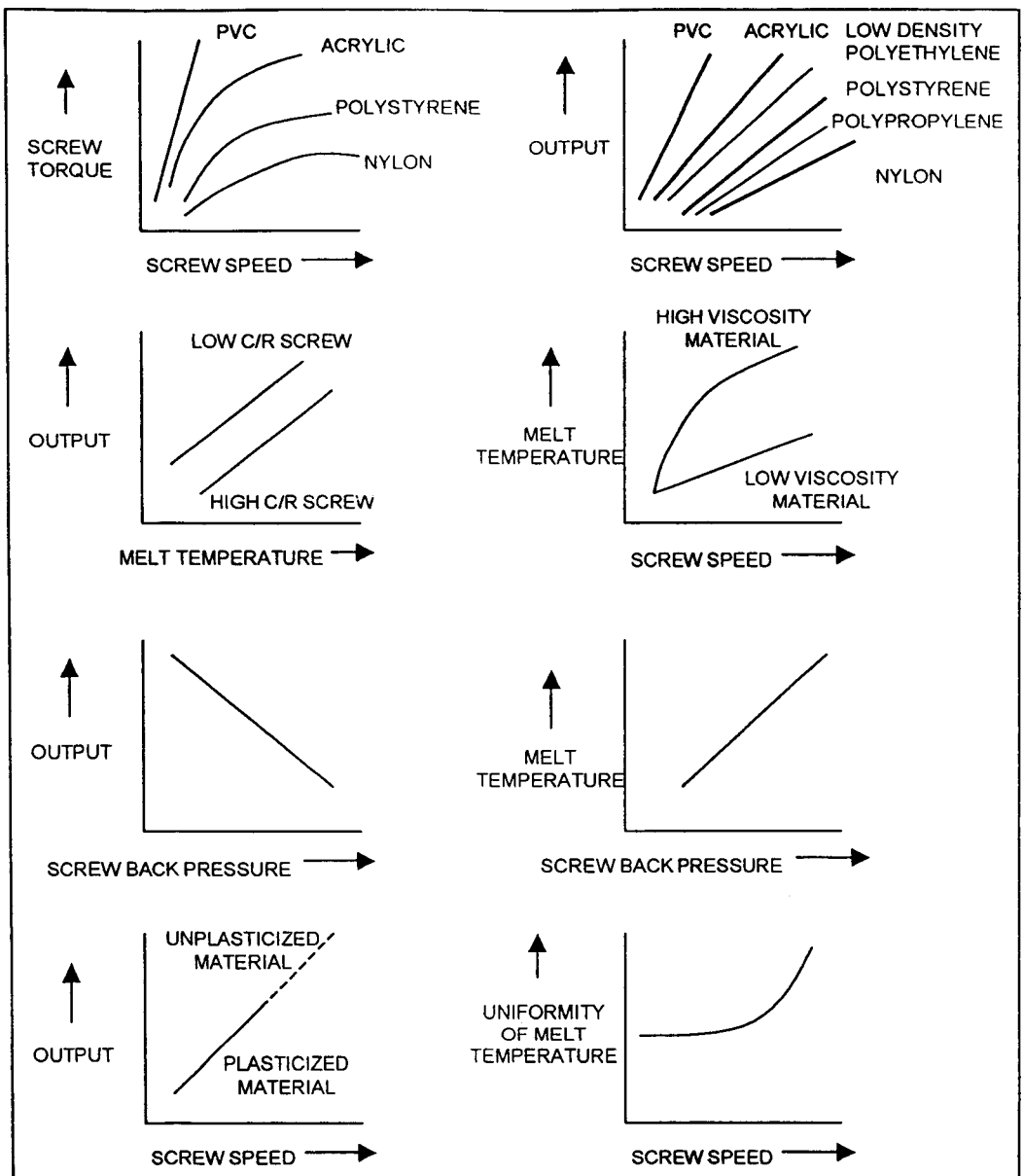
kesan yang disebabkan oleh pembolehkan mesin pengacuan suntikan dan bahan mentah plastik yang tertentu secara amnya. Kita akan mengkaji pembolehkan-pembolehkan ini dalam kajian kes dalam Bab 5 nanti. Aspek penting yang seterusnya ialah menganalisis sama ada sesuatu kesan terhasil akibat daripada tindak balas antara pembolehkan-pembolehkan itu. Biasanya, semua mesin pengacuan suntikan sekurang-kurangnya berkeupayaan memberi tahap leburan yang sesuai supaya plastik boleh memasuki acuan dan menghasilkan produk yang stabil. Seseengah mesin berkeupayaan memberi kawalan proses yang lebih ketat (teknologi zaman kini semakin canggih) dan ini akan membenarkan proses pengeluaran bagi produk yang berkualiti tinggi menjadi semakin mudah dan senang dengan kos paling minimum.

Produktiviti merupakan satu ukuran asas bagi sesebuah syarikat untuk menentukan sama ada ia akan mengaut keuntungan dalam bidang perindustrian. Untuk mengurangkan masa kitar mengacu (*molding cycle time*) dan menghasilkan barangan yang berguna dan berkualiti, kita memerlukan kawalan yang lebih jitu dalam operasi pengacuan suntikan. Pada tahap produktiviti yang tinggi, peratusan barangan rosak yang dihasilkan sudah tentunya akan meningkat. Oleh itu pengeluar akan cuba sedaya upaya untuk menurunkan peratusan ini. Semakin meningkat automasi yang digunakan dalam bidang pengacuan suntikan, kawalan proses menjadi semakin sukar. Ini disebabkan barangan sekarang akan segera dihantar ke proses pemasangan apabila ia diambil keluar dari mesin pengacuan suntikan. Fakta ini sedemikian kerana banyak barangan yang rosak akan tersisir ke mesin pengacuan suntikan. Memandangkan hal sedemikian, kawalan proses yang lebih berkesan adalah

syarat yang tidak boleh diketepikan untuk membolehkan kita terus menikmati kebaikan yang dibawa oleh proses yang berteknologi moden.

Walau bagaimanapun, membeli alat-alat kawalan proses yang canggih bukanlah satu cara yang boleh mengelakkan 100% barangan rosak dihasilkan terutamanya dalam bidang pengacuan suntikan. Untuk menyelesaikan masalah dan mengelak daripada penghasilan barangan rosak, kita perlu memahami sepenuhnya tentang sebab asal kerosakannya di mana sebab ini mungkin tidak begitu jelas pada peringkat awal. Keadaan yang biasanya kita memulakan '*troubleshooting*' bagi sesuatu proses pengacuan suntikan adalah suhu peleburan dan tekanannya. Tetapi selalunya, masalah itu mungkin lebih susah untuk dikesan dan dijelaskan. Ini disebabkan ia mungkin melibatkan rekabentuk acuan, alat kawalan yang sudah rosak dan komponen-komponen mesin yang lain.

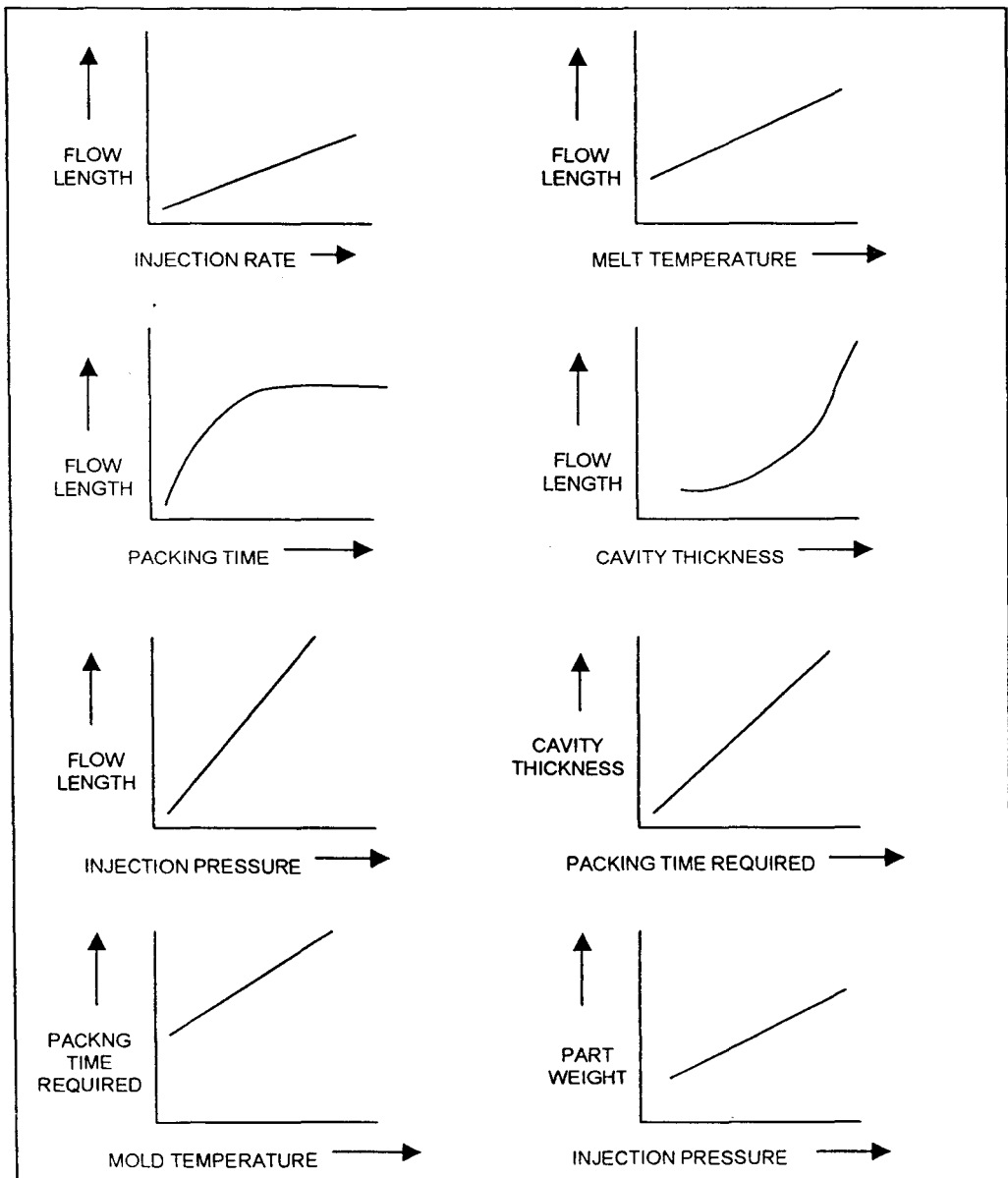
Masalah yang terdapat dalam rekabentuk acuan boleh mengakibatkan tekanan dan suhu berbeza antara rongga dalam satu acuan. Kadang-kala, faktor yang tidak berkait secara langsung kepada proses pengacuan suntikan juga akan menjejaskan kualiti barangan tersebut. Sebagai contohnya, seorang operator mungkin akan menukarkan parameter-parameter mesin pengacuan suntikan secara tidak sengajanya atau sewenang-wenangnya tanpa pengetahuan penyeliaanya. Sistem kawalan proses biasanya tidak boleh atau tidak sesuai untuk menghadapi keadaan yang di luar jangkaan ini.



