

PENJADUALAN PENGELUARAN MENGGUNAKAN
ATURAN PELEPASAN BERPRIORITI DALAM
SISTEM BERGANGGUAN

Josni Raafin

AYU BIDIAWATI J.R

Tesis ini dikemukakan
sebagai memenuhi syarat penganugerahan
ijazah Sarjana Kejuruteraan (Mekanikal)

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknologi Malaysia

FEBRUARI, 2004

DEDIKASI

Sekalung doa untuk Almarhum Papa Joesni Raalin tersayang, kenangan dan kerinduan yang mendalam menjadi azimat yang membakar semangat ananda untuk menghadiahkan kejayaan ini.....

Buat Mama Ros'aini tercinta, kejayaan ini adalah hasil pengorbanan, restu, doa dan kasih sayang ibunda yang tidak ternilai.....

Untuk Uda Edwin, Ai dan Ivo serta sikecil Vio dan Rama

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, bersyukur saya kepada Allah S.W.T, kerana dengan taufiq dan inayah-Nya, tesis ini dapat disempurnakan.

Dengan rasa suka cita, saya mengucapkan berbanyak-banyak terima kasih kepada penyelia tesis ini, iaitu Prof. Madya Dr. Sha'ri Bin Mohd. Yusof dan Prof. Dr. Mohd. Shariff Bin Nabi Baksh diatas bimbingan, perbincangan serta dorongan yang diberi sepanjang tempoh penyelidikan tesis ini. Tidak ketinggalan juga, ucapan terima kasih saya kepada pensyarah-pensyarah serta rakan-rakan yang sering terbabit mengenai perbincangan-perbincangan yang berkaitan dengan tesis ini.

Sokongan dan kerjasama dari pihak Fakulti Kejuruteraan Mekanikal dan Sekolah Pengajian Siswazah amatlah dihargai. Penghargaan juga diberi kepada juru-juru teknik pengurus makmal industri dan orang/ perseorangan yang telah membantu di dalam penyelidikan ini.

Dan tidak lupa pula penghargaan dan terima kasih kepada rakan-rakan seperjuangan di Kolej Tun Fatimah Blok H-21, rakan-rakan satu ofis Noor Ajian, Thet Thet Mon, dan Nor Syidah. Khasnya rakan-rakan dari Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatta yang menuntut ilmu di UTM serta rakan-rakan di Perhimpunan Pelajar Indonesia-UTM (PPI-UTM) yang sering memberikan semangat dan nasihat.

Akhir kata, semoga tesis ini akan memberikan manfaat kepada pembaca, Insya Allah.

ABSTRAK

Kajian ini mengenai masalah penjadualan pengeluaran yang sering dihadapi oleh syarikat-syarikat pembuatan, iaitu masalah penjadualan pengeluaran yang mengalami gangguan. Gangguan yang berlaku adalah disebabkan oleh perubahan prioriti, kedatangan permintaan baru, dan perubahan tarikh akhir, yang menyebabkan jadual yang telah dibuat menjadi terganggu. Strategi kawalan penjadualan pengeluaran yang diselidiki adalah mencadangkan penjadualan semula dengan menggunakan kaedah aturan pelepasan berprioriti, iaitu aturan (a) 'First Come First Served' (FCFS), (b) 'Earliest Due Date' (EDD), (c) 'Shortest Processing Time' (SPT) and (d) 'Longest Processing Time' (LPT) untuk keadaan sistem penjadualan 'non-preemption' dan 'preemption'. Permodelan simulasi digunakan untuk mendapatkan kaedah aturan yang terbaik dari keempat aturan pelepasan tersebut. Penyelidikan dimulakan dengan satu kajian kes mengenai proses pengeluaran sebuah syarikat tertentu dan memahami keperluan sistemnya. Daripada kajian kes tersebut satu model asas dibangun sebagai landasan untuk menilai dan mengesahkan model simulasi yang dibina. Model simulasi ini digunakan sebagai asas dalam penerapan kaedah aturan pelepasan berprioriti untuk sistem penjadualan 'non-preemption' dan sistem penjadualan 'preemption'. Model asas ini diubahsuaikan untuk sistem penjadualan 'preemption'. Ujikaji-ujikaji telah dilaksanakan dan dianalisa. Keputusan simulasi menunjukkan keberkesanan kaedah aturan pelepasan berprioriti EDD adalah yang lebih baik untuk melakukan penjadualan semula. Aturan EDD juga adalah kaedah aturan yang lebih baik untuk sistem penjadualan 'non-preemption' dan penjadualan 'preemption'.

ABSTRACT

This research address a problem faced by manufacturing companies that is the problem of production scheduling experiencing disruption. The disruption might be caused by changes of priority, new order, and changes of due date in production scheduling. Therefore, the scheduling have been created becomes disturbed. The production scheduling strategies investigated are Priority Dispatching Rules, i.e. (a) First Come First Served (FCFS), (b) Earliest Due Date (EDD), (c) Shortest Processing Time (SPT) and (d) Longest Processing Time (LPT), and are based on non-preemption scheduling and preemption scheduling. Simulation modeling is employed to find out the best strategy out of the four strategies mentioned. The research starts with a case study of production scheduling of a particular company and the understanding of its system's requirements. A basic model was developed from the case study as base of experimentation, evaluation and validation of the simulation model. Then this model is used as the basis in the application of the prioritized dispatching rules of non-preemption scheduling and preemption scheduling system. The basic model is then modified to simulate the preemption production scheduling system. Experiments on the models are conducted and analyzed. The simulation results show that Earliest Due Date (EDD) is the best among the prioritized dispatching rules. The Earliest Due Date (EDD) is also the best rules to do rescheduling for scheduling of non-preemption and scheduling of preemption.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGAKUAN	ii
	DEDIKASI	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI RAJAH	xii
	SENARAI JADUAL	xiv
	SENARAI LAMPIRAN	xvi
BAB I	PENDAHULUAN	
	1.1 Pengenalan	1
	1.2 Latar Belakang Kajian	1
	1.3 Pernyataan Masalah	3
	1.4 Tujuan Kajian	3
	1.4.1 Objektif Kajian	4
	1.4.2 Skop Kajian	4
	1.5 Kepentingan Kajian	5
	1.6 Metodologi Kajian	6
	1.7 Definisi Istilah	6
	1.8 Susunan Tesis	8

BAB II**KAJIAN LITERATUR**

2.1	Pengenalan	9
2.2	Perancangan dan Kawalan Pengeluaran dan Penjadualan	10
2.2.1	Strategi Rekabentuk Sistem Pembuatan	10
2.2.2	Definisi Penjadualan	13
2.2.3	Objektif Penjadualan	14
2.3	Konsep Asas Penjadualan	16
2.3.1	Pengkelasan Penjadualan	16
2.3.2	Penjadualan 'Non-Preemption' dan 'Preemption'	18
2.3.3	Penjadualan Semula	19
2.4	Aturan Pelepasan Berprioriti	20
2.5	Kriteria Penilaian	23
2.6	Kajian-kajian Lepas Penjadualan Pengeluaran	25
2.6.1	Teknik Pendekatan Matematik (Algoritma/Heuristik)	26
2.6.2	Teknik Pendekatan Simulasi	27
2.6.3	Kriteria Penilaian	31
2.7	Ringkasan	38

BAB III**LATAR BELAKANG SYARIKAT DAN
PERUMUSAN MASALAH**

3.1	Pengenalan	39
3.2	Profail Syarikat	39
3.3	Proses Pengeluaran	40
3.4	Proses Pengeluaran Produk HiFi di Seksyen AI	41
3.5	Prosedur Penjadualan Pengeluaran di	43

	Seksyen AI	
3.6	Perumusan Masalah	44
3.7	Ringkasan	45

BAB IV METODOLOGI KAJIAN

4.1	Pengenalan	46
4.2	Ringkasan Umum Metodologi	44
4.3	Perancangan Ujikaji	48
4.3.1	Tahap Pertama: Membangun Model Asas	50
4.3.2	Tahap Kedua: Penjadualan 'Non-preemption'	50
4.3.3	Tahap Ketiga: Penjadualan 'Preemption'	52
4.4	Ciri-ciri Ujikaji	52
4.5	Huraian Model Simulasi	53
4.6	Pengumpulan Data dan Perancangan Model Simulasi	57
4.6.1	Pemilihan Aturan Pelepasan	57
4.6.2	Kriteria Penilaian	58
4.7	Verifikasi Model	59
4.8	Pengesahan Model	59
4.9	Tatacara Ujikaji	60
4.9.1	Pememulaan	60
4.9.2	Penentuan Tahap 'Warm-Up'	61
4.10	Analisis Data Keluaran	61
4.10.1	Penentuan Panjang Repliket	63
4.10.2	Penentuan Saiz 'Batch'	63
4.10.3	Penentuan Bilangan 'Batch'	63
4.11	Analisis	65
4.12	Model Simulasi	66
4.13	Ringkasan	67

BAB V**PEMBANGUNAN MODEL ASAS**

5.1	Pengenalan	68
5.2	Membangunkan Model Asas	68
5.3	Data Untuk Model Asas	70
5.4	Batasan Sistem Model Asas	73
5.5	Pembangunan Model Asas Simulasi	73
	5.5.1 Definisi Elemen	76
	5.5.2 Andaian	76
5.6	Verifikasi Model Asas	76
5.7	Panjang Repliket dan Bilangan 'Batch'	77
5.8	Tahap 'Warm-Up'	79
5.9	Pengesahan Model Asas	81
5.10	Ringkasan	83

BAB VI**UJIKAJI , ANALISIS DAN
PERBINCANGAN**

6.1	Pengenalan	84
6.2	Ringkasan Umum Ujikaji	84
6.3	Ujikaji Tahap Kedua (Penjadualan 'Non-Preemption')	85
	6.3.1 Penerapan Aturan Pelepasan Berprioriti FCFS	85
	6.3.2 Penerapan Aturan Pelepasan Berprioriti EDD	85
	6.3.3 Penerapan Aturan Pelepasan Berprioriti SPT	87
	6.3.4 Penerapan Aturan Pelepasan Berprioriti LPT	88
6.4	Keputusan Analisis Tahap Kedua	90
	6.4.1 Perbandingan Analisis	90

	Menggunakan ANOVA (Turkey's HSD) dan 'Web Chart'	
6.4.2	Keputusan Kaedah Aturan Terbaik	93
6.5	Ujikaji Tahap Ketiga (Penjadualan 'Preemption')	95
6.5.1	Mengubahsuai Model Asas	96
6.5.2	Penerapan Kaedah Aturan FCFS 'Preemption'	98
6.5.3	Penerapan Kaedah Aturan EDD 'Preemption'	99
6.5.4	Penerapan Kaedah Aturan SPT 'Preemption'	100
6.5.5	Penerapan Kaedah Aturan LPT 'Preemption'	100
6.6	Analisis Keputusan Tahap Ketiga	100
6.6.1	Perbandingan Analisis Menggunakan ANOVA	101
6.6.2	Keputusan Kajian	105
6.7	Perbincangan	106
6.8	Ringkasan	109

BAB VII KESIMPULAN DAN CADANGAN

7.1	Pengenalan	111
7.2	Kesimpulan Kajian	111
7.3	Cadangan Kajian Lanjutan	114
7.4	Ringkasan	114
	RUJUKAN	115
	LAMPIRAN	125

SENARAI RAJAH

NOMBOR RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Proses 'Flowshop'	17
2.2	Kriteria Umum Penilaian	24
3.1	Proses Pengeluaran Kilang Kajian	40
3.2	Carta Alir Proses Pengeluaran Produk HiFi di Seksyen AI	42
4.1	Carta Alir Metodologi Kajian	47
4.2	Rancangan Ujikaji	49
4.3	Aktiviti Ujikaji Tahap Pertama	50
4.4	Pelaksanaan Aturan Pelepasan Berprioriti	51
4.5	Perbandingan Aturan Pelepasan Berprioriti	51
4.6	Perbandingan Antara Penjadualan 'Non- preemption' dan 'Preemption'	52
4.7	Stesen Kerja Lini Pengeluaran Kajian	54
4.8	Carta Alir Model Simulasi Kajian	56
4.9	Pelukisan Panjang Repliket (1)	62
4.10	Proses Pengkelompokan Mendapatkan Purata Keseluruhan	62
4.11	Contoh ANOVA dan Tukey's HSD	66
5.1	Susunatur Stesen Kerja Model Asas	69
5.2	Struktur Model Simulasi Asas Simulasi	75
5.3	Tahap 'Warm-Up' FCFS (% 'Mean Tardy')	80
5.4	Tahap 'Warm-Up' FCFS (% 'Mean Lateness')	80
5.5	Tahap 'Warm-Up' FCFS (% 'Mean Flowtime')	80

5.6	Tahap 'Warm-Up' FCFS (% 'Throughput')	81
6.1	Tahap 'Warm-Up' EDD ('Mean Flowtime')	87
6.2	Tahap 'Warm-Up' SPT ('Mean Tardy')	88
6.3	Tahap 'Warm-Up' LPT ('Mean Tardy')	89
6.4	'Web Chart' Perbandingan Keputusan Pengiraan Penjadualan 'Non-preemption' untuk Keempat Kaedah	93
6.5	Struktur Simulasi Pengubahsuaian	97
6.6	Tahap 'Warm-up' FCFS 'Preemption' ('Mean Lateness')	99
6.7	'Web Chart' Perbandingan Keputusan Pengiraan Penjadualan 'Preemption' untuk Keempat Kaedah	103

SENARAI JADUAL

NOMBOR JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Perbandingan Pendakatan Model Kajian Penjadualan Pengeluaran	29
2.2	Analisis Kriteria Penilaian	32
2.3	Kesimpulan Perbandingan Kriteria Penilaian	35
4.1	Ciri Lini Pengeluaran Kajian	55
5.1	Masa Memproses Produk HiFi G300	70
5.2	Masa Memproses Produk HiFi H300	71
5.3	Masa Memproses Produk HiFi BH300	71
5.4	Masa Memproses Produk HiFi Others	71
5.5	Masa Memperbaiki Mesin	72
5.6	Selang Masa Antara Kerosakan Mesin	72
5.7	Selang Masa Kedatangan Produk	72
5.8	Masa Tarikh Akhir Produk	72
5.9	Kuantiti Permintaan Produk	73
5.10	Pengiraan n Untuk FCFS (% 'Mean Tardy')	78
5.11	Pengiraan n Untuk FCFS ('Mean Lateness')	78
5.12	Pengiraan n Untuk FCFS ('Mean Flowtime')	79
5.13	Pengiraan n Untuk FCFS ('Throughput')	79
5.14	Perbandingan Purata Aturan FCFS (sebenar) dengan Aturan FCFS (simulasi)	82

5.15	Peratus Perbezaan Purata Aturan FCFS Simulasi dengan FCFS Sebenar	82
6.1	Pengiraan n Untuk EDD (% 'Mean Tardy')	86
6.2	Pengiraan n Untuk EDD ('Mean Lateness')	86
6.3	Pengiraan n Untuk SPT ('Mean Tardy')	87
6.4	Pengiraan n Untuk SPT ('Mean Lateness')	88
6.5	Pengiraan n Untuk LPT (% 'Mean Tardy')	89
6.6	Pengiraan n Untuk LPT ('Mean Lateness')	89
6.7	Perbandingan Purata Aturan FCFS, EDD, SPT dan LPT (Penjadualan 'Non-preemption')	91
6.8	Signifikan Perbezaan Purata Aturan FCFS, EDD, SPT dan LPT	92
6.9	Pengiraan n untuk FCFS 'Preemption' (Peratus 'Mean Tardy')	98
6.10	Pengiraan n untuk FCFS 'Preemption' ('Mean Lateness')	98
6.11	Perbandingan Purata Aturan FCFS, EDD, SPT dan LPT (Penjadualan 'Preemption')	102
6.12	Signifikan Perbezaan Purata Aturan FCFS, EDD, SPT dan LPT (Penjadualan 'Preemption')	103
6.13	Keputusan Perbandingan Pengiraan Purata Aturan EDD 'Preemption' dengan Aturan EDD 'Non-preemption'	105

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
A.1	Logik Program Model Asas	125
A.2	WITNESS Program	131
A.3	Simulasi Program Model Asas	136
A.4	Simulasi Program Pengubahsuaian Model Asas	164
B.1	Pengumpulan Data Kajian	203
C.1	Penentuan Taburan Kebarangkalian Kuantiti Permintaan	212
C.2	Penentuan Taburan Kebarangkalian Masa Selang Kedatangan Produk	217
C.3	Penentuan Taburan Kebarangkalian Tarikh Akhir	222
C.4	Analisis Data Taburan Masa Memproses Menggunakan Histogram	226
D.1	Pengiraan Nilai I_{target} untuk Penjadualan 'Non- Preemption' dan Penjadualan 'Preemption'	236
D.2	Pengiraan untuk Menentukan n_{new} Bagi Penjadualan 'Non-Preemption' dan Penjadualan 'Preemption'	238
D.3	Tahap 'Warm-up' untuk Penjadualan 'Non- Preemption' dan Penjadualan 'Preemption'	244
E.1	Hasil SPSS Perbandingan Purata Aturan FCFS Sebenar dengan Aturan FCFS Simulasi	249

E.2	Hasil SPSS Perbandingan Purata Aturan Pelepasan Berprioriti FCFS, EDD, SPT dan LPT untuk Penjadualan 'Non-Preemption'	250
E.3	Hasil SPSS Perbandingan Purata Aturan Pelepasan Berprioriti FCFS, EDD, SPT dan LPT untuk Penjadualan 'Preemption'	254
E.4	Hasil SPSS Analisis Perbandingan Aturan EDD 'Preemption' dan Aturan EDD 'Non-Preemption'	258

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pengenalan

Penjadualan pengeluaran adalah sesuatu yang penting di dalam sesebuah syarikat pengeluaran, tambahan pula bila terjadi gangguan atau masalah dalam sistem pengeluarannya. Penyelidikan ini adalah berkaitan dengan penjadualan pengeluaran yang menggunakan kaedah aturan pelepasan berprioriti bagi sistem yang dikenakan gangguan.

Bab ini membincangkan latar belakang penyelidikan, pernyataan masalah, tujuan penyelidikan, skop kajian, metodologi dan di akhir bab ini dijelaskan susunan laporan penyelidikan.

1.2 Latar Belakang Kajian

Situasi persaingan pasaran global dalam ekonomi dunia menimbulkan suatu cabaran dan juga peluang pasaran antar bangsa bagi syarikat pembuatan, terutama yang memiliki keunggulan dalam persaingan. Industri pembuatan di abad ke-21 bercirikan persaingan yang tidak terbatas. Untuk mengendalikan persaingan tidak terbatas itu, maka industri dituntut untuk menghasilkan keluaran berkualiti yang memenuhi kehendak pengguna serta membuat pengelolaan aktiviti keluaran dan

operasi yang produktif dengan kos yang rendah dan tepat pada masanya (Noori dan Radford, 1995). Untuk merealisasikan tujuan ini maka salah satu aspek penting adalah mewujudkan Sistem Perancangan Pengeluaran dan Kawalan yang baik dan berkesan.

Perancangan dan Kawalan Pengeluaran (PPC) merupakan suatu aspek sistem pembuatan yang menggabungkan beberapa elemen fizikal di dalam pembuatan dan aliran maklumat dalam menjalankan sistem pembuatan (Sipper dan Bulfin, 1997). Penjadualan pula merupakan sebahagian dari PPC yang paling penting bagi suatu sistem perancangan dan kawalan pengeluaran (Choi et.al., 2000).

Penjadualan yang berkesan merupakan suatu faktor yang utama bagi pembentukan sistem pembuatan yang produktif (Luh et.al., 1997) serta boleh meningkatkan penghantaran tepat pada masanya, mengurangkan inventori, dan mengurangkan masa mendulu. Suatu proses pengeluaran harus dijadualkan agar barang-barang dapat dibuat tepat pada masanya. Bilakah suatu pesanan harus diselesaikan? Pekerjaan apakah yang seharusnya ditangani lebih awal pada satu stesen kerja? Ini semua merupakan persoalan yang ada dalam kawalan keutamaan atau kawalan prioriti. Tidak ada peraturan prioriti tertentu yang baik bagi semua keadaan (Conway (1967).

Sungguhpun ada banyak kajian mengenai PPC dan penjadualan, namun begitu tidak semuanya hasil kajian yang dilakukan oleh beberapa penyelidik itu dapat digunakan dalam keadaan sebenarnya (Browne et.al., 1981). Pada hakikatnya terdapat banyak masalah dalam sistem pembuatan, iaitu tugas atau tempahan yang datang tidak tepat waktunya, adanya kerja ulangan, masalah kualiti, datangnya pesanan baru, perubahan tarikh akhir atau adanya perubahan prioriti yang berlaku di lantai pengeluaran.

Salah satu masalah yang timbul ialah apabila penjadualan pengeluaran mengalami gangguan. Gangguan ini mungkin disebabkan oleh perubahan prioriti atau datangnya pesanan baru, sehingga mengakibatkan penjadualan yang telah dibuat tidak sesuai digunakan lagi. Oleh kerana itu sesebuah syarikat haruslah memberi tumpuan supaya bersedia mengubah sistem penjadualan pengeluarannya untuk

mengurangkan ketidaksesuaian tersebut dan untuk dapat memperbaiki permasalahan gangguan yang terjadi di rantai pengeluaran.

1.3 Pernyataan Masalah

Persoalan penjadualan timbul apabila terdapat beberapa tugas yang perlu dijalankan secara serentak sedangkan kemudahan yang disediakan terhad. Untuk mendapatkan hasil yang optima dengan kekangan sumber yang dimiliki, penjadualan pengeluaran perlu dilakukan secara cekap ditambah lagi apabila ada gangguan dalam proses pengeluarannya. Kebanyakan penyelidikan yang dilakukan setakat ini telah menganggap tiada gangguan dalam sistem pembuatan, sama ada penyelidik melakukan pendekatan penjadualan secara klasik ataupun dengan pertimbangan teori yang statik dan tidak berkesan. Oleh kerana terdapat gangguan dalam keadaan sebenar di kilang, maka diperlukan suatu pendekatan penjadualan yang dapat memberikan suatu kaedah aturan untuk menempatkan tugas ke stesen-stesen kerja secara berkesan mengikut keadaan yang sebenarnya, dimana penjadualan semula boleh dilakukan untuk menangani gangguan kepada sistem penjadualan pengeluaran.

1.4 Tujuan Kajian

Kajian ini dilakukan bertujuan untuk mengemukakan panduan yang boleh membantu sesebuah syarikat membuat keputusan terhadap penjadualan yang bergangguan, dengan itu sistem penjadualan semula boleh dicadangkan. Kajian yang dilakukan dengan pendekatan secara heuristik, iaitu untuk membandingkan beberapa kaedah aturan pelepasan berprioriti terhadap penjadualan 'non-preemption' dan penjadualan 'preemption' yang diharapkan dapat menghasilkan jadual pengeluaran yang lebih berkesan.

1.4.1 Objektif Kajian

Objektif secara umumnya adalah untuk mengkaji dan menilai daripada penjadualan pengeluaran beberapa aturan pelepasan berprioriti yang berbeza bagi keadaan yang mengganggu keatas penjadualan pengeluaran 'non-preemption' dan penjadualan pengeluaran 'preemption'. Kajian ini dijangka akan dapat menjawab soalan berikut:

- i. Penjadualan yang manakah yang sesuai untuk mengatasi masalah penjadualan pengeluaran yang mengalami gangguan?
- ii. Aturan pelepasan yang manakah yang sesuai dilakukan sebagai panduan dalam penjadualan pengeluaran yang mengalami gangguan?
- iii. Apakah kesan kaedah aturan pelepasan tersebut terhadap beberapa kriteria penilaian yang dikaji?
- iv. Apa kesan penjadualan 'non-preemption' dan penjadualan 'preemption' terhadap kaedah aturan pelepasan berprioriti tersebut?

