

MODIFIKASI ALGORITMA GIFFLER DAN THOMPSON UNTUK PENJADWALAN JOB SHOP

Rahmat Hidayat

*Jurusan Teknik Industri
Universitas Trunojoyo*

ABSTAK

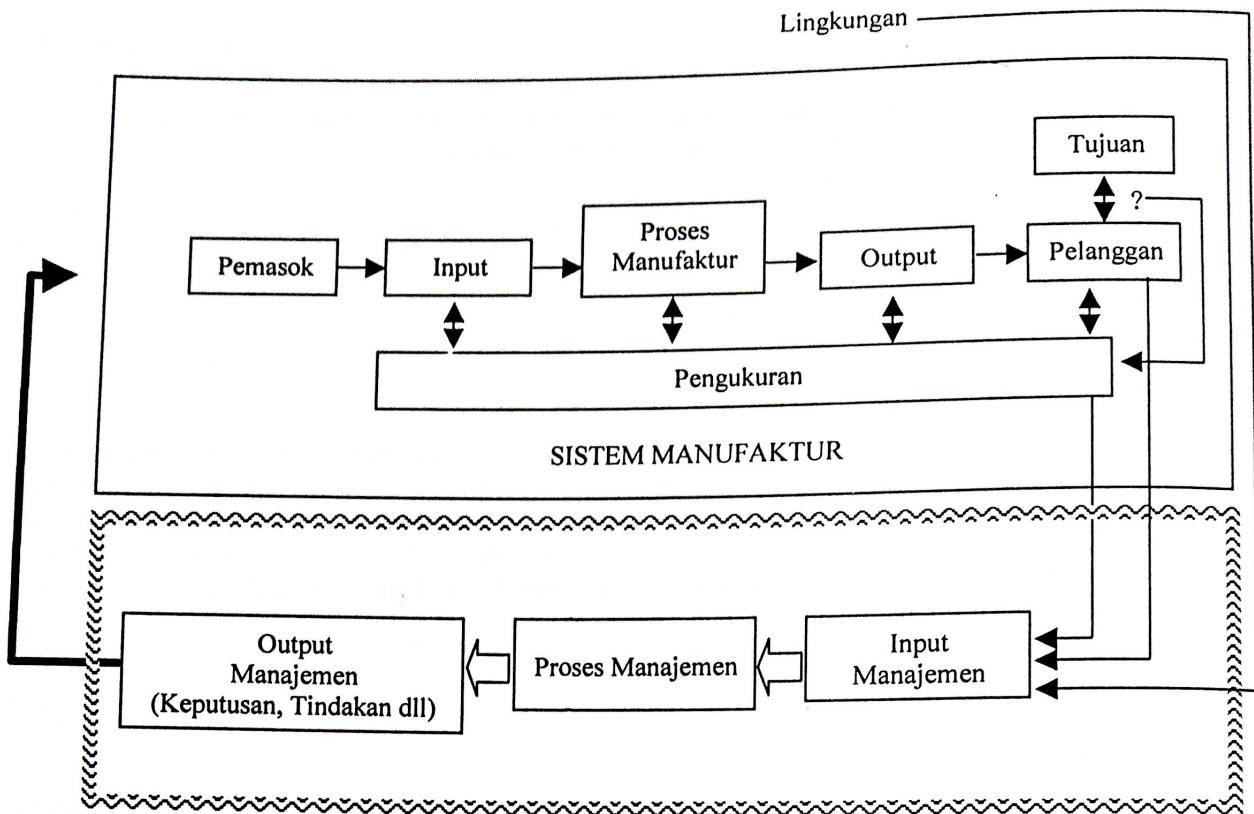
Modifikasi Algoritma Giffler dan Thompson tentang penjadwalan telah dibandingkan untuk suatu algoritma *real time* (RTP). Hasil menunjukkan bahwa algoritma Modifikasi Giffler dan Thompson berkombinasi dengan jarak waktu dinamis yang lebih baik dan menghasilkan perbandingan dengan RTP algoritma. Modifikasi metode heuristik ini menggunakan heuristik, di samping juga menggunakan dua metoda pencarian baru yang jarang digunakan dan didasarkan pada metoda yang berfungsi menghasilkan suatu pendekatan.