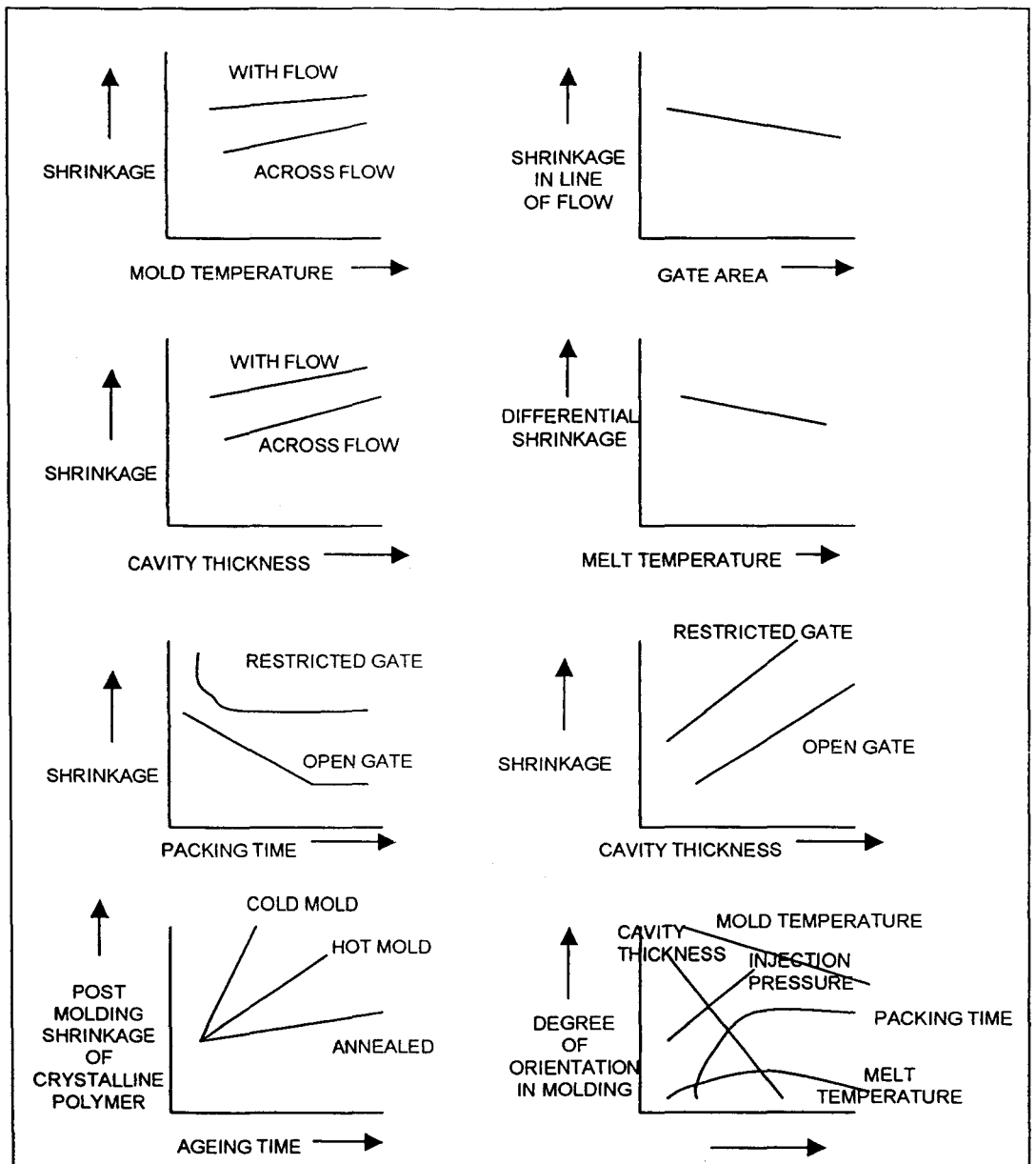
Rajah 2.2 Kesan mesin pengacuan suntikan dan pembolehubah bahan mentah plastik.

Satu kajian telah menunjukkan bahawa sekiranya dibandingkan dengan mesin pengacuan suntikan plastik pada tahun 1970-an, mesin pada zaman kini yang dikawal oleh 'microprocessor' boleh menjimatkan lebih kurang sebanyak USS1000 tenaga dalam satu tahun dan produktivitinya juga adalah lebih tinggi (sumber: Dominick V. Rosato & Donald V. Rosato, *Injection Molding*

Handbook). Angka ini adalah jauh lebih tinggi sekiranya perbandingan di atas tadi adalah berasas dari mesin lama yang masih banyak digunakan dalam industri pengacuan suntikan pada hari ini. Di samping itu, kita juga harus mempunyai teknologi mekanik yang tinggi supaya mesin yang dicipta itu boleh menyesuaikan diri sendiri dengan 'microprocessor' yang dipasangkan ke atasnya. Tidak dapat dinafikan bahawa dengan inovasi teknologi yang semakin



