

# Minimisasi Biaya Sewa Pada Penjadwalan Flow Shop 3 Mesin dengan Menggunakan Metode Nawaz, Encor, and Ham (NEH)

M Faudzi Bahari<sup>1</sup>, Elis Ratna Wulan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister Matematika Universitas Padjadjaran,

<sup>2</sup>Matematika Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Gunung Djati, Bandung

<sup>1</sup>email: [mfaudzibahari@gmail.com](mailto:mfaudzibahari@gmail.com)

<sup>2</sup>email: [elis\\_ratna\\_wulan@uinsgd.ac.id](mailto:elis_ratna_wulan@uinsgd.ac.id)

## Abstrak

Penelitian ini membahas tentang sebuah metode untuk meminimasi biaya sewa pada penjadwalan *flow shop*. Metode untuk pencarian waktu optimal yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Nawaz, Encor, and Ham (NEH). Penelitian dilakukan pada proses produksi sandal di CV. SAMHARI yang memproduksi 400 pasang sandal dengan 6 jenis berbeda. Beberapa asumsi digunakan pada penelitian ini sehingga beberapa hal menjadi tidak diperhitungkan. Pada dasarnya metode ini dapat memberikan waktu efektif dalam melakukan sewa mesin produksi, sehingga CV. SAMHARI dapat merubah kebijakan sewa yang dilakukan dalam setiap kali proses produksi. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mencari biaya minimal yang harus dikeluarkan oleh CV. SAMHARI pada proses produksinya. Dengan menggunakan metode ini, diharapkan CV. SAMHARI dapat merubah kebijakan sewa yang diambil sehingga biaya sewa yang dikeluarkan menjadi lebih minimal. Setelah mengaplikasikan metode yang diajukan didapat bahwa CV. SAMHARI harus membayar biaya sewa sebesar Rp 99.871,5 dan telah menghemat biaya produksi sebesar Rp 244.674. Berdasarkan hal tersebut, dapat dikatakan bahwa metode ini menghasilkan biaya minimal untuk setiap kali proses produksi yang dilakukan CV. SAMHARI.

*Kata kunci: minimisasi biaya sewa, waktu efisien, penjadwalan flow shop*

## Abstract

This research discusses a method for minimizing rental costs in flow shop scheduling. The method used in this research is the Nawaz, Encor, and Ham (NEH) method. The study was conducted in the process of producing sandals in the CV. SAMHARI which produced 400 pairs of sandals with 6 different types. Some assumptions were used in this study so that some things were not taken into account. Basically this method can provide effective time in renting production machines, so that the CV. SAMHARI can change the rental policy that is carried out in each process of production. The purpose of this study is to find the minimum costs that must be paid by the CV. SAMHARI in the production process. By using this method, it is expected that CV. SAMHARI can change the rental policy taken so that the rental costs paid become more minimal. After applying the proposed method it was found that CV. SAMHARI must pay a rental fee of Rp 99,871.5 and has saved production costs by Rp 244,674. Based on this, it can be said that this method produces a minimal cost for each time the production process is carried out by CV. SAMHARI.

*Keywords: minimizing rental cost, efficient time, flow shop scheduling*

## Pendahuluan

Penjadwalan adalah pengurutan pembuatan/pengerjaan produk secara menyeluruh yang dikerjakan oleh beberapa buah mesin [2]. Penjadwalan merupakan salah satu langkah dasar di dalam sebuah proses produksi. Sistem penjadwalan yang tidak optimal akan berakibat pada meningkatnya waktu penyelesaian sebuah proses produksi, sehingga jumlah produk yang dapat diproduksi menjadi tidak maksimal. Jika perusahaan tidak menghasilkan jumlah produksi yang maksimal, maka hal ini dapat mengakibatkan tidak terpenuhinya kebutuhan konsumen.

Perkembangan industri dewasa ini menciptakan persaingan pasar yang kompetitif. Persaingan yang terjadi selain bersaing dalam aspek kualitas, juga memperhatikan ketersediaan dan kemudahan konsumen dalam mendapatkan produk yang diharapkan. Untuk itu, salah satu strategi yang dapat diambil perusahaan dalam menghadapi persaingan pasar adalah dengan memudahkan konsumen untuk mendapatkan produk yang disediakan oleh perusahaan. Salah satu langkah yang dapat diambil perusahaan adalah dengan meningkatkan kecepatan penyediaan produk sehingga meningkatkan kepuasan serta kepercayaan konsumen terhadap produk perusahaan [8].

