
MODIFIKASI MEKANISME PENENTUAN PENJADWALAN JOB PADA METODE DANNENBRING

Hendy Tannady¹

Abstract: Scheduling methods particularly in scheduling a job toward machine capacity is often not optimal in generating the minimum makespan time due to the inappropriate mechanism of determining the schedule from the job. By using an appropriate mechanism on the local search for both of the job order towards machine and the recapitulation of the makespan in each job in order to produce the optimal scheduling is proved an effective approach to minimize the error of the end time processes that are too long. This approach is also able to provide the optimal solution for the work planning. This research focuses on the searching for some mechanism design alternatives in job scheduling by employing the makespan recapitulation table of each job on the machine determined by Dannenbring method. The result of this research shows that the smallest possible makespan time is 93, by following the order of job j1-j7-j2-j8-j4-j5-j6-j3, j1-j6-j2-j7-j8-j4-j5-j3 and j1-j6-j2-j4-j8-j7-j5-j3 using hybrid Pi1 earlier mechanism and hybrid Pi2 earlier mechanism.

Keywords: scheduling, makespan, Dannenbring method, mechanism

PENDAHULUAN

Sejak Johnson mengemukakan teori tentang *two and three stages* untuk penjadwalan produksi pada tahun 1954 (Johnson, 1954; Widmer & Hertz, 1989; Gupta, 2012), konsep tentang meminimasi *n-job* dan 2 mesin, metode-metode yang dapat diaplikasikan untuk penjadwalan mulai banyak dikemukakan oleh para peneliti dalam upaya untuk meminimumkan waktu *makespan* dan mengurangi *tardiness*, dengan terlebih dahulu mengenal sistem produksi yang digunakan, apakah *flow shop*, *job shop*, dan atau kombinasi keduanya, maka kemudian pemilihan metode akan lebih optimal dan tepat sasaran.

Ginting (2009) memberikan ulasan tentang penggunaan berbagai macam metode penjadwalan, yang salah satunya adalah metode penjadwalan Dannenbring. Nilai *makespan* (**Cmaks**) ditentukan dengan membuat urutan pekerjaan berdasarkan urutan nilai *Pi2* (waktu proses *job* ke-1 dalam mesin ke-2), dimana nilai *Pi2* terkecil ditempatkan pada urutan terakhir hingga urutan terbesar. Mekanisme ini sebenarnya sama dengan mengurutkan nilai *Pi2* dari nilai *max.* hingga nilai *min.* dan melakukan penyesuaian letak job dari yang terbesar hingga terkecil.

Dalam *paper* ini mencoba mensimulasikan proses *local search* pada rekapitulasi akhir tabel *Pi1* dan *Pi2* yang diperoleh melalui pengolahan data penjadwalan metode Dannenbring. Historika pemaparan penelitian yang dilakukan oleh Palmer (1965) dimana perlunya *slope order index* dalam mengurutkan pekerjaan dalam mesin berdasarkan waktu prosesnya dan memberi prioritas bagi pekerjaan yang memiliki waktu terpendek hingga terlama untuk dikerjakan. Campbell, Dudek, dan Smith (1970) juga mengemukakan metode yang men-generalisasi metode yang telah dikemukakan Johnson (*Johnson Algorithm*) dan memiliki probabilitas efisiensi.

¹ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi dan Desain, Universitas Bunda Mulia, Jln. Lodan Raya No. 2-Ancol-Jakarta Utara 14350
E-mail : hendytannady@yahoo.com

Dannenbring (1977) kemudian mengembangkan variasi lain dari teori Campbel-Dudek-Smith yang diberi nama *rapid access procedure (RA)* dan bertujuan untuk memberikan solusi yang tepat dan cepat. Prosedur ini mengkombinasikan metode CDS dan konsep *slop index* yang diajukan oleh Palmer (Ginting, 2009). Dengan fokus dan orientasi terhadap hasil yang lebih optimal perlu untuk melakukan modifikasi mekanisme penentuan penjadwalan *job*. Nilai akhir proses/*makespan* dijadikan parameter alternatif mekanisme.

LANDASAN TEORI

Waktu Baku

Menurut Wignjosoebroto (2003) Waktu Baku merupakan waktu yang dibutuhkan oleh seorang pekerja yang memiliki kemampuan rata-rata dalam menyelesaikan suatu pekerjaan dalam menyelesaikan pekerjaan tersebut. Waktu baku juga dapat dijadikan alat untuk membuat rencana penjadwalan kerja yang menyatakan berapa lama sebuah operasi berlangsung dan berapa *output* yang akan dihasilkan, serta jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut (Niebel, *et al*, 2009) juga dikutip dari *paper* yang ditulis Nataya C. Rizani dan rekan-rekan dari Laboratorium Desain Kerja dan Ergonomi, Universitas Trisakti. Untuk mendapatkan waktu baku, data terkait waktu siklus dan waktu normal perlu diketahui, waktu normal merupakan waktu siklus yang telah diberikan kelonggaran, dan penggunaan waktu normal dengan penyesuaian derajat tertentu atau mengikuti aturan tertentu dapat ditentukan sebagai waktu baku.

Penjadwalan Produksi

Penjadwalan produksi sangat erat kaitannya dengan tipe dari proses produksi yang digunakan. Sebelum membahas tentang tipe produksi yang digunakan, terlebih dahulu penting untuk memahami tentang penjadwalan. Terdapat beberapa literatur dan studi tentang penjadwalan, antara lain adalah Jadwal merupakan pembagian waktu dengan mempertimbangkan pengaturan urutan dari pekerjaan, sedangkan penjadwalan merupakan proses menjadwalkan (Untoro, 2009), sehingga dapat dikatakan penjadwalan merupakan kegiatan memasukkan urutan dari kerja ke dalam jadwal, penjadwalan merupakan salah satu keputusan yang sangat penting di dalam sistem kontrol produksi (Salem, 2004). Penjadwalan juga berarti alokasi dari sumber daya sepanjang waktu untuk melakukan atau menyelesaikan pekerjaan (Gupta, 2012). Penjadwalan juga disusun dengan mempertimbangkan berbagai keterbatasan yang ada (Herjanto, 1999). Hartono (2001) mengemukakan bahwa permasalahan dalam penjadwalan adalah penugasan pekerjaan ke mesin, dan hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain: banyaknya mesin, banyaknya pekerjaan, operasi pada setiap pekerjaan, dan catatan waktu pada setiap operasi. Disamping itu fungsi dari penjadwalan *job* adalah untuk mengoptimalkan kriteria performansi tertentu, hal tersebut mempertimbangkan bahwa dalam setiap *job* memiliki waktu dalam proses yang bervariasi antar *job*-nya, waktu dalam proses yang dimaksud adalah waktu *set-up* dan waktu proses. Kriteria performansi yang digunakan adalah *Makespan* yang adalah total waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan *job*, rumus performansi yang digunakan dapat dilihat pada persamaan (1).

$$M = \sum_{i=1}^n t_i \quad \dots (1)$$

Ada empat (4) jenis keadaan dari model penjadwalan, yakni : Mesin yang digunakan dapat berupa proses dengan mesin tunggal atau dengan mesin majemuk, pola aliran proses dapat berupa aliran identik atau sembarang, pola kedatangan pekerjaan yang statis atau dinamis, dan sistem Informasi yang diterima dapat bersifat deterministik atau stokastik (Tannady, 2012). Ada beberapa fungsi atau tujuan dari penjadwalan atau perencanaan produksi. Perencanaan produksi dilakukan untuk menjamin terjadinya kelancaran bagi proses produksi dan jadwal induk produksi bertujuan untuk menjaga kualitas dan tingkat persediaan yang minimum (Maflahah, *et.al.*, 2012). Ada dua (2) fungsi penjadwalan dari Bedworth (1987) yang juga menjadi landasan dari pencarian mekanisme terbaik pada metode Dannenbring yang dibahas pada tulisan ini, yakni : Meningkatkan penggunaan sumberdaya atau mengurangi waktu tunggu, sehingga total waktu proses dapat berkurang, dan produktivitas dapat meningkat, selain itu mampu mengurangi beberapa keterlambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas waktu penyelesaian sehingga akan meminimasi *penalty cost*.

Proses Produksi *Flow Shop*

Tipe penjadwalan *Flow Shop* adalah pergerakan dari unit secara terus menerus atau secara simultan melewati rangkaian *workstation* dan disusun berdasarkan produk (Baker, 1974). Desain *Flow Shop* umumnya digunakan untuk jenis produksi massal dengan variasi minim pada mekanisme produksi produk. Menurut Pinedo (2002) yang juga ditulis didalam *paper*-nya oleh Maulidya, dkk, teman-teman asisten laboratorium Sistem Produksi Tipe produksi *flowshop* memiliki berbagai aturan yakni: 1) *Flowshop (FM)*, dimana *job* yang belum dikerjakan karena menunggu proses dari *job* yang mendahului harus menunggu hingga *job* yang mendahului selesai diproses pada suatu mesin; 2) *Flexible Flowshop (FFs)*, dimana tipe *flowshop* ini memiliki *routing* yang berbeda yang memungkinkan *Job* yang datang untuk langsung masuk kedalam stasiun kerja, kecuali bila tetap harus diproses pada *routing* yang sama.

Menurut Ginting (2009) pengelompokan tugas yang diperlukan di dalam *workstation* merupakan sebuah masalah kritis, sehingga dicapai kesetimbangan pada tingkat *output*; selain itu karena melakukan pekerjaan yang terus menerus probabilitas dari pekerja yang berhadapan langsung dengan produksi akan merasa lebih tegang dan merasa bosan yang diakibatkan minimnya variasi produk dan produksi; prioritas pemesanan dimana faktor pengirim akan memiliki prioritas lebih besar dibandingkan dengan waktu proses. Pentingnya pertimbangan dalam memutuskan pemilihan urutan *job* menjadi penting di dalam proses produksi, berbicara tentang proses produksi *flow shop* memang dalam prakteknya tidak serumit system produksi dengan menggunakan aliran *job shop*, namun efisiensi waktu menjadi penting ketika kompetisi memaksa organisasi dan perusahaan memiliki kapabilitas lebih dan nilai unggul. Dalam satu aliran produksi dengan melibatkan serangkaian mesin, kompleksitas akan sulit ditemui apabila jenis pekerjaan yang berjalan dalam lini produksi hanya satu jenis pekerjaan, dalam banyak jenis pekerjaan dan dikerjakan dalam satu rangkaian mesin, strategi yang baik dapat meminimumkan waktu akhir dari proses.

Metode Dannenbring

Metode Dannenbring merupakan metode yang dikembangkan atau berasal dari metode Johnson (1954). Metode ini mampu memecahkan permasalahan penjadwalan yang melibatkan lebih dari dua (2) mesin (Wang & Rao, 2011).

Permasalahan yang melibatkan lebih dari dua (2) mesin diubah kedalam tabel rekapitulasi yang terdiri dari dua nilai P_i , yakni P_{i1} dan P_{i2} yang adalah waktu proses *job* ke- i di dalam mesin ke- n . Persamaan 2 dan persamaan 3 menunjukkan formula metode Dannenbring.

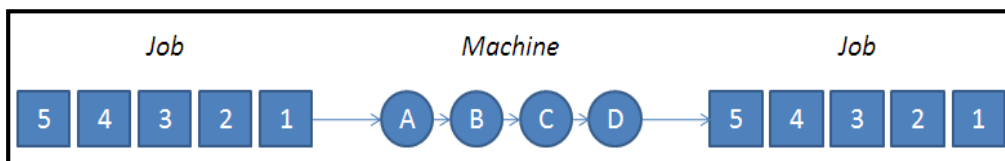
$$T_{j1} = \sum_{i=1}^m (m - i + 1) * t_{ij} \quad \dots (2)$$

$$T_{j2} = \sum_{i=1}^m i * t_{ij} \quad \dots (3)$$

Dari kedua persamaan diatas akan diperoleh waktu proses yang seolah-olah untuk mesin pertama dan waktu proses untuk mesin kedua. Setelah itu *job* dijadwalkan dengan algoritma Johnson, menggunakan parameter T_{j1} adalah waktu proses pada mesin 1, dan T_{j2} adalah waktu proses pada mesin 2.

Metode Johnson

Metode penjadwalan Johnson merupakan metode penjadwalan yang memiliki standard bahwa setidaknya dibutuhkan dua mesin atau dua tenaga manusia sebagai alat proses dari pekerjaan yang datang (Adam dan Ebert, 1989) dan (Heizer dan Render, 1999). Standard dua mesin tersebut juga yang memunculkan *Johnson Problem* sebagai masalah Penjadwalan *flowshop* dengan dua mesin dengan tujuan minimasi *makespan* (Garside, 2002). Metode Johnson memungkinkan untuk mengerjakan pekerjaan yang datang lebih dari dua, namun dengan syarat keseluruhan pekerjaan tersebut dikerjakan dengan mesin atau operator atau proses kerja yang sama pada setiap pekerjaannya, hal tersebut menjai kontradiktif dengan jumlah mesin atau operator atau proses kerja yang dibatasi maksimal dua, namun ini menjadi algoritma dasar dari Metode Dannenbring. Gambar 1 memperlihatkan logika kerja dari alur pekerjaan yang masuk dan keluar dari proses, dimana pekerjaan yang pertama masuk dalam proses merupakan pekerjaan pertama yang akan keluar dari proses, sehingga pekerjaan pada daftar antrian sesudahnya harus menunggu sampai pekerjaan yang mendahului selesai dikerjakan.



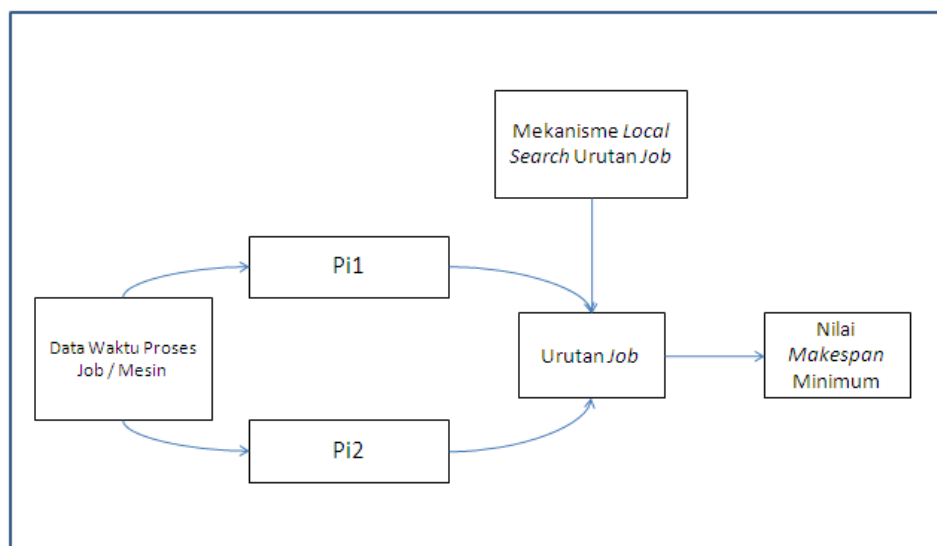
Gambar 1. Sistem Urutan Pekerjaan

Beberapa langkah dari Metode Johnson adalah 1) Melakukan identifikasi terhadap seluruh jenis pekerjaan yang akan dikerjakan, identifikasi meliputi waktu pekerjaan pada setiap mesin atau operator kerja dan apakah pekerjaan dapat dilakukan pada produksi *flowshop* atau memiliki karakteristik khusus pengerjaan, 2) Mengurutkan tingkatan pekerjaan dengan menggunakan paramater waktu, sehingga pekerjaan yang memiliki waktu tercepat akan mendapat prioritas terlebih dahulu, hingga berikutnya smpai dengan pekerjaan dengan waktu proses paling lama, 3) Apabila hasil dari penentuan pekerjaan dengan waktu tercepat tersebut berada pada mesin atau pekerja pertama, maka akan diasumsikan pekerjaan tersebut menjadi pekerjaan awal atau pekerjaan pertama untuk mesin atau pekerja pertama, begitupun apabila pekerjaan tersebut berada pada pekerja kedua, akan dianggap sebagai pekerjaan untuk pekerja kedua namun diperhitungkan sebagai pekerjaan terakhir, 4)

Menyusun penjadwalan keseluruhan, sehingga nanti akan terlihat total waktu penyelesaian keseluruhan pekerjaan dan juga dapat dianalisa waktu tunggu pekerjaan pada setiap mesin.

