

MINIMASI BIAYA SEWA PADA PENJADWALAN *FLOWSHOP* DENGAN MEMPERHATIKAN *BREAKDOWN-TIME*

Muhammad Faudzi Bahari^{a,*}, Ade Ima Afifa Himayati^a

^aUniversitas Muhammadiyah Kudus

Muhammad_faudzi@umkudus.ac.id

Abstrak

Pada penelitian ini dibahas tentang sebuah metode untuk meminimasi biaya sewa pada penjadwalan *flowshop*. Metode yang digunakan adalah Nawaz, Encor, and Ham (NEH) dengan tiga buah mesin pada perusahaan sandal CV. SAMHARI. Perusahaan tersebut memproduksi 6 jenis sandal berbeda. Beberapa asumsi digunakan untuk mendukung penelitian ini. Metode yang digunakan diharapkan dapat mengurangi beban biaya yang harus dikeluarkan perusahaan untuk setiap kali produksi. Pada proses produksi diasumsikan bahwa terjadi *breakdown* pada jam ke 250-260 karena maintenance yang harus dilakukan terhadap mesin yang disewa. Jenis sewa yang digunakan adalah sekali pesan, sehingga diperlukan metode yang dapat meminimalisir waktu produksi total sehingga dapat menekan biaya produksi menjadi serendah mungkin. Pada saat simulasi dilakukan dapat dilihat bahwa terdapat selisih biaya produksi sebesar Rp. 251.774.

Kata Kunci: *Flowhop*, minimasi biaya sewa, *breakdown-time*

Abstract

This research discusses a method for minimizing rental costs in flowshop scheduling. The method used is Nawaz, Encor, and Ham (NEH) with three machines at the CV sandal company. SAMHARI. The company produces 6 different types of sandals. Several assumptions are used to support this research. The method used is expected to reduce the costs that the company must incur for each production. In the production process it is assumed that a breakdown occurs at 250-260 hours due to maintenance that must be carried out on the rented machine. The type of rental used is one order, so a method is needed that can minimize total production time so that production costs can be reduced to as low as possible. When the simulation is carried out, it can be seen that there is a difference in production costs of Rp. 251,774.

Keywords: *Flowhop*, minimize rental cost, *breakdown-time*

I. PENDAHULUAN

Penjadwalan mesin produksi adalah salah satu mata rantai kegiatan dari perencanaan produksi, dimana kegiatan penjadwalan itu sendiri berkaitan dengan proses pengurutan pengerjaan produk secara menyeluruh pada beberapa mesin (Sonata, 2015). Keoptimalan sebuah produksi sangat berdampak pada pendistribusian produk dari produsen hingga sampai di konsumen. Selain hal itu, keoptimalan pada sebuah produksi jelas mempengaruhi biaya produksi yang harus dikeluarkan oleh perusahaan.

Penjadwalan yang baik akan dapat mengurangi beban biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan, sehingga dapat meningkatkan profit yang diperoleh oleh

perusahaan tersebut. Jika dilihat dari sudut pandang konsumen, keoptimalan produksi juga memberikan akses yang mudah dan praktis dalam proses pencarian produk. Semakin mudah konsumen menemukan produk tersebut di pasaran akan berdampak pada peningkatan permintaan pada waktu mendatang.

Pada proses produksi yang dilakukan, pada beberapa mesin perlu dilakukan perawatan agar mesin memiliki umur yang lebih panjang. Perawatan mesin ini selain dapat memperpanjang umur mesin juga dapat mencegah keluarnya biaya yang lebih besar jika harus berganti dengan mesin yang baru atau mengurangi kemungkinan kerugian karena produksi terhenti apabila terdapat kerusakan pada mesin.

Dewasa ini persaingan pasar semakin liar karena kemajuan pada sektor teknologi, sehingga perusahaan lokal harus bersaing secara aktif dan langsung dengan perusahaan internasional yang mulai dapat mengakses pasar lokal di Indonesia, termasuk komoditi sandal. CV. SAMHARI sebagai perusahaan lokal memproduksi sandal tentu merasa bahwa perlu untuk membenahi sistem penjadwalan mereka untuk dapat bertahan dan bersaing.

Beberapa perusahaan maju tentu sudah dapat berinvestasi untuk menyediakan mesin yang dapat menunjang proses produksi yang dilakukan. Beberapa perusahaan berkembang menggunakan solusi lain sebagai alternatif untuk menekan biaya investasi yang dikeluarkan dengan cara menyewa beberapa mesin pada proses produksi yang dilakukan. Hal ini dapat dikatakan lebih ekonomis apabila perusahaan mampu menganalisa waktu yang tepat untuk meminjam serta meminimalisir durasi penggunaan mesin. Berdasarkan hal diatas, perusahaan memerlukan sebuah penjadwalan yang optimal agar dapat menentukan waktu dan durasi sewa guna menghemat biaya produksi.

Permasalahan seperti yang telah disebutkan sebelumnya tentunya tidak hanya dihadapi oleh CV. SAMHARI, namun oleh banyak perusahaan berkembang lainnya. Penelitian tentang hal inipun masih terus berlanjut sampai dengan hari ini.

Salah satu ilmuwan yang menjadi penggagas penelitian tentang penjadwalan produksi *flowshop* adalah penelitian tentang penjadwalan produksi pada dua buah mesin oleh Johnson (Selmer M. Johnson, 1953). Sejak saat itu, banyak penelitian dilakukan seiring dengan banyaknya kondisi berbeda yang dialami oleh banyak perusahaan, seperti yang dilakukan oleh Deepak Gupta dan Laxmi Narain (Gupta & Sehgal, 2020), (Gupta et al., 2012), (Sharma et al., 2011), (Gupta et al., 2013), (Gupta & Sehgal, 2018), (Gupta & Goel, 2019), (Narain, 2015a).

II. LANDASAN TEORI

A. Kebijakan Sewa

Dalam proses sewa, pada umumnya terdapat tiga buah jenis kebijakan yang dapat diambil oleh perusahaan, antara lain (Gupta & Sehgal, 2018):

Kebijakan Tipe Sewa 1 : Mesin akan disewa secara bersamaan di awal produksi dan dikembalikan setelah seluruh proses produksi selesai dilakukan.

Kebijakan Tipe Sewa 2 : Mesin akan disewa pada saat mesin tersebut digunakan dan dikembalikan setiap mesin selesai melakukan proses produksi untuk semua produk.

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

B. