

PENJADUALAN *PREEMPTION* MENGGUNAKAN ATURAN PELEPASAN BERPRIORITI DALAM SISTEM BERGANGGUAN

Ayu Bidiawati J.R
Sha'ri Mohd. Yusof
Mohamed Shariff Nabi Baksh

Jabatan Pengeluaran dan Industri
Fakulti Kejuruteraan Mekanikal,
Universiti Teknologi Malaysia
81310 UTM Skudai, Johor, Malaysia
e-mail: ayubidiawati@yahoo.com

ABSTRAK

*Kertas kerja ini membentangkan kajian yang bertujuan untuk mengemukakan panduan untuk membantu sesebuah syarikat dalam membuat keputusan terhadap penjadualan yang bergangguan. Penjadualan semula dicadangkan dengan melakukan 'preemption'. Kajian dilakukan dengan pendekatan secara heuristik, iaitu dengan membandingkan beberapa kaedah aturan pelepasan berprioriti. Aturan pelepasan termasuk Masuk Dahulu Keluar Dahulu (First Come First Serve), Tarikh Siap Terawal (Earliest Due Date), Masa Proses Terpendek (Shortest Processing Time) dan Masa Proses Terlewat (Latest Processing Time) telah digunakan dalam kajian ini. Hasil kajian ini mendapati bahawa aturan pelepasan Tarikh Siap Terawal lebih berkesan berbanding dengan aturan lain. Perbandingan dilakukan terhadap beberapa kriteria penilaian, seperti purata kelewatan (mean lateness), purata masa alir (mean flowtime), 'mean tardy', dan 'throughput'.**

Kata kunci : *Penjadualan pengeluaran, Aturan Pelepasan, Sistem Bergangguan.*

1.0 PENGENALAN

Sistem pembuatan merupakan suatu sistem multiaktiviti di mana terdapat banyak aktiviti yang berkaitan dengan bahan, mesin dan peralatan, tenaga kerja, informasi, teknologi, dan lain-lain. Aktiviti-aktiviti ini saling mempengaruhi dan ia merupakan satu gabungan yang dapat menghasilkan keluaran [1][2]. Perancangan dan Kawalan Pengeluaran (*Production Planning and Control, PPC*) merangkumi semua aktiviti yang berkaitan dengan perancangan dan penjadualan sistem pembuatan dan perkhidmatan. Menurut Sipper dan Bulfin [3], PPC didefinisikan sebagai suatu kaedah yang menggabungkan beberapa elemen fizikal pembuatan dan aliran informasi untuk mengendalikan sistem pembuatan. Salah

* Istilah Bahasa Inggeris akan digunakan untuk perkataan yang lebih mudah difaham menerusi bahasa tersebut.

satu aktiviti penting dalam PPC adalah penjadualan pengeluaran. Penjadualan pengeluaran merupakan salah satu keputusan paling penting dari suatu sistem perancangan dan kawalan pengeluaran [4]. Penjadualan yang berkesan merupakan suatu faktor yang utama bagi pembentukan sistem pembuatan yang produktif [5] serta boleh meningkatkan penghantaran tepat pada masa, pengurangan inventori, dan penyingkatan masa mendulu.

Pada hakikatnya terdapat banyak masalah dalam sistem pembuatan, seperti 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. Masalah yang timbul boleh menyebabkan penjadualan pengeluaran terganggu dan mengakibatkan jadual yang telah dibentuk tidak sesuai lagi. Oleh yang demikian, syarikat harus memberi tumpuan untuk bersedia mengubah jadual pengeluarannya bagi mengurangkan ketidaksesuaian tersebut dan memperbaiki masalah gangguan yang terjadi di lantai pengeluaran.

Oleh kerana terdapat gangguan dalam keadaan sebenar di kilang, maka perlu dibentuk satu pendekatan penjadualan yang dapat memberikan suatu kaedah aturan untuk menempatkan tugas ke stesen-stesen kerja secara berkesan mengikut keadaan sebenar. Banyak kaedah yang boleh digunakan untuk mengatasi permasalahan dalam penjadualan pengeluaran ini. Salah satu pendekatan ialah dengan melakukan penjadualan semula menggunakan kaedah aturan pelepasan berprioriti (*Priority Dispatching Rules*).