METODOLOGI PENELITIAN

Data-data yang digunakan dalam penelitian merupakan data primer, yang antara lain adalah data *setup time*, *processing time*, dan *downtime* dari setiap pekerjaan dalam setiap mesin. Proses pengolahan data adalah dengan mencari waktu akhir dari proses terhadap keseluruhan *job* (*makespan*), proses pengolahan data dilakukan dengan mengakumulasikan terlebih dahulu semua waktu yang terjadi dalam satu proses kerja mesin per *job* dan diperhitungkan sebagai waktu proses. Metode yang digunakan dalam pengolahan data adalah metode Dannebring, dimana dengan metode Dannenbring akan diperoleh nilai tabel rekapitulasi waktu proses *job* ke- dan dalam mesin ke-. Data tabel rekapitulasi ini yang kemudian akan digunakan untuk mencari kemungkinan adanya mekanisme lain dalam menetapkan urutan *job* yang tepat. Hasil dari penelitian adalah kemungkinan mekanisme lain dalam mencari urutan *job* pada tabel rekapitulasi dan mekanisme serta urutan yang terbaik dalam menghasilkan proses dengan waktu *makespan* terbaik. Gambar 2 memperlihatkan alur pengolahan data, dimana penentuan mekanisme terbaik ditentukan berdasarkan urutan *job* yang menghasilkan nilai *makespan* paling minimum yang dihasilkan dari mekanisme tersebut. Sehingga dalam 1 mekanisme memungkinkan untuk menghasilkan lebih dari satu nilai *makespan*, namun nilai paling minimumlah yang dijadikan indikator keberhasilan dari mekanisme.



Gambar 2. Alur Pengolahan Data Dari Waktu Proses Hingga Diperoleh Nilai *Makespan*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mencari Nilai *Pi1* dan *Pi2*

Penelitian menggunakan data primer bilangan *random* yang berisi waktu proses dari setiap *job* didalam setiap mesin (seperti yang ditunjukkan pada tabel 1), data ini kemudian diolah dengan menggunakan metode Dannenbring untuk memperoleh tabel rekapitulasi waktu proses *job* pada mesin ke 1 dan 2 (*Pi1* dan *Pi2*).

Tabel 1. Data Waktu Proses Tiap *Job* Pada Tiap Mesin

		<i>Job</i>							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Mesin</i>	1	4	6	3	7	8	5	3	6
	2	2	4	5	3	4	2	5	5
	3	4	6	7	5	5	6	4	6
	4	7	6	9	11	8	12	10	8
	5	5	6	7	8	4	3	8	11
	6	7	5	3	4	8	6	4	3
	7	5	8	2	6	4	3	7	6

Perancangan Mekanisme Penentuan *Local Search*

Mekanisme *Local Search* diperoleh berdasarkan nilai pada tabel $Pi1$ dan $Pi2$, hasil penelitian mendapati enam (6) kategori pencarian local terhadap data waktu proses *job* ke I pada mesin ke 1 dan 2, kategori pertama adalah dengan : 1) Memposisikan nilai minimum pada tabel 1 sebagai urutan *job* yang paling akhir, proses dimulai dengan mencari nilai minimum pada kolom $Pi2$; 2) Memposisikan nilai minimum pada tabel 1 sebagai urutan *job* yang paling akhir, proses dimulai dengan mencari nilai minimum pada kolom $Pi1$; 3) Memposisikan nilai minimum pada $Pi1$ diawal dan nilai minimum $Pi2$ diakhir urutan, proses dimulai dari $Pi1$; 4) Memposisikan nilai minimum pada $Pi1$ diawal dan nilai minimum $Pi2$ diakhir urutan, proses dimulai dari $Pi2$; 5) Memposisikan nilai minimum pada urutan awal, proses dimulai dari $Pi1$; dan 6) Memposisikan nilai minimum pada urutan awal, proses dimulai dari $Pi2$.

Sebagai catatan setiap pengambilan data nilai dari tabel 2 akan dilakukan literasi berupa penghapusan data *job* pada baris data yang digunakan untuk pengisian posisi urutan *job*. Penelitian ini juga memberi nama *hybrid Pi1* awal dan *hybrid Pi2* awal, alasan pemberian nama adalah karena pemrosesan literasi dilakukan paralel oleh kedua nilai Pi , tidak hanya itu tetapi peletakan posisi terhadap urutan *job* juga dilakukan paralel (paralel pada peletakan posisi berdefinisi tidak dilakukan pada satu arah, misalnya dari depan saja atau dari belakang saja, melainkan dari depan dan belakang secara bergantian). Pemberian nama ini masih memiliki *possibility* untuk diubah kepada label lain, begitu juga dengan mekanisme lainnya yang masih belum diberi nama.

Tabel 2. Data *Job* ke-, $Pi1$, dan $Pi2$

Job	$Pi1$	$Pi2$
1	238	150
2	287	172
3	252	137
4	308	178
5	287	159
6	259	147
7	287	178
8	315	181

Hasil Urutan Job

Hasil dari iterasi yang dilakukan kepada tabel 2 berdasarkan enam (6) mekanisme yang telah dijelaskan sub bagian Perancangan Mekanisme Penentuan *Local Search* tertera pada tabel 3. Iterasi dan langkah percobaan mendapatkan dua puluh tiga (23) urutan *job* yang dihasilkan dari enam (6) mekanisme.

Tabel 3. Mekanisme, Urutan Job, dan Waktu *Makespan* Tiap Job

No.	No. Mekanisme	Urutan Job	Nilai <i>Makespan</i>
1	1	j8 – j7 – j4 – j2 – j5 – j1 – j6 – j3	100
2	1	j8 – j4 – j7 – j2 – j5 – j1 – j6 – j3	100
3	2	j8 – j4 – j2 – j5 – j7 – j6 – j3 – j1	105
4	2	j8 – j4 – j5 – j7 – j2 – j6 – j3 – j1	105
5	2	j8 – j4 – j7 – j2 – j5 – j6 – j3 – j1	105
6	2	j8 – j4 – j2 – j7 – j5 – j6 – j3 – j1	105
7	2	j8 – j4 – j5 – j2 – j7 – j6 – j3 – j1	105
8	2	j8 – j4 – j7 – j5 – j2 – j6 – j3 – j1	105
9	3	j1 – j2 – j7 – j8 – j4 – j5 – j6 – j3	96
10	3	j1 – j5 – j7 – j8 – j4 – j2 – j6 – j3	97
11	3	j1 – j7 – j2 – j8 – j4 – j5 – j6 – j3	93
12	4	j1 – j6 – j2 – j7 – j8 – j4 – j5 – j3	93
13	4	j1 – j6 – j2 – j4 – j8 – j7 – j5 – j3	93
14	4	j1 – j6 – j7 – j4 – j8 – j2 – j5 – j3	94
15	5	j1 – j3 – j6 – j2 – j5 – j7 – j4 – j8	103
16	5	j1 – j3 – j6 – j2 – j7 – j5 – j4 – j8	103
17	5	j1 – j3 – j6 – j5 – j2 – j7 – j4 – j8	103
18	5	j1 – j3 – j6 – j5 – j7 – j2 – j4 – j8	103
19	5	j1 – j3 – j6 – j7 – j2 – j5 – j4 – j8	103
20	5	j1 – j3 – j6 – j7 – j5 – j2 – j4 – j8	103
21	6	j3 – j4 – j1 – j7 – j5 – j2 – j6 – j8	106
22	6	j3 – j5 – j1 – j7 – j4 – j2 – j6 – j8	106
23	6	j3 – j6 – j1 – j7 – j5 – j2 – j4 – j8	106

Tabel 4. Data Waktu Proses Setiap *Job* Dalam Setiap Mesin
(Urutan *Job* j1 – j7 – j2 – j8 – j4 – j5 – j6 – j3)