Kata kunci: Algoritma Giffler dan Thompson, RTP dan Heuristik

1. PENDAHULUAN

Sistem adalah suatu kelompok elemen yang berinteraksi atau saling tergantung secara teratur yang membentuk satu kesatuan menuju pencapaian suatu tujuan. Berdasarkan konsep umum tentang sistem di atas, maka dapat dibangun suatu sistem manufaktur dan manajemen sistem manufaktur. Manajemen sistem manufaktur terdiri dari dua konsep, yaitu : (1) konsep sistem manajemen, dan (2) konsep sistem manufaktur. Suatu sistem manufaktur mengkonfrensi input yang berasal dari pemasok menjadi output untuk digunakan oleh pelanggan, sedangkan manajemen sistem manufaktur memproses informasi yang berasal dari sistem manufaktur, pelanggan dan lingkungan melalui proses manajemen untuk menjadi keputusan atau tindakan manajemen guna meningkatkan efektivitas dan efisiensi dari sistem manufaktur itu. Konsep sistem manufaktur dan manajemen sistem manufaktur ditunjukkan dalam gambar dibawah ini :

Agar industri manufaktur menjadi kompetitif dalam pasar global yang dinamik, maka industri itu membutuhkan sistem informasi terintegrasi yang mampu memberikan informasi secara komprehensif kepada manajemen untuk membuat keputusan secara manajerial secara akurat. Dengan demikian melalui sistem informasi yang terintegrasi secara akurat dan proses manajemen manufaktur yang efektif, akan menghasilkan keputusan manajemen yang tepat untuk peningkatan terus-menerus dari sistem manufaktur tersebut. Dengan kata lain sistem informasi terintegrasi akan memberikan suatu keunggulan kompetitif bagi sistem manufaktur.



Gambar 1. Konsep Manajemen Sistem Manufaktur

Sistem Manajemen

Catatan : 1 = informasi dari sistem manufaktur, 2 = informasi dari pelanggan (standar kualitas, harga, waktu penyerahan, dll), dan 3 = informasi dari lingkungan (pesaing, pasar, peraturan pemerintah, dll)

Algoritma yang dikembangkan Giffler dan Thompson (1960) adalah untuk memecahkan segala permasalahan dalam penjadwalan produksi. Jadwal yang dibuat oleh Giffler dan Thompson dimodifikasi dalam rangka menghasilkan jadwal yang tidak bisa menunda pekerjaan. Jadwal pekerjaan yang tidak bisa ditunda adalah jadwal mesin karena melakukan memproses beberapa operasi. Di dalam suatu mesin, kadang-kadang ada lebih dari satu operasi yang mungkin menyebabkan konflik penetapan.

2. ALGORITMA GIFFLER DAN THOMPSON

Banyak Riset mengusulkan pendekatan metode jadwal heuristik dengan memodifikasi Algoritma Giffler dan Thompson. Modifikasi Algoritma Giffler dan Thompson yang dihasilkan adalah waktu proses paling pendek (SPT), kebanyakan sisa pekerjaannya (MWKR), tanggal jatuh tempo paling awal (EDD), tanggal jatuh tempo (FDD), perbandingan kritis (CR) dan pekerjaan dengan index mungkin juga memberi hasil yang kurang bagus dengan ukuran lain. Oleh karena itu, ukuran-ukuran didasarkan pada penyelesaian waktu, tanggal jatuh tempo, inventori dan biaya-biaya pemanfaatan. Waktu arus maksimum dan memperkecil waktu penyelesaian adalah kategori yang berdasar pada penyelesaian waktu. Penelitian ini memodifikasi algoritma Giffler dan Thompson masalah penjadwalan yang dinamis dengan metode heuristik dan pencapaian akhir. Pertimbangan yang penting untuk memilih Giffler dan Thompson (1960) adalah (1) Algoritma adalah jadwal heuristik yang meperkirakan untuk menemukan solusi yang baik untuk permasalahan yang sulit. (2) Algoritma

membatasi banyaknya penyebutan satu per satu yang diperlukan untuk menentukan jadwal yang aktif.
(3) Algoritma adalah kesesuaian algoritma untuk lingkungan pekerjaan yang realistis.