2.0 PENJADUALAN 'PREEMPTION'

Penjadualan *preemption* adalah penting untuk persekitaran yang melibatkan tugas, di mana apabila ada gangguan dalam bentuk pesanan baru berlaku pada tahap kerja separa siap, maka proses pengeluaran yang sedang berjalan akan diganggu untuk dihentikan. Keadaan tersebut mengakibatkan pekerja perlu melakukan penugasan semula untuk satu pesanan baru, di mana berlaku prioriti tinggi, sehingga perlu merancang proses selanjutnya [6].

Dalam penjadualan mesin selari satu tugas dikatakan *preemption* jika ia memungkinkan untuk ditahan dan jika terdapat tundaan proses operasi di peringkat terakhir dalam satu lini pengeluaran [7]. Penjadualan *preemption* daripada sesuatu pesanan tidak akan lebih panjang daripada penjadualan *non-preemption*. Tugas *preemption* dapat mengurangi *makespan non-preemption* daripada penjadualan dua mesin sehingga 33 % [7].

Jika *preemption* dibenarkan untuk penjadualan mesin selari maka masa penyediaan boleh dipertimbangkan [8]. *Preemption* yang dilakukan membenarkan proses operasi untuk satu tugas, namun demikian tidak semua stesen kerja boleh melakukan *preemption*. Menurut Lam dan Xing [8] stesen kerja yang boleh melakukan *preemption* adalah stesen kerja pemasangan kerana andaian bahawa proses pengeluaran hanya 50 % selesai.

2.1 Aturan Pelepasan Berprioriti

Dalam usaha untuk menyelesaikan masalah sistem penjadualan pengeluaran yang berganggu ini, satu kaedah berbentuk heuristik telah dibangunkan dengan menggunakan aturan pelepasan berprioriti. Mekanisme aturan pelepasan penjadualan pengeluaran yang biasa digunakan adalah untuk kawalan aliran produk yang masuk ke lantai pengeluaran, di mana aturan ini dijalankan oleh satu syarikat yang mempunyai prioriti tugas di setiap stesen kerja [9]. Banyak aturan pelepasan yang boleh digunakan, namun dalam kajian ini aturan pelepasan yang dijalankan adalah aturan *First Come First Served* (FCFS), aturan *Earliest Due Date* (EDD), aturan *Shortest Processing Time* (SPT) dan aturan *Longest Processing Time* (LPT) sahaja [10][11][12].

3.0 MODEL SIMULASI DAN UJIKAJI

Kajian ini berkaitan dengan permasalahan penjadualan pengeluaran yang mengalami gangguan dalam satu sistem pembuatan. Satu kes kajian telah diambil daripada satu syarikat pembuatan *small batch flow line* untuk memahami proses pengeluaran produk. Sebuah model dibentuk dengan pendekatan kepada kawalan aturan pelepasan berprioriti terhadap penjadualan *preemption*. Model dibangunkan dan diterjemahkan kepada model simulasi dengan menggunakan perisian simulasi WITNESS. Perisian ini dapat memberikan interaktif dan pendekatan visual yang baik dalam pembentukan model serta dalam menterjemahkan sesuatu proses pengeluaran [13].

Simulasi bermaksud proses untuk membangunkan model bagi satu sistem yang sebenar atau model yang masih belum wujud lagi dan melakukan ujian ke atas model ini untuk memerhati atau memahami perilaku sistem dan menganggarkan prestasi sistem dalam pelbagai situasi dengan berbantuan komputer [14][15]. Permodelan simulasi digunakan untuk mendapatkan kaedah aturan yang sesuai bagi aturan pelepasan berprioriti tersebut. Kajian juga dilakukan untuk melihat keberkesannya terhadap kriteria penilaian dari model simulasi yang dibangunkan.

Model simulasi yang dibangunkan ini mempunyai ciri-ciri berikut; masa kedatangan setiap produk berbeza mengikut kepada permintaan dan dalam bentuk taburan, masa memproses di setiap mesin dalam bentuk taburan untuk setiap produk, dan aturan pelepasan yang digunakan adalah FCFS, EDD, SPT dan LPT.

