Optimasi Penjadwalan *Flow Shop* Perusahaan *Garment* dengan Metode Campbell Dudek Smith (CDS), Algoritma Nawaz Enscore Ham (NEH), dan Algoritma Pour dengan Kriteria Minimisasi Makespan

Riri Damayanti Apnena[1]

[1] *Program Studi Mekanik Industri dan Desain- Politeknik TEDC Bandung*

Jl. Politeknik-Pesantren KM2 Cibabat Cimahi Utara – Cimahi Jawa Barat - Indonesia

riri.damayanti.apnena@poltektedc.ac.id

***Abstrak*—** Perusahaan *Garment* ini telah menerapkan penjadwalan *flow shop* dengan sistem *First Come First Serve* (FCFS). Sistem pada perusahaan memiliki permasalahan saat pesanan datang di saat yang sama akan berpengaruh pada waktu pengerjaan pada mesin yang mengakibatkan timbulnya waktu tunggu atau (*idle time*) tentu berpengaruh pada nilai *makespan*. Penelitian ini melakukan perbandingan hasil *makespan* pada penjadwalan mesin menggunakan berbagai tingkat penyelesaian, yaitu metode penjadwalan mesin (Metode CDS dan Algoritma NEH) dan heuristic penjadwalan mesin (Algoritma Pour) dengan kriteria minimisasi *makespan*. Nilai *makespan* dari hasil penjadwalan dengan Metoda CDS adalah 42.45 jam dengan terdapat 2 urutan *job*-nya yaitu (*job* 4 - *job* 3 - *job* 2 - *job* 1 - *job* 5) dan (*job* 3 - *job* 1 - *job* 2 - *job* 4 - *job* 5). Nilai *makespan* dari hasil penjadwalan dengan Algoritma NEH adalah 39.43 jam dengan terdapat 4 urutan *job*-nya yaitu (*job* 1 - *job* 3 - *job* 4 - *job* 5 - *job* 2); (*job* 1 - *job* 3 - *job* 5 - *job* 4 - *job* 2), (*job* 1 - *job* 5 - *job* 3 - *job* 4 - *job* 2); (*job* 5 - *job* 1 - *job* 3 - *job* 4 - *job* 2). Sedangkan nilai *makespan* dari hasil penjadwalan dengan Algoritma Pour adalah 39.43 jam dengan urutan *job*-nya yaitu *job* 5 - *job* 1 - *job* 3 - *job* 4 - *job* 2 yang artinya sama dengan nilai *makespan* yang didapatkan pada Algoritma NEH.

Kata Kunci— Penjadwalan, *Flow Shop*, CDS, NEH, Pour.

Abstract *- This garment company has implemented flow shop scheduling with the First Come First Serve (FCFS) system. The company's system has a problem when the order arrives at the same time it will affect the processing time on the machine which results in waiting time or (idle time) which certainly affects the makespan value. This study compares the results on machine scheduling using various levels of completion, namely machine scheduling methods (CDS Method and NEH Algorithm) and heuristic scheduling (Pour Algorithm) with the criteria of minimizing makespan. The value of making from the results of scheduling with the CDS method is 42.45 hours with 2 job sequences, namely (job 4 - job 3 - job 2 - job 1 - job 5) and (job 3 - job 1 - job 2 - job 4 - job 5). The making value of the scheduling results with the NEH Algorithm is 39.43 hours with 4 job sequences, namely (job 1 - job 3 - job 4 - job 5 - job 2); (job 1 - job 3 - job 5 - job 4 - job 2), (job 1 - job 5 - job 3 - job 4 - job 2); (job 5 - job 1 - job 3 - job 4 - job 2). While the values from the scheduling results with the Pour Algorithm are 39.43 hours with the job order being job 5 - job 1 - job 3 - job 4 - job 2 which means the same as the makespan value obtained in the NEH algorithm.*

Keywords: *Scheduling, Flow Shop, CDS, NEH, Pour.*

I. PENDAHULUAN

Perusahaan *Garment* ini telah menerapkan sistem penjadwalan mesin *flow shop*. Penjadwalan mesin *Flow shop* merupakan suatu pergerakan unit-unit secara terus-menerus pada suatu rangkaian beberapa stasiun kerja yang di susun berdasarkan produk [1]. Penjadwalan produksi dengan *flow shop* tentu tepat diterapkan untuk berbagai produk dengan *volume* besar dan desain yang tetap/stabil. Sumber daya perusahaan akan dipergunakan untuk pengerjaan setiap job pada alur atau tahapan urutan pengerjaan yang sama.

Sistem manufaktur yang diterapkan oleh perusahaan ini adalah memenuhi permintaan berdasarkan pesanan (*make to order*). Konsumen tentu dipertahankan oleh perusahaan dengan memperhatikan ketepatan waktu penyelesaian (makespan). Perusahaan masih menggunakan sistem penjadwalan sederhana, yaitu *First Come First Serve* (FCFS). Penjadwalan FCFS akan memproses pesanan yang masuk lebih awal kemudian akan diproses lebih dahulu. Metode tersebut memiliki beberapa kendala yaitu jika pesanan datang secara bersamaan maka akan kesulitan menentukan pesanan mana yang lebih dahulu akan diproses, pesanan akan diproses lebih lama sehingga akan terdapat waktu mengganggur (*idle time*) yang tinggi.

Permasalahan tersebut tentu akan mempengaruhi besarnya waktu penyelesaian (makespan). Makespan yang besar akan memiliki peluang yang besar akan mengakibatkan pesanan selesai melebihi *duedate*. Solusi untuk masalah penjadwalan *flow shop* menggunakan metode *heuristic* yaitu algoritma

Campbell Dudek Smith (CDS), Algoritma Nawaz Enscore Ham (NEH), dan Algoritma POUR dengan tujuan mendapatkan makespan terkecil dari perhitungan algoritma tersebut sehingga dapat diimplementasikan pada perusahaan agar mendapatkan penjadwalan terbaik.

II. METODE PENELITIAN

Tahapan secara umum untuk membangun penjadwalan produksi *flow shop*, yaitu:

1. Mengumpulkan data job, data waktu proses pada setiap job pada setiap mesin. Data tersebut dapat dilihat di Tabel 1 dimana terdapat 5 job dengan waktu proses pada 3 mesin.

TABEL I
DATA WAKTU PROSES SETIAP JOB PADA TIAP MESIN (SATUAN DALAM JAM)

Job	M1	M2	M3
Job 1	2.75	1.78	0.91
Job 2	11.98	0.46	0.46
Job 3	4.46	1.84	0.19
Job 4	7.09	0.88	0.09
Job 5	12.23	2.82	1.12

2. Membuat penjadwalan produksi mesin *flow shop* dengan Metode CDS[2][3][4], Algoritma NEH[5][6][3], dan Algoritma Pour[7][8][5].
3. Membandingkan nilai makespan yang didapat dari penjadwalan *flow shop* dengan Metode CDS, Algoritma NEH, dan Algoritma Pour.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Metode CDS

Hasil penjadwalan menggunakan metode CDS pada iterasi pertama dapat dilihat pada Tabel 2, dimana nilai makespan yang didapat adalah 42.45 jam dengan urutan pengerjan job dimulai dari job 4 - job 3 - job 2 - job 1 - job 5 pada 3 mesin.

TABEL II
HASIL PENJADWALAN DENGAN METODE CDS PADA ITERASI KE 1 (DALAM JAM)

Job	M1		M2		M3	
	Start	End	Start	End	Start	End
Job 4	-	7.09	7.09	7.97	7.97	8.06
Job 3	7.09	11.55	11.55	13.39	13.39	13.58
Job 2	11.55	23.53	23.53	23.99	23.99	24.45
Job 1	23.53	26.28	26.28	28.06	28.06	28.97
Job 5	26.28	38.51	38.51	41.33	41.33	42.45

Sedangkan hasil penjadwalan menggunakan metode CDS pada iterasi kedua dapat dilihat pada Tabel 3, dimana nilai makespan yang didapat adalah 42.45 jam yakni sama dengan hasil penjadwalan pada iterasi pertama namun dengan urutan pengerjan job berbeda dimulai dari job 3 - job 2 - job 1 - job 4 - job 5 pada 3 mesin.

TABEL III
HASIL PENJADWALAN DENGAN METODE CDS PADA ITERASI KE 2 (DALAM JAM)

Job	M1		M2		M3	
	Start	End	Start	End	Start	End
Job 3	-	4.46	4.46	6.30	6.30	6.49
Job 1	4.46	7.21	7.21	8.99	8.99	9.90
Job 2	7.21	19.19	19.19	19.65	19.65	20.11
Job 4	19.19	26.28	26.28	27.16	27.16	27.25
Job 5	26.28	38.51	38.51	41.33	41.33	42.45

B. Algoritma NEH

Hasil penjadwalan menggunakan algoritma NEH untuk hasil pertama dapat dilihat pada Tabel 4, dimana nilai makespan yang didapat adalah 39.43 jam dengan urutan pengerjan job dimulai dari job 1 - job 3 - job 4 - job 5 - job 2 pada 3 mesin.