Pengambil alihan algoritma umum penjadwalan diterangkan sebagai berikut:

- (1) Tidak ada hak membeli lebih dahulu, ini berarti operasi sekali ketika memulai diproses tanpa gangguan sampai penyelesaian,
- (2) Masing-Masing pekerjaan mempunyai operasi beda, satu atas mesin masing-masing,
- (3) Tidak ada pembatalan, masing-masing pekerjaan harus diproses ke penyelesaian,
- (4) Waktu proses adalah bekerja dengan sendirinya,
- (5) Waktunya untuk pindah pekerjaan pada pekerjaan yang lebih sepele,
- (6) Ada mesin paralel pada stasiun-kerja masing-masing, dan
- (7) Mesin tidak pernah ada gangguan.

2.1 Perhitungan Waktu Riil

Musa (2002) mengusulkan suatu metode untuk waktu yang riil untuk mendekati peluang tanggal jatuh tempo pemesanan dalam lingkungan pekerjaan perbelanja. Metode RTP berasumsi bahwa pemesanan tiba dengan dinamis satu demi satu dan diperlakukan sebagai:

- (1) Waktu dinamis membuat tahap ketersediaan sumber daya yang diperlukan untuk pemesanan masing-masing operasi,
- (2) Pemesanan sendiri karakteristik yang lebih spesifik, dan
- (3) Komitmen ke pemesanan sebelumnya.

Pemesanan mengalir berdasar waktu pada kondisi ketika kedatangan sebagai: $D_i = T_i + F_i + B$ jika F_i adalah waktu perkiraan arus pemesanan, dan T_i tiba waktu pemesanan pada waktu T dengan jarak waktu B , dan D_i adalah tanggal jatuh tempo pemesanan.

Waktu Arus yang diperkirakan dinyatakan sebagai berikut:

$$t_{i,j} \text{ min} \leftarrow T_i$$

$$t_{ij} \leftarrow RO(t_{ij} \text{ min } p_{ij})$$

$$t_{i,j+1} \text{ min} \leftarrow t_{ij}$$

$$F_i \leftarrow t_{i,\theta} - t_{i,j} \text{ min}$$

Dimana jika $t_{i,j} \text{ min}$ adalah waktu memulai operasi yang mungkin paling awal j dalam pemesanan i , dan $t_{i,j}^*$ adalah waktu penyelesaian operasi yang yang diperkirakan j dalam pemesanan i , dan p_{ij} adalah total disediakan dan waktu proses untuk operasi j dalam pemesanan i . Berfungsi RO adalah waktu yang paling awal ketika sumber daya akan tersedia lengkap untuk operasi.

2.2 Penjadwalan dengan Algoritma Giffler dan Thompson

Giffler dan Thompson (1960) yang dikembangkan suatu penjadwalan algoritma pemecahan masalah untuk memperkecil panjang jadwal produksi. Pertimbangan yang penting untuk memilih Giffler dan Thompson (1960) sebagai basis tentang modifikasi adalah (1) Algoritma adalah jadwal heuristik yang meperkirakan untuk menemukan baik solusi untuk permasalahan yang sulit dengan yang sehat, (2) Algoritma membatasi banyaknya penyebutan satu per satu yang diperlukan untuk temukan jadwal yang aktif, dan (3) Algoritma adalah sesuai algoritma untuk lingkungan pekerjaan yang realistis.

Dalam studi ini, memodifikasi penjadwalan yang aktif Giffler dan Thompson digunakan di jarak waktu dinamis sebagai prioritas kedua perintah untuk mematahkan yang utama. Jarak waktu

yang dinamis dibangun Algoritma Giffler dan Thompson untuk mengakomodasi alam yang dinamis. Yang dimodifikasi Algoritma Giffler dan Thompson diuraikan di bawah.

Prosedur algoritma:

Langkah 1. yang dibiarkan $T=1$ dengan $P1$ menjadi 0. $S1$ akan menjadi satuan operasi dengan tidak ada pendahulu

Langkah 2. Temukan $\{ \delta k \}$ untuk semua ok dalam St

Langkah 3. Mengkalkulasi $DSTK^* = \min\{DSTk\}$ untuk semua ok dalam St .

Langkah 4. (a) menambahkan oj dalam Pt yang menciptakan $Pt+1$

(b) Hapus oj dari St dan menciptakan $St+1$ dengan menambah St operasi yang secara langsung mengikuti oj dalam operasinya

(c) $T=T+1$ yang di-set.