Ujikaji dilakukan terhadap keempat-empat aturan pelepasan, kemudian dilakukan perbandingan terhadap keempat-empat aturan tersebut untuk melihat keberkesannya terhadap kriteria penilaiannya. Dalam kajian ini kriteria penilaian yang digunakan dalam mencapai objektif yang dijanakan, dinilai dan dibandingkan merujuk kepada kajian Daniel dan Guide [16], iaitu seperti berikut;

a) *Mean Flowtime*

$$\bar{F} = \frac{\sum_{i \in \theta} (P_i - R_i)}{N}$$

dengan, \bar{F} = Purata *mean flowtime*
 P_i = Masa tamat tugas i
 R_i = Masa ketibaan tugas i
 N = Bilangan produk siap

b) *Mean Lateness*

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i \in \theta} \text{Max}(0, LA_i)}{NT}$$

dengan, \bar{T} = *Mean lateness*
 LA_i = Kelambatan tugas = $P_i - di$
 di = Masa tarikh akhir tugas i
 $NT = \sum A_i$, $A_i = 1$ jika $LA_i > 0$; $A_i = 0$ jika $LA_i \leq 0$

c) *Peratus Mean Tardy*

$$\% T = 100 * \frac{NT}{N}$$

d) Purata *Throughput* (N)

Dalam kajian ini satu proses pengeluaran mengalami *preemption* kerana adanya gangguan dengan datangnya pesanan baru pada tahap kerja separa siap, maka proses pengeluaran yang sedang berjalan akan diganggu untuk ditolak. Penjadualan *preemption* membenarkan penangguhan proses operasi yang sedang berjalan dan mempercepat proses pengeluaran untuk tugas yang baru tiba.

Dalam ujikaji yang dilakukan, struktur model simulasi yang dibangunkan terdiri dari lapan mesin. Setiap dua mesin yang bersebelahan dibatasi dengan penimbal. Mesin akan menarik komponen dari setiap penimbal, kemudian komponen yang ada di mesin akan ditolak ke penimbal berikutnya. Di akhir stesen kerja, komponen yang telah selesai dikerjakan dihantar ke stor. Dalam kajian ini model simulasi yang dijalankan terdiri daripada beberapa produk, iaitu produk HiFi jenis BH300, H300, G300 dan produk-produk lain. Jenis elemen terbahagi kepada bahagian produk, mesin, penimbal (*buffer*), sifat (*attribute*), dan taburan (*distribution*). Tiap-tiap produk mempunyai permintaan dengan saiz kelompok (*batch*) yang berbeza. Jumlah bilangan produk dihuraikan dalam

bentuk taburan statistik. Setiap produk dibenarkan untuk melakukan *preemption* dalam proses pengeluaran yang sedang berjalan. Jadual *preemption* setiap produk mengikut taburan dan dilakukan berasingan dari proses pengeluaran. Selang kedatangan produk *preemption* untuk masing-masing produk berbeza-beza iaitu berasaskan kepada taburannya.

Ujikaji dilakukan dengan menggunakan kaedah aturan pelepasan FCFS, aturan EDD, aturan SPT dan aturan LPT. Setiap kaedah aturan pelepasan ini disimulasi selama 1500 kali larian dengan satu *run* memerlukan masa (panjang repliket) selama 57600 saat. Dalam kajian ini, ujikaji yang dijalankan menggunakan *Single factor (multi level)*, dan untuk memastikan bilangannya cukup, analisis varians (ANOVA) digunakan untuk membandingkan keempat-empat aturan pelepasan. Perisian SPSS versi 11.0 digunakan untuk menilai ANOVA terhadap data keluaran yang diperolehi.

4.0 KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

Analisis dilakukan berdasarkan kepada hasil yang diperolehi daripada perjalanan model simulasi ini. Purata dari setiap kriteria penilaiannya dikira dan dibandingkan dari setiap aturan pelepasan. Purata terkecil dikenalpasti dan ANOVA digunakan untuk membandingkan purata terkecil dengan purata lainnya. Berasaskan ujian ANOVA, perbezaan signifikan dari purata yang terkecil disimpulkan. Kriteria penilaian yang memiliki nilai terkecil akan dipilih sebagai aturan pelepasan berprioriti yang terbaik. Jadual 1 menunjukkan perbandingan keputusan pengiraan dan sisihan piawai keempat-empat kaedah aturan dengan menggunakan ANOVA. Jadual 2 menunjukkan perbezaan signifikan antara keempat-empat aturan pelepasan berprioriti dengan menggunakan Turkey's HSD.

Jadual 1 menunjukkan bahawa EDD telah dipilih sebagai kaedah aturan yang terbaik. Keputusan ini berdasarkan kepada hasil pengujian ANOVA yang menunjukkan bahawa untuk kriteria penilaian peratus 'mean tardy' yang paling kecil diperolehi melalui aturan EDD, iaitu sebanyak 0.67 %. Aturan EDD juga menghasilkan purata kelewatan yang paling kecil sebanyak 1000 (0.1×10^5) saat.