Rajah 2.3 Kesan penyelenggaraan mesin terhadap pelbagai ciri produk plastik



Rajah 2.4 Kesan penyelenggaraan mesin dan dimensi rongga acuan ke atas ciri-ciri plastik seperti pengecutan.

canggih, kawalan proses pengacuan suntikan sudah menjadi semakin mudah dikendalikan tetapi usaha untuk mengawal proses pengacuan suntikan masih memainkan peranan yang penting.

Secara keseluruhannya, kawalan proses pengacuan suntikan plastik adalah sangat penting kerana dalam bidang ini terdapat banyak pembolehubah-pembolehubah yang boleh mempengaruhi kualiti sesuatu barangan. Tambahan lagi, cogan kata 'Pencegahan lebih baik daripada Pengesanan' merupakan satu arah tuju untuk menurunkan kos kualiti dalam bidang perindustrian.

BAB 3 REKABENTUK UJIKAJI (*Design of Experiment*)

3.1 Peranan Rekabentuk Ujikaji

Penyelidik-penyelidik dalam semua bidang pengajian telah menjalankan ujikaji bagi mendapatkan sesuatu keputusan daripada suatu proses tertentu atau untuk membandingkan kesan beberapa faktor terhadap suatu fenomena. Objektif ujikaji tersebut mungkin merupakan suatu pengesahan (iaitu menguji kebenaran pengetahuan tentang suatu sistem) atau suatu penyelidikan (iaitu mengkaji kesan syarat-syarat baru pada suatu sistem). Dalam penyelidikan perindustrian, biasanya sesuatu ujikaji adalah merupakan suatu campuran atau pertukaran operasi biasa suatu sistem dan perkara ini dilakukan dengan tujuan bagi mengukur kesan campuran tersebut.

3.2 Prinsip asas

Sekiranya suatu ujikaji itu perlu dijalankan dengan kecekapan sepenuhnya, maka suatu pendekatan secara saintifik mestilah digunakan untuk merancang ujikaji itu. Dengan rekabentuk ujikaji berstatistik, kita merujuk kepada proses merancang ujikaji itu supaya data yang sesuai akan dikumpulkan. Data ini akan dianalisis dengan menggunakan kaedah-kaedah statistik yang menghasilkan kesimpulan-kesimpulan yang kukuh dan yang berobjektif. Pendekatan secara saintifik pada rekabentuk ujikaji adalah perlu jika kita ingin mendapatkan kesimpulan-kesimpulan yang bermakna daripada data. Apabila sesuatu masalah melibatkan data yang terdedah kepada ralat-ralat ujikaji, hanya kaedah secara statistik sahajalah suatu pendekatan objektif kepada analisis itu. Oleh itu, terdapat dua aspek pada sebarang masalah ujikaji rekabentuk, iaitu ujikaji dan analisis statistik data tersebut. Kedua-dua perkara ini mempunyai hubungan

rapat kerana kaedah analisis bergantung secara langsung pada rekabentuk yang digunakan.

Terdapat tiga prinsip asas rekabentuk ujikaji iaitu pereplikaan, perawakan dan pemblokkan.

a) Pereplikaan

Pereplikaan bermaksud suatu ulangan ujikaji asas. Pereplikaan mempunyai dua ciri penting. Pertama, pereplikaan membolehkan pengujikaji mendapatkan suatu anggaran ralat ujikaji. Anggaran ralat ini menjadi satu unit sukatan yang asas bagi menentukan sama ada perbezaan-perbezaan yang dicerap dalam data memang sebenarnya berbeza secara berstatistik. Kedua, jika min sampel digunakan untuk menganggur kesan suatu faktor dalam ujikaji, pereplikaan membolehkan pengujikaji mendapatkan suatu anggaran kesan yang lebih persis, ini kerana sekiranya σ^2 merupakan varians data tersebut, dan terdapat n replika, varians min sampel ialah

$$\sigma_{\bar{y}}^2 = \frac{\sigma^2}{n}$$

b) Perawakan

Perawakan merupakan asas bagi penggunaan kaedah-kaedah berstatistik dalam rekabentuk ujikaji. Perawakan bermaksud kedua-dua pembahagian bahan ujikaji dan susunan setiap larian atau percubaan ujikaji yang akan dijalankan ditentukan secara rawak. Kaedah-kaedah berstatistik memerlukan cerapan-cerapan (atau ralat-ralat) yang tertabur secara rawak dan tak bersandar antara satu sama lain. Kebiasaannya, perawakan menjadikan anggapan ini sah.

Dengan merawakkan eksperimen itu dengan betul, kita juga akan membantu 'meratakan' kesan-kesan faktor dari luar yang mungkin ada.

c) Pemblokian

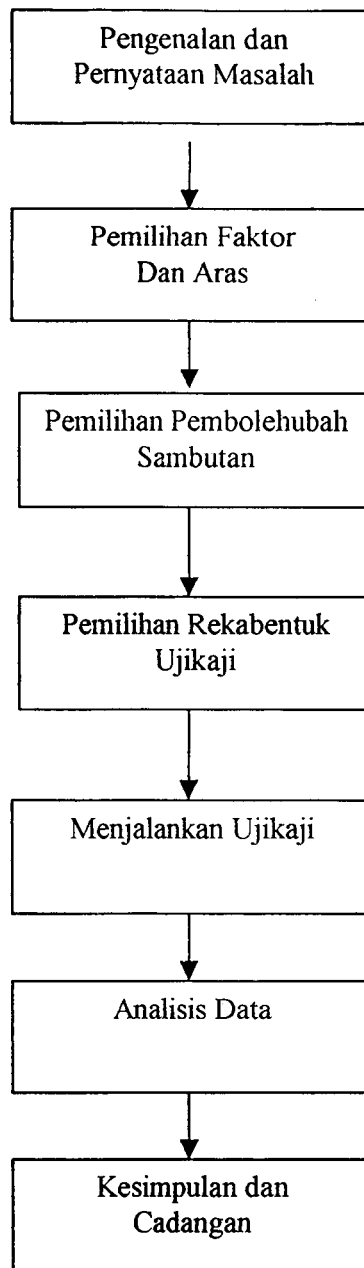
Pemblokian merupakan teknik yang digunakan untuk meningkatkan kepersisian sesuatu eksperimen. Satu blok ialah sebahagian daripada bahan ujikaji yang sepatutnya lebih homogen daripada kesemua set bahan ujikaji. Pemblokian melibatkan kelakuan perbandingan di antara syarat-syarat yang ingin dikaji dalam ujikaji bagi setiap blok.

Untuk menggunakan pendekatan statistik dalam merekabentuk dan menganalisis suatu ujikaji, setiap orang yang terlibat dalam ujikaji tersebut terlebih dahulu mesti mempunyai suatu gambaran yang jelas mengenai perkara sebenar yang hendak dikaji, bagaimana sesuatu data itu dikumpulkan dan sekurang-kurangnya perlu memahami secara kualitatif tentang cara data itu akan dianalisis. Satu garis panduan tatacara yang disyorkan adalah seperti yang diberikan dalam Rajah 3.1.

3.3 Langkah-langkah Merekabentuk Dan Menganalisis Suatu Ujikaji

a) Pengenalan dan pernyataan masalah

Langkah ini mungkin kelihatan nyata, tetapi kebiasaannya bukanlah mudah untuk disedari bahawa satu masalah yang memerlukan penguji kajian wujud dan untuk mendapatkan suatu pernyataan yang jelas dan boleh diterima terhadap masalah tersebut juga bukanlah mudah. Semua idea tentang objektif ujikaji itu perlu dibentuk. Suatu pernyataan yang jelas tentang masalah tersebut kebiasaannya membantu memberi kefahaman yang lebih mengenai fenomena dan kesimpulan terakhir masalah tersebut.