1.4.2 Skop Kajian

Skop dan anggapan-anggapan kajian boleh diringkaskan seperti berikut:

- a) Kes kajian dilakukan untuk proses pembuatan 'small batch flow line'
- b) Kajian ini ditumpukan kepada sistem pembuatan di satu bahagian sebuah kilang elektronik.
- c) Aturan penjadualan yang digunakan adalah aturan 'First Come First Served' (FCFS), aturan 'Earliest Due Date' (EDD), aturan 'Shortest Processing Time' (SPT), dan aturan 'Longest Processing Time' (LPT).
- d) Kriteria penilaian yang digunakan adalah minimum purata 'flowtime'¹, minimum purata 'lateness'¹, peratus 'mean tardy'¹, dan maksimum 'throughput'¹.
- e) Beberapa andaian-andaian yang diperlukan dijelaskan selari dengan pembangunan model simulasi.

¹ adalah merujuk istilah yang digunakan dalam perisian simulasi

1.5 Kepentingan Kajian

Penjadualan pengeluaran merupakan perkara yang penting sekali dalam sistem perancangan dan kawalan pengeluaran, terutama di dalam proses pengeluaran sesuatu produk. Di mana penjadualan pengeluaran harus dikemas kini, supaya proses pengeluaran boleh dikawal walaupun terjadi gangguan. Malahan proses pengeluaran tersebut mestilah fleksibel apabila terjadi perubahan penjadualan di lantai pengeluaran.

Beberapa maklumat yang diharapkan dapat diperolehi daripada penyelidikan ini adalah:

- i) Penyelidikan berkenaan dengan masalah penjadualan pengeluaran terganggu yang timbul dari sesebuah syarikat pembuatan, setakat ini kajian literatur yang dilakukan menunjukkan masih belum lagi dilakukan oleh mana-mana pengkaji sehingga hari ini. Oleh itu kajian ini dilakukan dan diharapkan dapat digunakan untuk membantu menyelesaikan masalah yang dialami oleh sesebuah syarikat.
- ii) Cadangan ini dapat menjadi panduan bagi syarikat dalam melakukan penjadualan semula dalam sistem pengeluarannya, dimana proses pengeluaran sediaada boleh berjalan dengan penjadualan yang telah diubahsuai.
- iii) Dengan menerapkan penjadualan semula yang menggunakan kaedah aturan pelepasan berprioriti, maka sistem penjadualan yang mengalami gangguan boleh dikawal, dimana kepuasan pelanggan dan pematuhan tarikh siap dapat ditepati.

Dalam hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan yang bererti bagi kilang (syarikat) dalam bidang perancangan dan kawalan pengeluaran khasnya penjadualan pengeluaran produk serta boleh berjaya dalam mengatasi penjadualan yang terganggu.

1.6 Metodologi Kajian

Penyelidikan dimulakan dengan kajian literatur yang berkaitan dengan kajian-kajian penjadualan pengeluaran. Ide asas dalam kajian ini adalah permasalahan penjadualan pengeluaran dalam satu sistem pembuatan. Adapun rangkakerja dalam bentuk cartalir metodologi kajian yang dilaksanakan akan dihuraikan dalam Bab IV.

Dalam memahami satu sistem penjadualan pengeluaran ini, maka satu kes kajian diambil daripada sebuah syarikat untuk memahami proses operasi pengeluaran produk. Sebuah model asas dibentuk sebagai landasan bagi menentukan dan mengesahkan model simulasi yang dibangun. Pendekatan kajian lebih banyak kepada kawalan aturan pelepasan berprioriti terhadap penjadualan 'non-preemption' dan penjadualan 'preemption'. Kajian juga diuji dengan melihat keberkesanannya terhadap kriteria penilaian dari model simulasi yang dibangun tersebut. Kaedah aturan pelepasan berprioriti yang dilaksanakan secara bertahap mulai dari pembangunan model asas, hingga tahap analisis secara statistik untuk melihat perbandingan antara kedua penjadualan yang dilakukan. Perbandingan dilakukan untuk menentukan kesimpulan kajian.

1.7 Definisi Istilah

- a) Perancangan dan Kawalan Pengeluaran (PPC) merupakan suatu sistem pembuatan yang menggabungkan beberapa elemen fizikal pembuatan dan aliran maklumat dalam menjalankan sistem pembuatan (Sipper dan Bulfin, 1997).
- b) Penjadualan pengeluaran merupakan suatu proses menyusun, memilih dan menentukan masa daripada penggunaan sumber untuk melakukan tugas agar dihasilkan keluaran yang dikehendaki pada masa yang tepat dan kos yang rendah (Morton & Pentico, 1993).

- c) Kawalan lantai pengeluaran (*Shop floor control*) adalah aktiviti-aktiviti yang berkaitan dengan pelaksanaan dan pengendalian proses pengeluaran, yang meliputi: pembebanan, penjadualan, turutan, dan mempercepat tugas dalam satu pengeluaran.
- d) Masa kitar merupakan masa yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas pada satu stesen kerja.
- e) Masa aliran (*Flow time*) dapat ditakrifkan sebagai kewujudan tugas dalam lantai pengeluaran.
- f) *Throughput* adalah jumlah keluaran dalam sesuatu jangka masa.
- g) Masa penyediaan dapat didefinisikan sebagai masa yang diperlukan untuk melakukan persiapan pada sesuatu mesin.
- h) Tarikh akhir (*due date*) adalah batasan masa yang ditetapkan untuk menyelesaikan sesuatu tugas.
- i) Aturan pelepasan berprioriti (*Priority Dispatching Rules*) adalah aturan prioriti untuk memilih mesin dan turutan dari tugas untuk dijalankan pada satu stesen kerja dan penugasan kerja ke pekerja. Aturan pelepasan yang digunakan dalam kajian ini adalah berikut:
- Keutamaan barangan yang paling awal tiba (FCFS) merupakan prioriti diberikan pada mesin pertama yang masuk pada satu peringkat.
 - Masa awal tarikh akhir (EDD) merupakan prioriti diberikan berdasarkan tarikh akhir yang lebih awal.
 - Masa memproses paling singkat (SPT) merupakan prioriti diberikan pada proses yang memiliki masa paling singkat.
 - Masa memproses paling lama (LPT) merupakan prioriti diberikan pada proses yang memiliki masa paling lama.