Hal lain yang perlu dipertimbangkan adalah biaya produksi yang harus dikeluarkan oleh perusahaan dalam setiap kali proses produksi. Pada beberapa perusahaan usaha kecil menengah (UKM), dalam setiap kali proses produksi yang dilakukan, perusahaan harus membayar sewa untuk setiap mesin yang digunakan. Hal ini terjadi karena beberapa perusahaan tidak memiliki modal yang cukup untuk membeli sebuah mesin produksi atau tidak berani untuk melakukan investasi uang dalam jumlah besar untuk membeli sebuah mesin produksi. Sehingga, solusi yang dapat diambil adalah melakukan sewa terhadap beberapa mesin produksi. Pada keadaan tersebut perusahaan perlu mengoptimalkan waktu produksi yang digunakan guna mereduksi biaya produksi, khususnya dalam biaya sewa mesin. Untuk itu diperlukan sebuah metode guna mengoptimalkan penggunaan mesin dalam proses produksi sehingga biaya produksi yang dikeluarkan menjadi minimal.

Sains terus berkembang untuk mendapatkan solusi penyelesaian permasalahan-permasalahan yang terjadi dalam bidang industri. Untuk permasalahan penjadwalan *flow shop* pertama kali diperkenalkan oleh Johnson [7]. Setelah Johnson memperkenalkan konsep penjadwalan sederhana, banyak penelitian setelahnya yang membahas mengenai penjadwalan diantaranya penjadwalan yang dilakukan oleh Nawaz, Encsor, and Ham tentang penjadwalan produksi untuk  $m$  buah mesin dan  $n$  buah *job* [alihkan]. Laxmi Narain pada jurnalnya menjelaskan bahwa untuk melakukan perhitungan biaya sewa dapat digunakan rumus  $R = \sum_{i=1}^3 U_i \times C_i$ . Untuk permasalahan biaya sewa pada penjadwalan produksi pun sudah cukup banyak dibahas diantaranya oleh Deepak Gupta dan Laxmi Narain pada penelitian-penelitian mereka [3, 4, 5, 6].

## Kebijakan Sewa

Dalam proses sewa, pada umumnya terdapat tiga buah jenis kebijakan yang dapat diambil oleh perusahaan, antara lain [3]:

Kebijakan Sewa Jenis 1 : Mesin disewa dalam waktu bersamaan dan dikembalikan dalam waktu bersamaan

Kebijakan Sewa Jenis 2 : Mesin disewa ketika mesin dibutuhkan dalam proses produksi dan dikembalikan ketika sudah tidak dibutuhkan dalam proses produksi.

Kebijakan Sewa Jenis 3 : Mesin disewa ketika mesin dibutuhkan dan dikembalikan setiap kali mesin tidak dibutuhkan.

#### Notasi

$a_{i,j}$	: Waktu proses pada <i>job</i> ke- $i$ di mesin ke- $j$ , untuk $i = 1,2,3, \dots, n$ dan $j = 1,2,3$ .
$t_{i,j}$	: <i>Completion time</i> dari <i>job</i> ke- $i$ di mesin ke- $j$ , untuk $i = 1,2,3, \dots, n$ dan $j = 1,2,3$ .
$C_j$	: Biaya sewa untuk mesin ke- $j$ , untuk $j = 1,2,3$ .
$U_j$	: Utilitas mesin ke- $j$
$I_{i,j}$	: Waktu tunggu <i>job</i> ke- $i$ sampai proses pada mesin ke- $j$
$L_j$	: Waktu efisien untuk melakukan sewa pada mesin ke- $j$
$R$	: Total biaya sewa

Adapun beberapa definisi dan teorema dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya sebagai berikut.