Untuk kriteria penilaian purata masa alir (*mean flowtime*), nilai paling kecil diperolehi dari aturan LPT, iaitu selama 1.49×10^5 saat. Manakala untuk *throughput* dengan menggunakan aturan FCFS, ia dapat menghasilkan kuantiti yang paling banyak iaitu 93413 unit.

Dalam Jadual 2 untuk peratus *mean tardy* menunjukkan bahawa aturan EDD adalah amat berbeza berbanding dengan tiga aturan pelepasan berprioriti yang lain. Aturan EDD juga memberi perbezaan yang signifikan terhadap *mean lateness*. Manakala untuk *mean flowtime* menunjukkan aturan LPT memiliki perbezaan yang signifikan berbanding dengan tiga aturan yang lain. Namun demikian untuk bilangan *throughput*, aturan FCFS signifikan berbeza terhadap aturan EDD dan aturan SPT, tetapi tidak signifikan berbeza dengan aturan LPT.

Berasaskan keputusan perbandingan yang diperolehi maka aturan EDD adalah kaedah aturan pelepasan berprioriti yang terbaik untuk penjadualan *preemption*.

Jadual 1 Perbandingan Purata Aturan FCFS, EDD, SPT dan LPT

Kriteria Penilaian (Penjadualan <i>Preemption</i>)	Kaedah Aturan Pelepasan Berprioriti (Penjadualan <i>Preemption</i>)								Sig*
	Aturan FCFS		Aturan EDD		Aturan SPT		Aturan LPT		
	Purata	Sisihan Piawai	Purata	Sisihan Piawai	Purata	Sisihan Piawai	Purata	Sisihan Piawai	
% Mean tardy	25.08	0.44	0.67	0.05	3.91	0.55	2.77	0.25	0.000*
Mean lateness	1.13	0.01	0.10	0.01	36.46	4.80	11.18	1.22	0.000*
Mean Flowtime	5.63	0.04	5.35	0.09	2.79	0.44	1.49	0.30	0.000*
Throughput	93412.9	20636.4	83016.6	18775.9	73258.3	16333.8	92409.9	18940.6	0.000*

- Mean Lateness dan Mean Flowtime dalam masa, manakala throughput dalam bilangan unit
- Pengujian menggunakan ANOVA
- * Perbezaan signifikan pada $\alpha = 0.05$

Jadual 2 Perbezaan Signifikan Purata Aturan FCFS, EDD, SPT dan LPT

Kriteria Penilaian	Aturan FCFS	Aturan EDD	Aturan SPT	Aturan LPT
% Mean Tardy	-24.41*	—	-3.24*	-2.10*
Mean Lateness	-1.02*	—	-36.36*	-11.08*
Mean Flowtime	-4.13*	-3.86*	-1.29*	—
Throughput	—	10396.35*	20154.61*	1003.06

- * Menunjukkan perbezaan purata signifikan pada $\alpha = 0.05$
- Pengujian menggunakan ANOVA dan Turkey's HSD
- Menunjukkan tingkatan signifikan purata terkecil (kolum) terhadap setiap barisan
- Menunjukkan tingkatan signifikan purata terbesar (kolum) terhadap setiap barisan

Kajian ini mendapati bahawa apabila terjadi *preemption* maka kesan terhadap *throughput* dapat dipenuhi secara maksimum dan masa *flowtime* minimum. Selladurai et. al. [17] dalam kajiannya membuktikan bahawa apabila terjadi *preemption* maka aturan pelepasan FCFS lebih baik berbanding dengan yang lainnya, apabila dikehendaki nilai *throughput* itu maksimum. Kajian ini bertentangan dengan Duwayri dan Mollaghasemi [18] bahawa dalam keadaan apapun aturan pelepasan EDD lebih baik untuk penjadualan *preemption*.

Pernyataan Duwayri dan Mollaghasemi [18] dibuktikan dengan keputusan kajian yang diperolehi, iaitu aturan pelepasan EDD adalah kaedah yang terbaik untuk penjadualan *preemption*. Kajiannya menggunakan satu mesin dengan satu produk, sedangkan kajian yang dilakukan menggunakan beberapa mesin selari dengan beberapa produk. Walaupun dengan bilangan mesin dan produk yang berbeza, hasil kajian yang didapati adalah konsisten iaitu aturan EDD yang terbaik.