1.8 Susunan Tesis

Bab I menerangkan asas-asas kajian seperti latar belakang kajian, pernyataan masalah, tujuan kajian, objektif kajian, skop kajian, kepentingan kajian, metodologi kajian, definisi istilah, dan susunan daripada laporan kajian ini.

Kajian literatur dibentangkan dalam Bab II. Ianya meliputi konsep dasar sistem perancangan dan kawalan pengeluaran, pengertian penjadualan, juga beberapa kaedah aturan pelepasan berprioriti. Ia juga menerangkan beberapa rujukan dari penyelidik-penyelidik terdahulu untuk menyokong kajian yang akan dilakukan.

Dalam Bab III dijelaskan tentang latar belakang syarikat, tempat di mana kes kajian dilakukan, dan juga dijelaskan tentang perumusan daripada permasalahan.

Bab IV menghuraikan tentang metodologi kajian yang dilakukan yang meliputi langkah-langkah yang dijalankan dalam penyelidikan. Bermula dari huraian model, prosedur percubaan, perancangan model simulasi dan pemilihan aturan pelepasan berprioriti yang dilakukan serta ukuran kriteria penilaian daripada kajian ini.

Dalam Bab V menjelaskan prosedur dalam membangunkan model asas simulasi, iaitu mengikut keadaan semula jadi di sesebuah syarikat pembuatan.

Bab VI pula menjelaskan ujikaji dan hasil ujikaji dilakukan perbandingan terhadap aturan pelepasan yang dijalankan. Bab ini akan juga akan membincangkan hasil dan analisis daripada data yang telah diperolehi. Seterusnya perbandingan dilakukan dengan pendekatan secara statistik dalam menganalisis hasil yang didapati dari model simulasi ini. Dan akhirnya hasil simulasi diperbincangkan.

Dalam Bab VII kesimpulan dan cadangan kajian lanjutan dihuraikan dan juga ringkasan daripada kajian ini dimajukan.

7.3 Cadangan Kajian Lanjutan

Beberapa kajian lanjutan boleh dijalankan bagi meneruskan lagi penyelidikan dalam bidang penjadualan pengeluaran:

- i. Pengembangan model simulasi untuk sistem penjadualan yang menggunakan kaedah aturan pelepasan berprioriti yang lain dari yang telah dilakukan misalkan dengan menggunakan aturan LWR, CR, ST dan lainnya dengan kriteria penilaian yang berbeza untuk keadaan sistem penjadualan 'preemption'.
- ii. Pengembangan model simulasi untuk penjadualan pengeluaran yang optimal dari kemampuan penerapan beberapa aturan pelepasan yang menggunakan struktur produk (*bill of material*).

7.4 Ringkasan

Ringkasan dari hasil ujikaji-ujikaji yang dilakukan telah dijelaskan dan cadangan kajian lanjutan pun telah diberikan. Berdasarkan itu semua maka dari penyelidikan yang telah dilakukan ini, dapat diringkaskan bahawa kajian ini adalah merupakan satu kajian yang membentuk satu kaedah penjadualan yang lebih baik yang selama ini belum dilakukan oleh pengkaji-pengkaji sebelum ini. Kajian dilakukan dengan pendekatan model simulasi dengan menggunakan kaedah aturan pelepasan berprioriti. Kaedah aturan pelepasan berprioriti adalah diharapkan semoga ianya dapat membantu dalam penyelesaian masalah penjadualan yang sering dihadapi oleh pengusaha/ syarikat pembuatan dan juga ianya boleh membantu dalam memahami masalah penjadualan yang kompleks terutama apabila berlaku proses pengeluaran yang mengalami gangguan.

RUJUKAN

- Abdallah, M.H. (1995). "A Knowledge-Based Simulation Model for Job Shop Scheduling." *International Journal of Operations & Production Management*. 10:15; 89-102.
- Agnetis et.al., (1997). "Scheduling of Flexible Flow Lines in an Automobile Assembly Plant." *European Journal of Operational Research*. 348-362.
- Alexopoulos, S. and Seila, A.F. (2001). "Output Data Analysis for Simulations". *Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference*. 155-122.
- Baker, K.R.(1974). "Introduction to Sequencing and Scheduling." New York: John Willey.
- Bankston, J.B., and Harnett, R.M. (2000). "An Heuristic Algorithm for Multi-Product Single Machine Capacitated Production Scheduling Problem". *Computer and Operations Research*.
- Bauer, Alfred. (1994). "Shop Floor Control Systems: From Design to Implementation." London: Chapman & Hall.
- Baxter, L. and Johnson, M.E. (1993). "Don't Implement Before You Validate". *Industrial Engineering*. February; 60-62
- Bedworth, D. D. and Bailey, J. E. (1987). "Integrated Production Control Systems." Singapore, John Wiley & Sons.

- Belz, R and Mertens, P. (1996). "Combining Knowledge-based Systems and Simulation to Solve Rescheduling Problems." *Decision Support Systems*. 141-157.
- Bienstock, C.C. (1996). "Sample Size Determination in Logistics Simulations". *International Journal of Physical Distribution and Logistic Management*. 26:2; 45-50.
- Brah, S. A. and Loo, L. L. (1999). "Heuristics for Scheduling in a Flow Shop with Multiple Processors." *European Journal of Operational Research*. 113-122.
- Browne, J., Harhen, J. and Shivnan, J. (1996). "Production Management Systems". 2nd Edition. Addison-Wesley.
- Caffrey, J. and Hitchings, G. (1995). "Makespan Distributions in Flow Shop Scheduling." *International Journal of Operations & Production Management*. 15:3; 50-58.
- Centeno, M.A. (1996). "An Introduction to Simulation Modeling". *Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference*. 15-22.
- Cepek, O., Okada, M. and Vlach, M. (2002). "Nonpreemptive Flowshop Scheduling with Machine Dominance." *European Journal of Operational Research*. 245-261.
- Chang, Y.L., and Sullivan, R.S. (1990). "Schedule Generation in a Dynamic Job Shop". *International Journal Production Research*.
- Cheng, T. C. E. and Lin, B. M. T. (2000). "Makespan Minimization in the Two-machine Flowshop Batch Scheduling Problem." *Naval Research Logistic*. 47:2; 128-144.