#### Definisi [3]

*Completion time job* ke- $i$  pada mesin ke- $j$  dinotasikan  $t_{i,j}$  dan didefinisikan sebagai berikut:

$$t_{i,j} = \max(t_{i-1,j}, t_{i,j-1}) + a_{i,j}$$

keterangan:

$t_{i,j}$  = total *completion time job* ke- $i$  di mesin ke- $j$

$a_{i,j}$  = waktu proses dari mesin ke- $i$  di mesin ke- $j$

#### Teorema 1 [5]

Jika mesin ke-3 disewa saat  $L_3 = \sum_{i=1}^n I_{i,3}$ . Total *completion time* pada mesin ke-3 untuk penjadwalan tiga buah mesin tidak akan berubah.

#### Teorema 2 [5]

Jika mesin kedua disewa saat  $L_2 = \min\{Y_k\}$ , maka total *completion time* pada mesin ke-3 untuk penjadwalan tiga buah mesin tidak akan berubah, dengan:

$$Y_1 = L_3 - a_{1,2}$$

dan

$$Y_k = t'_{(k-1),3} - \sum_{i=1}^k a_{i,2}, \text{ untuk } k = 1,2,3, \dots, n.$$

#### Algoritma NEH

Algoritma Nawaz, Enscore, dan Ham dikembangkan oleh Nawaz, Enscore dan Ham (NEH) pada tahun 1983. Adapun langkah langkah dari algoritma Nawaz, Enscore, dan Ham sebagai berikut [1]:

1. Menghitung total waktu proses setiap *job* pada seluruh mesin.
2. Mengurutkan *job* berdasarkan total waktu proses terbesar.
3. Memilih 2 buah *job* dengan waktu proses terbesar, kemudian membuat penjadwalan dengan urutan berbeda dengan dua buah *job* tersebut. Pilih urutan dengan waktu proses minimal.

4. Pilih *job* dengan waktu proses terbesar berikutnya, kemudian membuat penjadwalan dengan urutan berbeda dengan meletakkan *job* tersebut di urutan awal, di akhir atau diantara *job* pada urutan yang didapat sebelumnya.
5. Membuat penjadwalan dengan urutan yang telah didapat.
6. Memeriksa apakah semua *job* sudah masuk ke dalam urutan tersebut. Jika semua *job* sudah masuk ke dalam urutan tersebut, maka penjadwalan telah selesai. Jika terdapat *job* yang belum masuk ke dalam urutan tersebut, maka lakukan langkah 4 dan 5 kembali.

### Hasil dan Diskusi

Berdasarkan observasi yang dilakukan pada proses produksi sandal yang dilakukan di CV. SAMHARI didapatkan bahwa CV. SAMHARI memproduksi 400 pasang sandal dengan 6 buah jenis yang berbeda. Pada proses produksi, CV. SAMHARI melakukan sewa pada 3 buah mesin produksi, biaya pada setiap mesin berturut-turut adalah Rp 145, Rp 290 dan Rp 1.000 untuk setiap menitnya. Waktu proses setiap *job* pada setiap mesin ditunjukkan oleh tabel 1.

**Tabel 1.** Waktu proses setiap *job* pada setiap mesin (dalam menit)

<i>Job</i>	Mesin		
	A	B	C
1	33,3	14,7	1
2	50	22	1
3	83,3	36,7	2
4	83,3	36,7	2
5	16,7	7,3	1
6	66,7	29,3	2

Setelah dilakukan proses pencarian waktu penjadwalan dengan metode NEH, didapatkan urutan optimal 3-4-6-2-1-5. Berdasarkan urutan yang didapatkan dengan menggunakan metode NEH, didapatkan penjadwalan yang ditunjukkan oleh tabel 2.

**Table 2.** Penjadwalan Optimal

Job	Mesin		
	A	B	C
3	0-83,3	83,3-120	120-122
4	83,3-166,6	166,6-203,3	203,3-205,3
6	166,6-233,3	233,3-262,6	262,6-264,6
2	233,3-283,3	283,3-305,3	305,3-306,3
1	283,3-316,6	316,6-331,3	331,3-332,3
5	316,6-333,3	333,3-340,6	340,6-341,6

Berdasarkan **Teorema 1**, penjadwalan akan menghasilkan biaya sewa yang lebih minimal apabila mesin ketiga disewa pada saat  $L_3 = \sum_{i=1}^n I_{i,3}$ .

$$L_3 = \sum_{i=1}^n I_{i,3} = t_{n,3} - \sum_{i=1}^n a_{i,3} = 341.6 - (9) = 332.6$$

Berdasarkan **Teorema 2**, penjadwalan akan menghasilkan biaya sewa yang lebih minimal apabila mesin ketiga disewa pada saat  $L_2 = \min\{Y_k\}$ . Sehingga didapatkan hasil bahwa mesin kedua akan disewa saat *job* pertama mulai dioperasikan selama 193.9 menit.