TABEL IV
HASIL PENJADWALAN DENGAN ALGORITMA NEH HASIL PERTAMA (DALAM JAM)

Job	M1		M2		M3	
	Start	End	Start	End	Start	End
Job 1	-	2.75	2.75	4.53	4.53	5.44
Job 3	2.75	7.21	7.21	9.05	9.05	9.24
Job 4	7.21	14.30	14.30	15.18	15.18	15.27
Job 5	14.30	26.53	26.53	29.35	29.35	30.47
Job 2	26.53	38.51	38.51	38.97	38.97	39.43

Hasil penjadwalan menggunakan algoritma NEH untuk hasil kedua dapat dilihat pada Tabel 5, dimana nilai makespan yang didapat sama dengan hasil yang pertama yaitu 39.43 jam dengan urutan pengerjan job berbeda yakni dimulai dari job 1 - job 3 - job 5 - job 4 - job 2 pada 3 mesin.

TABEL V
HASIL PENJADWALAN DENGAN ALGORITMA NEH HASIL KEDUA (DALAM JAM)

Job	M1		M2		M3	
	Start	End	Start	End	Start	End
Job 1	-	2.75	2.75	4.53	4.53	5.44
Job 3	2.75	7.21	7.21	9.05	9.05	9.24
Job 5	7.21	19.44	19.44	22.26	22.26	23.38
Job 4	19.44	26.53	26.53	27.41	27.41	27.50
Job 2	26.53	38.51	38.51	38.97	38.97	39.43

Hasil penjadwalan menggunakan algoritma NEH untuk hasil ketiga dapat dilihat pada Tabel 6, dimana nilai makespan yang didapat sama dengan hasil yang pertama dan kedua yaitu 39.43 jam dengan urutan pengerjan job berbeda yakni dimulai dari job 1 - job 5 - job 3 - job 4 - job 2 pada 3 mesin.

TABEL VI.
HASIL PENJADWALAN DENGAN ALGORITMA NEH HASIL KETIGA (DALAM JAM)

Job	M1		M2		M3	
	Start	End	Start	End	Start	End
Job 1	-	2.75	2.75	4.53	4.53	5.44
Job 5	2.75	14.98	14.98	17.80	17.80	18.92
Job 3	14.98	19.44	19.44	21.28	21.28	21.47
Job 4	19.44	26.53	26.53	27.41	27.41	27.50
Job 2	26.53	38.51	38.51	38.97	38.97	39.43

Hasil penjadwalan menggunakan algoritma NEH untuk hasil keempat dapat dilihat pada Tabel 7, dimana nilai makespan yang didapat sama dengan hasil yang pertama, kedua, dan ketiga yaitu 39.43 jam dengan urutan pengerjan job berbeda yakni dimulai dari job 5 - job 1 - job 3 - job 4 - job 2 pada 3 mesin.

TABEL VII.
HASIL PENJADWALAN DENGAN ALGORITMA NEH HASIL KEEMPAT (DALAM JAM)

Job	M1		M2		M3	
	Start	End	Start	End	Start	End
Job 5	-	12.23	12.23	15.05	15.05	16.17
Job 1	12.23	14.98	15.05	16.83	16.83	17.74
Job 3	14.98	19.44	19.44	21.28	21.28	21.47
Job 4	19.44	26.53	26.53	27.41	27.41	27.50
Job 2	26.53	38.51	38.51	38.97	38.97	39.43

C. Algoritma Pour

Hasil penjadwalan menggunakan algoritma Pour dapat dilihat pada Tabel 8, dimana nilai makespan yang didapat yaitu 39.43 jam dengan urutan pengerjan job dimulai dari job 5 - job 1 - job 3 - job 4 - job 2 pada 3 mesin.