- Choi, S.H., and Lee, J.S.L. (1998). "A Sequence Algorithm for Minimising Makespan in Multi-part and Multi-machine Flow Shop Cases". *International Journal of Operation & Production Management*.
- Choi, S. H. and Lung, J. S. (2000). "A Sequence Algorithm for Minimising Makespan in Multi-part and Multi-machine Flowshop Cases." *Integrated Manufacturing Systems*. 11:1; 62-73.
- Conway, R.W., Maxwell, W.L., and Miller, L.W. (1967). "Theory of Scheduling." London: Reading MA Addison Wesley.
- Daniel, V. and Guide Jr. R. (1997). "Scheduling with Priority Dispatching Rules and Drum-Buffer-Rope in a Recoverable Manufacturing System." *International Journal Production Economics*. 101-116.
- Dengiz, B. and Akbay, K. S. (2000). "Computer Simulation of a PCB Production Line: Metamodeling Approach." *International Journal Production Economics*. 195-205.
- Djellab, K. (1999). "Scheduling Preemptive Jobs with Precedence Constraints on Parallel Machines." *European Journal of Operation Research*. 355-367.
- Duwayri, Z. and Mollaghasemi, M. (2001). "Scheduling Setup Changes at Bottleneck Facilities in Semiconductor Manufacturing." *Proceeding of the 2001 Winter Simulation Conference*.
- Emshoff, J.R. and Sisson, R.L. (1970). "Design and Use of Computer Simulation Models". New York. Mac Millan Publishing Co.
- Fogarty, D. W., Blackstone, J. H. and Hoffman, T. R. (1991). "Production and Inventory Management." 2nd. ed. Cincinnati. Southwestern.
- Forrester, J.W. (1961). "Industrial Dynamics". Oregon. Productivity Press.

- Framinan, J. M., Leisten, R. and Ruiz-Usano, R. (2002). "Efficient Heuristics for Flowshop Sequencing with the Objectives of Makespan and Flowtime Minimization." *European Journal of Operation Research*. 559-569.
- French, S. (1982). "Sequencing and Scheduling: An Introduction To The Mathematics of The Job Shop." England: Ellis Horwood.
- Gan, P.Y. et.al. (2000). "A Study of Scheduling in a Mold Manufacturing Cell". *Proceedings of the Second International Conference on Advanced Manufacturing Technology*.
- Gasperz, V. (1998). "Production Planning and Inventory Control: Berdasarkan Pendekatan Sistem Terintegrasi MRP II dan JIT Menuju Manufacturing 21." Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Goldratt, E.M., and Fox, R.E. (1986). "The Race." New York: North River Press.
- Goldratt, E.M. and J. Cox. (1992). "The Goal". Second Revised Edition. Croton-on-Hudson. NY: North River Press.
- Goldsman, D. and Tokol, G. (2000). "Output Analysis Procedures for Computer Simulations". *Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference*. 39-45.
- Gomes, C.P., Tate, A., and Thomas, L. (1994). "A Distributed Scheduling Framework". *Journal of IEEE*.
- Goyal, S.K., Mehta, K., Kodali, R., and Deshmukh, S.G. (1995). "Simulation For Analysis of Scheduling Rules For a Flexible Manufacturing System". *Integrated Manufacturing System*, 6:5; 21-26.
- Guinet, A. (2000). "Efficiency of Reductions of Job-shop to Flow-shop Problems." *European Journal of Operation Research*. 469-485.

- Gupta, S.K. (1981). "Production Scheduling Techniques." New Delhi: Delhi University Press.
- Hicks, C.R. (1999). "Fundamental Concepts in the Design of Experiments". New York. Holt, Rinehart and Winston.
- Hoover, S.V. and Perry, R.F. (1989). "Simulation: A Problem Solving Approach". New York. Addison-Wesley Publishing Company.
- Hopp, W. J., and Spearman, M.L. (1995). "Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management." Chicago: Irwin.
- Houghton, E. and Portugal, V. (1995). "A Planning Model for Just-in-time Batch Manufacturing." *International Journal of Operations & Production Management*. 15:9; 9-25.
- Jain, A.S., and Meeran, S. (1999). "Theory and Methodology: Deterministic Job Shop Scheduling: Past, Present. And Future." *European Journal of Operational Research*.
- Jain, S. and Chan, S. (1997). "Experiences with Backward Simulation Based Approach for Lot Release Planning." *Proceeding of the 1997 Winter Simulation Conference*.
- Johtela et.al., (1997). "Supporting Production Planning by Production Process Simulation." *Computer Integrated Manufacturing Systems*. 10;3, 193-203.
- Kadipasaoglu, S.N., Xiang, W., and Khumawala, B.M. (1999). "Batch Scheduling in a Multistage Multiproduct Manufacturing System an Application". *International Journal of Operation & Production Management*.
- Kim, J. S., Kang, S. H. and Lee, S. M. (1996). "Transfer Batch Scheduling for a Two-stage Flowshop with Identical Parallel Machines at each Stage." *International Journal Management Science*. 25:5; 547-555.

- Korhonen, H. M. E., Heikkila, J. and Tornwall, J. M. (2001). "A Simulation Case Study of Production Planning and Control in Printed Wiring Board Manufacturing." *Proceeding of the 2001 Winter Simulation Conference*.
- Lam, K. and Xing, W. (1997). "New Trends in Parallel Machine Scheduling." *International Journal of Operation & Production Management*. 17:3; 326-338.
- Law, A.M. and Kelton, W.D. (1999). "Simulation Modeling and Analysis". New York. Mc.Graw-Hill Book Company.
- Law, A.M., 1991. "Selecting Simulation Software". *Automation News*. 5:1; 3-8
- Lee, Long Hay, Cang, Loon Ching and Chan, Soon Chee. (2001). "Dispatching Heuristic for Wafer Fabrication". *Proceeding of The 2001 Winter Simulation Conference*.
- Leu, B. Y. and Nazemetz, J. W. (1995). "Comparative Analysis of Group Scheduling Heuristics in a Flow Shop Cellular System." *International Journal of Operations & Production Management*. 15;9; 143-157.
- Li, Heng, Li, Zhicheng, Li, Ling X. and Hu, Bin. (2000). "A Production Rescheduling Expert Simulation System." *European Journal of Operational Research*. Vol. 124, 283-294.
- Li, Rong-Kwei, Shyu, Yu-Tan and Adiga, Sadashiv. (1993). "A Heuristic Rescheduling Algorithm for Computer Based Production Scheduling Systems". *International Journal of Production Research*. Vol. 31, No. 8, 1815-1826.
- Lindau, R. A., Kanflo, T. and Lumsden, K. R. (1994). "Impact of Real-time Information for Scheduling a Car-body Shop – A Simulation Study." *International Journal of Operations & Production Management*. 14:3; 114-125.

- Liu, K. C. (1998). "Dispatching Rules for Stochastic Finite Capacity Scheduling." *Computers in Engineering*. 35:1-2; 113-116.
- Luh, P.B., Wang, J.H., and Tomastik, R.N., (1997). "Near-Optimal Scheduling of Manufacturing System with Presence of Batch Machines and Set-up Requirements". *Annals of the CIRP*. Vol. 46.
- Maxwell, S.E. and Delaney, H.D. (1990). "Designing Experiments and Analyzing Data". California Wadsworth Publishing Company.
- Mehta, A. (2000). "Smart Modeling – Basic Methodology and Advance Tools". *Proceeding of the 2000 Winter Simulation Conference*. 241-245.
- Montgomery, D.C. (1991). "Design and Analysis of Experiments". 3rd Edition. New York. John Wiley & Sons.
- Morton, T.E., and Pentico, D.W. (1993). "Heuristic Scheduling Systems: With Applications Systems and Project Management." New York: John Willey & Sons.
- Nahmias, S. (1997). "Production and Operations Analysis." Chicago: Irwin.
- Narasimhan, S.L. (1984). "Scheduling in Two-Stage Manufacturing Process". *International Journal Production Research*. Vol. 22.
- Newman, W. R. and Maffei, M. J. (1999). "Managing the Job Shop: Simulating the Effects of Flexibility, Order Release Mechanisms and Sequencing Rules." *Integrated Manufacturing System*. 10:5; 266-275.
- Noori, H., and Radford, R. (1995). "Production and Operations Management: Total Quality and Responsiveness." New York: Mc. Graw-Hill
- Ott, R.L. and Longnecker, M. (2001). "An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis". 5th ed. Australia. Duxbury.

- Paz, N.M. and Leigh, W. (1999). "Maintenance Scheduling: Issues, Results and Research Needs. *International Journal Operations and Productions Management*". Vol.14, No. 811.
- Pegden, C.D. (1990). "Introduction to Simulation Using SIMAN." New York: Mc. Graw-Hill Inc.
- Pegden, C.D., r.E. Shannon and R.P. Sadowski. (1995). "Introduction to Simulation Using SIMAN, 2nd Edition. New York. Mc Graw-Hill.
- Pelagagge, P. M. and Cardarelli, G. (1996). "An Effective Loading Rule for FMS Real Time Scheduling." *Integrated Manufacturing Systems*. 7:1; 52-59.
- Porter, K., Little, D., Peck, M. and Rollins, R. (1999). "Manufacturing Classifications: Relationships with Production Control Systems. *Integrated Manufacturing Systems*. 10:1; 189-198.
- Radiya, A. and Sargent, R.S., (1987). "A New Formalism for Discrete Event Simulation". *Proceeding of the 1987 Winter Simulation Conference*. 554-558.
- Ramasesh, R. (1990). "Dynamic Job Shop Scheduling: A Survey of Simulation Research." *International Journal of Management Science*. 18:1; 43-57.
- Reddy, B.S.P., and Rao,C.S.P. (2000). "Simultaneous Scheduling of Machines and Material Handling System in a FMS". *Proceedings of the Second International Conference on Advanced Manufacturing Technology*.
- Saravanan, A.N., Zhang, Y.F., and Fuh, J.Y.H. (2000). "Integration of Process Planning and Scheduling Functions for Batch Manufacturing". *Proceedings of the Second International Conference on Advanced Manufacturing Technology*.

- Selladurai, V., Aravindan, A., Ponnambalam, S. G. and Gunasekaran, A. (1995). "Dynamic Simulation of Job Shop Scheduling for Optimal Performance." *International Journal of Operations & Production Management*. 15:7; 106-120.
- Shannon, R.E. (1998). "Introduction to the Art and Science of Simulation". *Proceeding of the 1998 Winter Simulation Conference*. 7-14.
- Sipper, D., and Bulfin, R.L. (1997). "Production: Planning, Control and Integration." New York: Mc. Graw-Hill Companies.
- Sivakumar, A. I. (1999). "Optimization of Cycle Time and Utilization in Semiconductor Test Manufacturing Using Simulation Based, On Line, Near-Real-Time Scheduling System." *Proceeding of the Winter Simulation Conference*.
- Vollman, T.E., Berry, W.L., and Wybark, D.C. (1992). *Manufacturing Planning and Control System*. Chicago: Irwin.
- Vollman, T. E., Berry, W. L. and Whybark, D. C. (1997). "Manufacturing Planning and Control Systems." 4th. ed. USA. McGraw-Hill.
- Weng, M. X. (2000). "Scheduling Flow-Shops with Limited Buffer Space." *Proceeding of the 2000 Winter Simulation Conference*.
- WITNESS User Manual. (1996). UK: AT & ISTEL.
- Wong, W.K. and Chan, C.K. (2001). "A Hybrid Flowshop Scheduling Model for Apparel Manufacturing". Vol.13, No.2, 115-131.
- Wu, H.H., Li, R.K. (1995). "A New Rescheduling Method for Computer Based Scheduling Systems". *International Journal of Production Research*. Vol.33, No.8, 2097-2110.

Xing, Wenxun and Zhang, Jiawei. (2000). "Parallel Machine Scheduling With Splitting Jobs". *Discrete Applied Mathematics*. Vol. 103, 259-269.

Zijm, W.H.M. (1995). "The Integration of Process Planning and Shop Floor Scheduling in Small Batch Part Manufacturing". *Annals of the CIRP*. Vol. 44.