Berdasarkan hal tersebut dapat dibuat penjadwalan baru dengan waktu mulai mesin kedua dan ketiga saat  $L_2$  dan  $L_3$  seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 3.

**Tabel 3.** Penjadwalan Optimal

Job	Mesin		
	A	B	C
3	0-83,3	193,9-230,6	332,6-334,6
4	83,3-166,6	230,6-267,3	334,6-336,6
6	166,6-233,3	267,3-296,6	336,6-338,6
2	233,3-283,3	296,6-318,6	338,6-339,6
1	283,3-316,6	318,6-333,3	339,6-340,6
5	316,6-333,3	333,3-340,6	340,6-341,6

Setelah mendapatkan penjadwalan optimal, selanjutnya akan dihitung perbandingan biaya sewa sebelum dan sesudah penggunaan model optimisasi biaya sewa.

**Biaya sebelum menggunakan model**

$$R = \sum_{i=1}^3 U_i \times C_i = 344.545,5$$

**Biaya setelah menggunakan model**

$$R = \sum_{i=1}^3 U_i \times C_i = 99.871,5$$

Berdasarkan hasil tersebut maka, biaya sewa yang harus dibayar oleh CV. SAMHARI menjadi lebih minimal. Perbedaan biaya sewa setelah menggunakan model adalah sebesar Rp 244.674.

**Kesimpulan**

Model yang digunakan dapat menghasilkan produksi dengan waktu proses yang tetap sama namun menghasilkan biaya sewa yang lebih minimal. Hal ini terjadi karena model minimisasi yang digunakan dapat menemukan waktu efisien untuk melakukan sewa pada mesin. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, CV. SAMHARI dapat melakukan sewa dengan menggunakan kebijakan sewa jenis 2 dan melakukan reduksi biaya sewa sebesar Rp 244.674.

**Ucapan Terima Kasih**

Penulis dapat mengucapkan terima kasih kepada CV. SAMHARI yang telah mengizinkan penulis melakukan pengambilan data dalam proses penelitian.

**Referensi**

- [1] Al-Harkan, I., "Algorithms for Sequencing and Scheduling", Penerbit Industrial Engineering Department, College of Engineering, King Saud University, Riyadh, 2005
- [2] Ginting, R., "Penjadwalan Mesin", Penerbit Graha Ilmu, Medan, 2009.
- [3] Gupta, D. dan Sehga, P., "Unavailability in nx2 Flow Shop Scheduling To Minimize Rental Cost With Job-Block Criteria", *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 5, Issue 9, 6975-6981, 2018.
- [4] Gupta, D., Singla, P., dan Bala, S., "Minimize the rental cost in two stage flow shop scheduling problem in which setup time separated from processing time with branch and bound technique. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, Volume 3, Issue 8, 315-320., 2013.
- [5] Narain, L, "Optimize Renting Times of Machine In Flowshop Scheduling.", *Journal of Computer and Mathematical Sciences*, Vol.6(6), 280-289, 2015.
- [6] Narain, L, "Minimizing total Rental Costing Scheduling Problems.", *International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS)*, Volume 2, Issue 5, 84-88, 2015.
- [7] Tyagi, N., Varshney, R. dan Chandramouli, A., "Six Decades of Flowshop Scheduling Research.", *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 4, Issue 9, 854-864, 2013.
- [8] Yanto AK, A. F., Trianasari, N., "Analisis Hubungan Kepuasan Konsumen Terhadap Loyalitas Konsumen Produk PT Mustika Ratu Tbk Di Indonesia", *e-Proceeding of Management : Vol.5, No.3*, 2951-2955, 2018.