Langkah 5. Jika $t < nm$ pergi untuk melangkah 2. Cara lainnya, stop.

2.3 Ukuran Keberhasilan Penjadwalan Algoritma

Dalam pemecahan *flow shop*, salah satu dari sasaran hasil adalah untuk mengatur hubungan antara tanggal jatuh tempo pekerjaan, beban kerja dan kapasitas produksi dalam rangka menjangkau efektifitas pabrik yang maksimal dan untuk kebutuhan tanggal jatuh tempo pelanggan. Efisiensi pabrik dapat diukur dalam kaitan dengan berbagai ukuran pencapaian. Untuk mengevaluasi pencapaian algoritma, ukuran pencapaian menggunakan studi ini adalah berarti tardiness. Tardiness terjadi jika suatu pekerjaan diselesaikan setelah tanggal jatuh temponya. Pertimbangan di belakang menggunakan rata-rata tardiness diterangkan sebagai berikut (1) Ukuran-Ukuran mendasarkan atas tanggal jatuh tempo, (2) Rata-Rata tardiness adalah sesuai ketika awal pekerjaan tidak mengambil apapun penghargaan dan di sana hanya memperoleh hukuman untuk pekerjaan akhir-akhirnya.

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{n}$$

Dimana T adalah berarti tardiness, dan n adalah jumlah pekerjaan untuk dijadwalkan. Tardiness digunakan untuk mengevaluasi pencapaian RTP dan kemudian dimodifikasi Giffler dan Thompson. Semakin kecil rata-rata tardiness adalah, makin baik algoritmanya. Ini disebabkan oleh tiga faktor utama dalam pekerjaan belanja. Ke tiga faktor utama adalah banyaknya produk, banyaknya mesin pada setiap stasiun kerja dan ketepatan tanggal jatuh tempo. Permasalahan akan mempunyai tiga tingkatan jumlah produk, tiga tingkatan jumlah stasiun kerja dan tiga tingkatan tanggal jatuh tempo.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam jurnal ini, tardiness diberlakukan untuk mengevaluasi pencapaian RTP dan dimodifikasi Giffler dan Thompson. Semakin kecil rata-rata tardiness adalah, makin baik algoritmanya. Permasalahan Test dihasilkan dengan tiga faktor utama dalam pekerjaan berbelanja. Ke tiga faktor utama adalah banyaknya produk, banyaknya mesin pada setiap stasiun kerja dan ketepatan jumlah stasiun kerja dan tiga tingkatan tanggal jatuh tempo. Tingkatan dari tiap faktor utama dapat ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Permasalahan Test

Parameter	Range	Unit	Remarks
Number of Product types	2-7	types	small level
	8-14	types	medium level
	15-20	types	large level
Number of workstations	2-3	workstations	small level
	4	workstations	medium level
	5-6	workstations	large level
Tightness of due date (due date = release date + k* total operation time)	k = 4 or 5 k=2 or 3 k = 1	unit time	loose level medium level tight level
Operation time	1-10	Time units	
Number of machines	1-2		Fixed
Quantity of order	1-30	units	

Tabel 2 menunjukkan banyaknya mesin pada setiap stasiun kerja yang diterapkan ini satuan test permasalahan. Langkah-langkah penyelesaian masalah diuraikan sebagai berikut:

Langkah 1: Hasilkan tingkatan banyaknya produk untuk masing-masing masalah dan jumlah jenis produk yang sesuai Tabel 1.

Langkah 2: Hasilkan kwantitas pesanan untuk masing-masing jenis produk.

Langkah 3: Hasilkan waktu proses untuk masing-masing operasi dari tiap jenis produk.

Langkah 4: Hasilkan tingkatan banyaknya stasiun kerja untuk masing-masing masalah.

Langkah 5: Hasilkan tingkatan tanggal jatuh tempo untuk masing-masing masalah dan tanggal jatuh tempo untuk masing-masing produk jenis.

Langkah 6: Hasilkan urutan proses untuk masing-masing produk.

Langkah 7: Hasilkan tanggal pelepasan untuk masing-masing produk.