		<i>Job</i>							
		1	7	2	8	4	5	6	3
<i>Mesin</i>	1	4	7	13	19	26	34	39	42
	2	6	12	17	24	29	38	41	47
	3	10	16	23	30	35	43	49	56
	4	17	27	33	41	52	60	72	81
	5	22	35	41	52	60	64	75	88
	6	29	39	46	55	64	72	81	91
	7	34	46	54	61	70	76	84	93

Tabel 5. Data Waktu Proses Setiap *Job* Dalam Setiap Mesin
(Urutan *Job* j1 – j6 – j2 – j7 – j8 – j4 – j5 – j3)

		<i>Job</i>							
		1	6	2	7	8	4	5	3
<i>Mesin</i>	1	4	9	15	18	24	31	39	42
	2	6	11	19	24	29	34	43	48
	3	10	17	25	29	35	40	48	55
	4	17	29	35	45	53	64	72	81
	5	22	32	41	53	64	72	76	88
	6	29	38	46	57	67	76	84	91
	7	34	41	54	64	73	82	88	93

Tabel 6. Data Waktu Proses Setiap *Job* Dalam Setiap Mesin
(Urutan *Job* j1 – j6 – j2 – j4 – j8 – j7 – j5 – j3)

		<i>Job</i>							
		1	6	2	4	8	7	5	3
<i>Mesin</i>	1	4	9	15	22	28	31	39	42
	2	6	11	19	25	33	38	43	48
	3	10	17	25	30	39	43	48	55
	4	17	29	35	46	54	64	72	81
	5	22	32	41	54	65	73	77	88
	6	29	38	46	58	68	77	85	91
	7	34	41	54	64	74	84	89	93

Nilai *makespan* paling minimum adalah 93, diperoleh dari urutan *Job* j1 – j7 – j2 – j8 – j4 – j5 – j6 – j3 (Mekanisme 3), j1 – j6 – j2 – j7 – j8 – j4 – j5 – j3 (Mekanisme 4), dan j1 – j6 – j2 – j4 – j8 – j7 – j5 – j3 (Mekanisme 4). Nilai *makespan* paling maksimum adalah 106 yang dihasilkan mekanisme 6.

Dari hasil olah data terhadap waktu baku di dalam proses di setiap mesinnya juga diketahui hasil *makespan* adalah tidak selalu sama pada setiap mekanismenya dan mekanisme 3 mampu menghasilkan varian beragam terhadap nilai *makespan*. Mekanisme 1, 2, 5, dan 6 memiliki nilai *makespan* yang sama dalam setiap urutan *job* yang dihasilkan. Pertimbangan terhadap pemilihan urutan *job* terbaik atau teroptimal juga dapat mempertimbangkan catatan waktu *Total Flow Time* atau catatan *tardiness* keseluruhan proses hingga akhir sebagai pertimbangan keputusan.

SIMPULAN

Ada banyak mekanisme yang dapat digunakan sebagai hasil dari *local search* pada tabel hasil rekapitulasi data waktu *job* ke-*I* dan pada mesin ke-*n* (*Pi1* dan *Pi2*). Nilai *makespan* yang diperoleh bervariasi antar mekanisme yang digunakan, pada contoh kasus data proses *job* terhadap mesin yang dibahas diperoleh bahwa mekanisme 3 (*Hybrid Pi1* awal) dan 4 (*Hybrid Pi2* awal) mampu memberikan urutan *job* j1-j7-j2-j8-j4-j5-j6-j3, j1-j6-j2-j7-j8-j4-j5-j3, dan j1-j6-j2-j4-j8-j7-j5-j3 dengan nilai *makespan* paling minimum yaitu 93. Sementara mekanisme 6 dengan urutan *job* j3-j4-j1-j7-j5-j2-j6-j8, j3-j5-j1-j7-j4-j2-j6-j8, dan j3-j6-j1-j7-j5-j2-j4-j8 menghasilkan waktu *makespan* paling maksimum yakni 106.

Daftar Pustaka

- Adam, E. E. Jr., Ebert, R. J. 1989. *Production and Operations Management*. New Jersey : Prentice Hall Inc.
- Al-Salem, A., "A Heuristic to Minimize Makespan in Proportional Parallel Flow Shops". *International Journal of Computing & Information Science*, August 2004; hal. 98-107.
- Baker, K.R. 1974. *Introduction to Sequencing and Scheduling*. New York : Wiley.
- Bedworth, D. D. 1987. *Integrated Production Control Systems, Management, Analysis, Design*. New York : Wiley&Sons.
- Campbell, H.G., Dudek, R.A., and Smith, Milton, L., "A Heuristic Algorithm for the n job, m Machine Sequencing Problem", *Management Science*, June 1970; hal. 630-637.
- Dannenbring, D., "An Evaluation of Flow Shop Sequencing Heuristics" *Management Science*, July 1977; hal. 1174-1182.
- Garside, Annisa. K., "Perbandingan Performansi Metode Johnson Dengan Heuristik Multi Tujuan Ditinjau Dari Makespan, Total Flow Time, Dan Iddle Time", *Jurnal Optimumm*; hal. 163-172.
- Ginting, R. 2009. *Penjadwalan Mesin. Edisi Pertama*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- Gupta, D., Singla, P., Bala, S., "Application of Branch and Bound Technique for 3-Stage Flow Shop Scheduling Problem with Transportation Time", *Industrial Engineering Letters*, hal. 1-5.
- Hartono, Moh., "Penjadwalan Produksi n job m mesin Untuk Sistem Produksi *Job Shop* di Perusahaan dan Industri Mesin Aneka Mesin Malang", *Jurnal Optimumm*, 2001; hal. 10-18.
- Heizer, J., Render, B. 1999. *Operations Management*. New Jersey : Prentice Hall Inc.
- Herjanto, Eddy. 1999. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta : PT. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Johnson, S.M., "Optimal two and three stage production schedule with set up times included", *Nay Res Log Quart*, 1954; hal. 61-68.
- Maflahah, I., Mahcfud., Udin, F., "Model Penunjang Keputusan Jadwal Produksi Jus Buah Segar", *Jurnal Teknik Industri*, Februari 2012; hal. 51-59.
- Maulidya, R., Saraswati, D., Vania, D., "Perancangan Penjadwalan *Flowshop* Menggunakan Partikel *Swarm Optimization* Untuk Meminimasi *Number of Tardy Jobs*", *Jurnal Teknik Industri*, hal. 189-198.
- Niebel, Benjamin., Freivalds, Andris. 2009. *Methods, Standards, and Work Design*. New York : McGraw-Hill Inc.
- Palmer, D.S. "Sequencing Jobs Through a Multi Stage Process in The Minimum Total Time- A Quick Method for Obtaining A Near Optimum", *Operational Research Quarterly*, 1965; hal. 101-107.
- Pinedo, Michael. 2002. *Scheduling : Theory, Algorithms, and Systems*. New Jersey : Prentice Hall Inc. 2nd Edition.
- Rizani, N. C., Safitri, D. M., Wulandari, P. A., "Perbandingan Pengukuran Waktu Baku Dengan Metode *Stopwatch Time Study* dan Metode *Ready Work Factor (RWF)* Pada Departemen *Hand Insert* PT. Sharp Indonesia, *Jurnal Teknik Industri*, hal. 127-136.
- Tannady, H., Steven., "Efisiensi Waktu Produksi Es Batu Sebagai Implikasi Urutan Penjadwalan Kedatangan *Job* yang Tepat", *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, Juni 2012; hal. 91-101.
- Untoro, W.Y., "Penerapan Metode Forward Chaining Pada Penjadwalan Mata Kuliah", *Jurnal Matematika dan Komputer Indonesia*, 2009; hal. 17-24.
- Wang, F., Rao, Y., "Design and Application of a New Hybrid Heuristic Algorithm for Flow Shop Scheduling", *International Journal Computer Network and Information Security*, March 2011; hal. 41-49.
- Widmer, M., Hertz, A., "A new heuristic method for the flow shop sequencing problem", *European Journal of Operation Research*, 1989; hal. 186-193.
- Wignjosobroto, Sritomo. 2003. *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*. Surabaya : Guna Widya.