TABEL VIII.
HASIL PENJADWALAN DENGAN ALGORITMA POUR (DALAM JAM)

Job	M1		M2		M3	
	Start	End	Start	End	Start	End
Job 5	-	12.23	12.23	15.05	15.05	16.17
Job 1	12.23	14.98	15.05	16.83	16.83	17.74
Job 3	14.98	19.44	19.44	21.28	21.28	21.47
Job 4	19.44	26.53	26.53	27.41	27.41	27.50
Job 2	26.53	38.51	38.51	38.97	38.97	39.43

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. *Kesimpulan*

Penelitian ini mendapatkan nilai *makespan* dengan perbandingan penjadwalan *flow shop* menggunakan metode CDS, algoritma NEH, dan algoritma Pour.

TABEL IV.
HASIL PERBANDINGAN HASIL MAKESPAN PADA METODE CDS, ALGORITMA NEH, DAN ALGORITMA POUR (DALAM JAM)

Metode/ Algoritma	Maksepan	Urutan Job			
		Hasil 1	Hasil 2	Hasil 3	Hasil 4
CDS	42.45	Job 4	Job 3		
		Job 3	Job 1		
		Job 2	Job 2		
		Job 1	Job 4		
		Job 5	Job 5		
NEH	39.43	Job 1	Job 1	Job 1	Job 5
		Job 3	Job 3	Job 5	Job 1
		Job 4	Job 5	Job 3	Job 3
		Job 5	Job 4	Job 4	Job 4
		Job 2	Job 2	Job 2	Job 2
Pour	39.43	Job 5			
		Job 1			
		Job 3			
		Job 4			
		Job 2			

Nilai *makespan* terbaik adalah penjadwalan menggunakan Algoritma NEH dan Pour dengan nilai *makespan* 39.43 jam dengan urutan *job* pada Algoritma NEH terdapat 4 urutan *job* yaitu (*job* 1 - *job* 3 - *job* 4 - *job* 5 - *job* 2); (*job* 1 - *job* 3 - *job* 5 - *job* 4 - *job* 2), (*job* 1 - *job* 5 - *job* 3 - *job* 4 - *job* 2); (*job* 5 - *job* 1 - *job* 3 - *job* 4 - *job* 2), sedangkan urutan *job* pada Algoritma Pour yaitu (*job* 5 - *job* 1 - *job* 3 - *job* 4 - *job* 2) yang urutan *job*-nya sama juga didapatkan pada Algoritma NEH.

B. *Saran*

Hasil penelitian ini dapat dijadikan pertimbangan oleh Perusahaan sehingga dapat dapat meminimumkan beban biaya produsi perusahaan dengan menggunakan urutan *job* tersebut berdasarkan nilai *makespan* yang lebih baik.

REFERENSI

[1] R Ginting, *Penjadwalan Mesin*, 1st ed. jogjakarta: Graha Ilmu, 2009.

[2] R. Ervil and D. Nurmayuni, "Penjadwalan Produksi Dengan Metode Campbell Dudek Smith (Cds) Untuk Meminimumkan Total Waktu Produksi (Makespan)," *J. Sains dan Teknol. J. Keilmuan dan Apl. Teknol. Ind.*, vol. 18, no. 2, p. 97, 2018, doi: 10.36275/stsp.v18i2.118.

[3] M. Hidayat, R. Ekawati, and P. F. Ferdinant, "Minimasi Makespan Penjadwalan Flowshop Menggunakan Metode Algoritma Campbell Dudek Smith (CDS) Dan Metode Algoritma Nawaz Enscore Ham (NEH) Di PT …," *J. Tek. Ind. …*, 2017.

[4] Kurnia, R. Yasra, and V. M. Afma, "Penjadwalan Produksi Dengan Menggunakan Metode Campbell, Dudek & Smith Pada Mesin Laser Marking Jenis Evertech Untuk Meminimalisasi Makespan," *Profesiensi*, vol. 1, no. 2, pp. 93–103, 2013.

[5] C. Kuncoro, "Penjadwalan Produksi Kertas menggunakan Algoritma Pour dan Algoritma NEH di PT. Kertas Leces Probolinggo," Universitas Jember, 2013.

[6] C. Sauvey and N. Sauer, “Two NEH heuristic improvements for flowshop scheduling problem with makespan criterion,” *Algorithms*, vol. 13, no. 5, pp. 1–14, 2020, doi: 10.3390/A13050112.

[7] R. Rachman, “Penjadwalan Produksi Garment Menggunakan Algoritma Heuristic Pour,” *J. Inform.*, vol. 5, no. 1, pp. 81–89, 2018, doi: 10.31311/ji.v5i1.2743.

[8] B. Y. Adipradana, “Penjadwalan Mesin Menggunakan Algoritma Pour,” Univeritas Sanata Dharma, 2013.