Djellab [7] membuktikan bahawa penjadualan *preemption* untuk mesin selari mencapai *flowtime* minimum. Keputusan Djellab [7] adalah konsisten dengan kajian ini yang dapat menghasilkan *flowtime* yang minimum. Keputusan kajian ini juga disokong oleh kajian Xing dan Zhang [19] yang menggunakan mesin selari untuk keadaan penjadualan *preemption* yang mendapati *flowtime* yang minimum. Kajian mereka menggunakan pendekatan secara algoritma matematik, sedangkan dalam kajian ini menggunakan perisian simulasi. Hasil kajian yang diperolehi adalah konsisten bahawa penjadualan *preemption* untuk mesin selari akan mendapati *flowtime* yang minimum.

5.0 KESIMPULAN

Dari perbincangan yang telah dijelaskan, maka dapat disimpulkan bahawa masalah penjadualan pengeluaran adalah masalah penting dalam sistem pembuatan. Sesuatu syarikat pembuatan perlu menerapkan satu kaedah yang sesuai dalam menjadualkan pengeluaran produknya, iaitu dengan menggunakan kaedah aturan pelepasan berprioriti. Dari hasil kajian yang diperolehi maka penjadualan pengeluaran produk yang menggunakan aturan pelepasan EDD adalah lebih baik untuk keadaan *preemption* berbanding aturan yang lain. Hasil kajian mendapati bahawa peratus *mean tardy*, *mean lateness* dan *flowtime* yang rendah, dan *throughput* yang tinggi apabila aturan ini digunakan. Dengan menerapkan aturan pelepasan EDD untuk penjadualan pengeluaran produk ini, diharapkan syarikat dapat membuat produk dengan hasil keluaran yang optimal dan dapat menghantarkan produk-produknya tepat pada masanya, serta sebagai panduan bagi syarikat untuk melakukan penjadualan semula terhadap sistem pengeluaran yang bergangguan.

RUJUKAN

1. Gasperz, V., 1998. “*Production Planning and Inventory Control: Berdasarkan Pendekatan Sistem Terintegrasi MRP II dan JIT Menuju Manufacturing 21*” Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
2. Porter, K., Little, D., Peck, M. dan Rollins, R., 1999. “Manufacturing Classifications: Relationships with Production Control Systems”. *Integrated Manufacturing Systems*. 10:1; 189-198. MCB Press.

3. Sipper, D., dan Bulfin, R.L., 1997, "*Production: Planning, Control and Integration*" New York: McGraw-Hill Companies.
4. Choi, S. H. dan 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.
5. Luh, P.B., Wang, J.H., dan 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.
6. Paz, N.M. dan Leigh, W., 1999, "Maintenance Scheduling: Issues, Results and Research Needs. *International Journal Operations and Production Management*". Vol.14, No. 8, MCB Press.
7. Djellab, K., 1999. "Scheduling Preemptive Jobs with Precedence Constraints on Parallel Machines." *European Journal of Operation Research*. 355-367
8. Lam, K. dan Xing, W., 1997, "New Trends in Parallel Machine Scheduling." *International Journal of Operations and Production Management*, 17:3; 326-338.
9. Newman, W. R. dan 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.
10. Conway, R.W., Maxwell, W.L., dan Miller, L.W., 1967, "*Theory of Scheduling*", London: Reading MA Addison Wesley.
11. Nahmias, S., 1997, "*Production and Operations Analysis*." Chicago: Irwin.
12. Vollman, T. E., Berry, W. L. dan Whybark, D. C., 1997, "*Manufacturing Planning and Control Systems*" 4th. ed. McGraw-Hill.
13. WITNESS User Manual, 1996. UK: AT & ISTEL.
14. Emshoff, J.R. dan Sisson, R.L., 1970. "*Design and Use of Computer Simulation Models*". New York. MacMillan Publishing Co.
15. Pegden, C.D., 1990, "*Introduction to Simulation Using SIMAN*" New York: McGraw-Hill.
16. Daniel, V. dan Guide Jr. R., 1997, "Scheduling with Priority Dispatching Rules and Drum-Buffer-Rope in a Recoverable Manufacturing System," *International Journal Production Economics*, 101-116.
17. Selladurai, V., Aravindan, A., Ponnambalam, S. G. dan Gunasekaran, A. 1995, "Dynamic Simulation of Job Shop Scheduling for Optimal Performance" *International Journal of Operations and Production Management*. 15:7; 106-120.
18. Duwayri dan Mollaghasemi, M., 2001, "Scheduling Setup Changes at Bottleneck Facilities in Semiconductor Manufacturing," *Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference*.
19. Xing, Wenxun dan Zhang, Jiawei., 2000, "Parallel Machine Scheduling With Splitting Jobs". *Discrete Applied Mathematics*, Vol. 103, 259-269.