Rajah 3.1 Langkah-langkah merekabentuk dan menganalisis suatu ujikaji

b) Pemilihan faktor-faktor dan aras

Seseorang pengujikaji mesti memilih pembolehubah-pembolehubah tak bersandar atau faktor-faktor yang ingin dikaji. Faktor-faktor dalam sesuatu ujikaji mungkin terdiri daripada faktor-faktor kuantitatif atau kualitatif.

Sekiranya faktor itu merupakan faktor kuantitatif, maka perhatian perlulah diberikan untuk menentukan cara-cara faktor itu patut dikawal pada nilai-nilai yang diperlukan dan bagaimana pula faktor-faktor itu patut disukat. Kita mesti juga memilih julat untuk faktor-faktor berubah dan bilangan aras untuk menjalankan larian-larian. Aras-aras ini boleh ditetapkan atau dipilih secara rawak daripada set semua aras faktor.

c) Pemilihan pembolehubah sambutan

Untuk memilih suatu pembolehubah sambutan atau pembolehubah bersandar, pengujikaji mestilah memastikan bahawa sambutan yang akan disukat benar-benar menyediakan maklumat mengenai masalah yang dikaji. Perhatian juga harus diberikan kepada cara sambutan ini disukat dan kejituan sukatan-sukatan tersebut.

d) Pemilihan rekabentuk ujikaji

Langkah ini merupakan langkah penting yang pertama dalam proses ujikaji. Pengujikaji perlu menentukan perbezaan dalam sambutan sebenar yang ingin didapatkan oleh mereka serta perlu menentukan betapa besarnya risiko yang sanggup dihadapi / ditanggung oleh mereka supaya suatu saiz sampel yang sesuai (bilangan replika) boleh dipilih. Selain itu, mereka juga mestilah menentukan susunan data yang akan dikumpul dan kaedah perawakan yang akan digunakan. Perseimbangan di antara kejituan statistik dengan kos juga sentiasa perlu dijaga. Kebanyakan rekabentuk ujikaji yang disyorkan adalah cekap secara statistik dan adalah menjimatkan. Dengan ini, usaha pengujikaji untuk mendapatkan kejituan statistik akan juga menghasilkan kecekapan yang menjimatkan. Suatu model matematik untuk ujikaji juga

mesti dicadangkan supaya suatu analisis berstatistik untuk data boleh dijalankan.

e) Menjalankan ujikaji

Langkah ini merupakan proses pengumpulan data yang sebenar. Pengujikaji semestinya berhati-hati mengawal kemajuan ujikaji itu untuk menentukan bahawa ujikaji itu berjalan mengikut rancangan. Perhatian yang khusus patut diberikan kepada perawakan dan kejituan sukatan serta perlu memastikan/menentukan keadaan sekeliling yang paling seragam dengan seboleh yang mungkin.

f) Analisis data

Kaedah berstatistik patut digunakan dalam menganalisis data daripada suatu ujikaji. Pada tahun-tahun kebelakangan ini, komputer telah memainkan peranan yang semakin meningkat dalam proses analisis data. Terdapat beberapa pakej perisian yang amat baik dengan keupayaan untuk menganalisis data daripada rekabentuk ujikaji. Pakej perisian yang akan digunakan dalam kajian kes nanti di Bab 5 ialah Minitab.

g) Kesimpulan dan cadangan

Sebaik sahaja data telah dianalisis, pengujikaji boleh mendapatkan kesimpulan-kesimpulan atau pentakbiran-pentakbiran mengenai keputusan itu. Pentakbiran statistik mesti ditafsirkan secara fizikal dan kegunaan bererti untuk kesimpulan-kesimpulan ini dinilai. Kemudian cadangan-cadangan mengenai kesimpulan-kesimpulan ini mestilah dibuat. Cadangan-cadangan ini mungkin termasuklah menjalankan lagi ujikaji yang seterusnya kerana biasanya ujikaji ialah suatu proses lelaran dengan satu ujikaji menjawab beberapa soalan dan secara serentak mengemukakan soalan-soalan lain.