Tabel 2. Jumlah Mesin untuk Permasalahan Test

Workstation	Number of machine
1	2
2	1
3	2
4	2
5	1
6	1

RTP algoritma akan menjadwalkan pesanan baru tanpa mengubah pesanan yang sebelumnya. Dalam membandingkan, modifikasi Algoritma Giffler dan Thompson akan berubah dengan dinamis ketika pesanan yang baru tiba. Ini berarti urutan pekerjaan pada setiap stasiun kerja dapat berubah tergantung pada yang paling awal operasi waktunya yang mungkin yang bisa selesai dan jarak waktu dinamis minimum.

Hasil dianalisis dengan Minitab V13. Analisis perbedaan diterapkan dengan pertimbangan three-factors interaksi. Faktor dalam permasalahan test adalah faktor acak karena tingkatan faktor terpilih secara acak dari suatu tingkatan yang besar dan kesimpulan tentang tingkatan populasi yang lengkap diperlukan permasalahan test ini. Algoritma RTP dimodifikasi Giffler dan Thompson. Test berbagai spesifikasi masalah telah dilakukan untuk melakukan pencapaian algoritma dan menyelidiki algoritmanya.

4. PEMBAHASAN

Data untuk generasi masalah dihasilkan di Excel. Asumsi Model adalah ketika mengikuti : (1) Satu pesanan pada suatu waktu. (2) Asumsi umum dalam penjadwalan algoritma yang diterapkan. (3) Jarak waktu (B) adalah nol untuk algoritma RTP. Untuk menirukan algoritma itu, lebih dulu data dikembangkan dengan pertimbangan parameter permasalahan test. Kemudian, algoritma memecahkan semua permasalahan test jika test masing-masing masalah mempunyai data dan berarti tardiness dihitung.

Terdapat tiga jumlah produk, tiga jumlah stasiun kerja dan tanggal jatuh tempo diterapkan dengan waktunya ketika pesanan tiba. Ketika secara umum asumsi untuk penjadwalan, operasi dalam suatu stasiun kerja harus diselesaikan sebelum operasi lain dimulai. Data ditunjukkan Tabel 3 di bawah.

Tabel 3. Data Penjadwalan Flow Shop

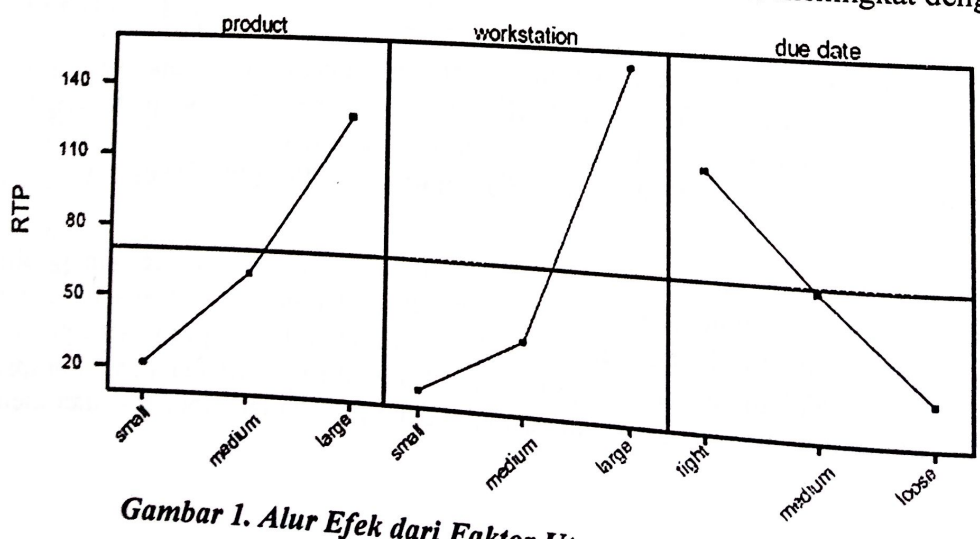
Order no.	Qty (units)	Workstation sequence	Processing time (in time units)	Order arrival (at time)	Due date (at time)
1	1	2→1→3	7; 8; 3	0	18
2	5	2→1→3	2; 5; 8	10	85
3	10	3→1→2	4; 1; 3	13	93

RTP algoritma akan menjadwalkan pesanan baru tanpa mengubah pesanan yang sebelumnya. Dalam membandingkan, yang dimodifikasi Algoritma Giffler dan Thompson akan berubah dengan dinamis ketika pesanan yang baru tiba. Ini berarti urutan pekerjaan pada setiap stasiun kerja dapat berubah tergantung pada yang paling awal operasi waktunya yang mungkin yang bisa selesai dan jarak waktu dinamis minimum.

Hasil dianalisis dengan Minitab V13. Analisis perbedaan diterapkan dengan pertimbangan three-factors interaksi. Faktor dalam permasalahan test adalah faktor acak karena tingkatan faktor terpilih secara acak dari suatu tingkatan yang besar dan kesimpulan tentang tingkatan populasi yang lengkap diperlukan permasalahan test ini (Montgomery, 1999). Algoritma RTP dimodifikasi Giffler dan Thompson. Test berbagai spesifikasi masalah telah dilakukan untuk melakukan pencapaian algoritma dan menyelidiki algoritmanya.

4.1 RTP Capaian Algoritma

Analisa perbedaan RTP ditunjukkan Gambar 1. Penjumlahan siku dihitung oleh metode yang umum. Hasil menunjukkan hanya interaksi antara jumlah tentang produk dan jumlah stasiun kerja secara statistik penting. Gambar 1 pertunjukan efek dari faktor utama. Menunjukkan rata-rata tardiness meningkat ketika banyaknya produk, banyaknya stasiun kerja meningkat dan tanggal jatuh tempo lebih dekat. Dari medium ke sejumlah besar produk, rata-rata tardiness meningkat dengan cepat.



Gambar 1. Alur Efek dari Faktor Utama untuk Tardiness Algoritma RTP

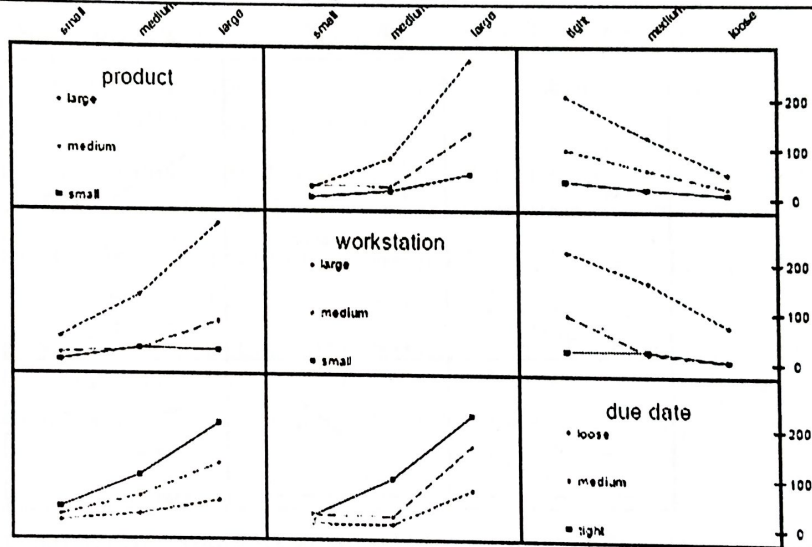
Lebih dari itu, interaksi antara jumlah produk dan jumlah stasiun kerja memberi beberapa hasil menarik. Karena sejumlah kecil stasiun kerja medium tentang jumlah jenis produk telah memberi tardiness yang lebih tinggi dibanding sejumlah besar produk. Dalam medium jumlah stasiun kerja, sejumlah kecil jenis produk juga lebih tinggi tardiness dibanding medium jumlah produk. Faktor Interaksi ditunjukkan Gambar 2.

Tabel 3. ANOVA Algoritma RTP untuk Tardiness

Factor	Type	Levels	Values
product	random	3	small medium large
workstation	random	3	small medium large
due date	random	3	tight medium loose

Source	DF	SS	MS	F	P
product	2	154652	77326	2.24	0.201 x
workstation	2	289649	144825	3.97	0.087 x
due date	2	103210	51605	3.00	0.140 x
product*workstation	4	116123	29031	6.91	0.010 (*)
product*due date	4	38754	9689	2.31	0.146
workstation*due date	4	46770	11692	2.78	0.102
product*workstation*due date	8	33626	4203	1.49	0.182
Error	54	152133	2817		
Total	80	934917			

Note : x Not an exact F-test. (*) significant factor



Gambar 2. Alur Faktor Interaksi untuk Tardiness Algoritma RTP

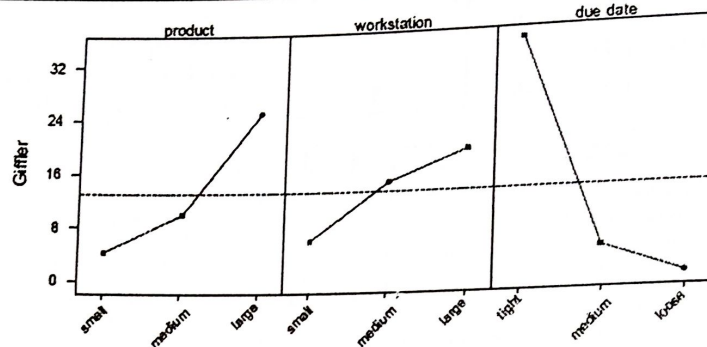
4.2 Memodifikasi Giffler dan Thompson Capaian Algoritma

Tabel 2 menunjukkan analisa perbedaan untuk faktor yang utama dan semua interaksi. Faktor Interaksi antara jumlah jenis produk dan dekatan tanggal jatuh tempo dan antara jumlah stasiun kerja dan dekatan tanggal jatuh tempo secara statistik penting. Itu nampak bahwa yang dimodifikasi Algoritma Giffler dan Thompson adalah yang sangat sensitif sehubungan dengan dekatan tanggal jatuh tempo. Itu adalah layak karena sasaran Algoritma Giffler dan Thompson adalah untuk memperkecil total waktu penyelesaian dengan jarak waktu dinamis menggunakan detik/second sebagai prioritas.

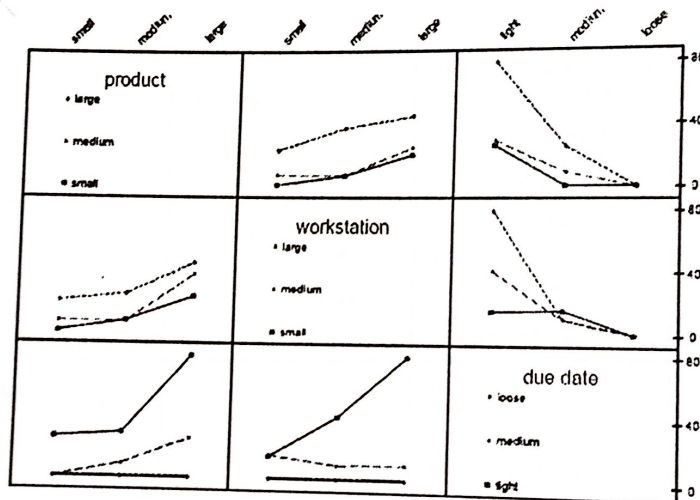
Tabel 4. ANOVA dari modifikasi Algoritma Giffler dan Thompson

Source	DF	SS	MS	F	P
product	2	6137.0	3068.5	1.62	0.307 x
workstation	2	2415.0	1207.5	0.91	0.474 x
due date	2	19892.5	9946.3	3.30	0.100 x
product*workstation	4	826.3	206.6	1.00	0.463
product*due date	4	7585.8	1896.5	9.15	0.004 (*)
workstation*due date	4	5291.4	1322.8	6.38	0.013 (*)
product*workstation*due date	8	1658.7	207.3	1.90	0.079
Error	54	5887.4	109.0		
Total	80	49694.1			

Note : x Not an exact F-test. (*) significant factor



Gambar 3. Alur Efek dari Faktor Utama Tardiness dimodifikasi Giffler dan Thompson



Gambar 4. Alur Faktor Interaksi Tardiness Dimodifikasi Giffler dan Thompson

Gambar 3 banyak efek dari faktor utama. Itu menunjukkan rata-rata pengurangan tardiness yang dengan cepat dari tanggal jatuh tempo ke tanggal jatuh tempo medium. Alur Faktor Interaksi dapat ditunjukkan dalam Gambar 4. Beberapa kasus menarik nampak seperti pada tanggal jatuh tempo medium, kecil stasiun kerja mempunyai paling tinggi tardiness. Itu terjadi sebab rata-rata tardiness medium dan sejumlah besar produk stasiun kerja kecil adalah tinggi. Lebih dari itu, Setelah tiba tanggal memberi nol tardiness jumlah stasiun kerja dan jumlah produk jenis adalah besar.

4.3 Perbandingan Tardiness

Arti nilai-nilai tardiness diperoleh dari RTP yang dimodifikasi Giffler dan Thompson yang dianalisa bagian berikut. Yang dipasangkan t menguji dengan 95% arti tingkatan diberlakukan bagi perbandingan dan menyelidiki efisiensi algoritma. Yang dipasangkan t test diterapkan karena data yang sama digunakan algoritma.

Algoritma dibandingkan untuk mengamati perbedaan itu berarti tardiness yang dengan pasti Yang dipasangkan t untuk menguji hipotesis. Hipotesis ditulis sebagai berikut:

Ho: berarti tardiness RTP- berarti tardiness dari dimodifikasi Giffler dan Thompson=0

H1: berarti tardiness RTP- berarti tardiness dari dimodifikasi Giffler dan Thompson > 0

Hasil menunjukkan perbedaan antara tardiness algoritma RTP dan yang dimodifikasi Giffler dan Thompson dengan lebih besar dari nol. Rata-Rata tardiness dan simpangan baku algoritma ditunjukkan Tabel 3.

Tabel 3. Hasil dari dipasangkan T penguji Tardiness

	N	Mean	StDev	SE Mean
RTP	81	70.0	108.1	12.0
Giffler	81	13.1	24.9	2.8
Difference	81	57.0	94.7	10.5
95% lower bound for mean difference: 39.4 T-Test of mean difference = 0 (vs > 0): T-Value = 5.41 P-Value = 0.000				

Modifikasi Giffler dan Thompson mampu membandingkan RTP dalam hal menurunkan tardiness. Itu terjadi karena RTP hanya mempertimbangkan pesanan yang baru dan mengasumsikan bahwa pesanan yang sebelumnya mempunyai jadwal yang ditetapkan. Sebaliknya, memodifikasi Giffler dan Thompson selalu membaharui jadwal itu ketika pesanan yang baru tiba. Keuntungan jadwal yang dibaharui adalah pekerjaan dapat lebih fleksibel.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil dari test permasalahan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Interaksi antara jumlah jenis produk dan kedekatan tanggal jatuh tempo mempengaruhi tardiness dari modifikasi Giffler dan Thompson.
2. Interaksi jumlah jenis produk, jumlah stasiun kerja dan dekatann tanggal jatuh tempo juga mempengaruhi tardiness algoritma RTP.
3. Yang dimodifikasi Giffler dan Thompson dengan lebih baik daripada algoritm RTP dalam kaitan dengan menurunkan tardiness.

Studi pencapaian yang baik dari dimodifikasi Giffler dan Thompson sesungguhnya masih memerlukan analisa lebih lanjut untuk aplikasi dunia nyata. Bagaimanapun, yang yang dimodifikasi Giffler dan Thompson adalah suatu algoritma alternatif untuk menjadwalkan pekerjaan yang dengan dinamis.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. Ball, M.O., C.Y.Chen, and Z.Y.Zhao, 2002. *Optimization Based Available to Promise*, Retrieved 7 April 2003 from <http://www.ise.ufl.edu/scmec/ball.pdf>.
2. Giffler, B., and G. L. Thompson, 1960. "Algorithm for Solving Production Scheduling Problems", *Operation Research*, 8: 487-503.
3. Moses, S., H. Grant, L. Gruenwald, and S. Pulat , 2002. "Real Time Due Date promising by Build to Order Environments", *Working paper*, School of Industrial Engineering, University of Oklahoma.
4. Montgomery, D. C., 1991. *Design and Analysis of Experiments*, John Wiley and Sons, New York.
5. Sarli, K., 2001. "Job Shop Sequencing and Scheduling: Modified Bi-Directional Approaches and Giffler and Thompson Algorithms", *Unpublished AIT Thesis*, Bangkok, Thailand.
6. Weng, Z.K., 1999. "Strategies for integrating lead time and customer order decisions", *IEE Transactions*, Vol.31, 161-171.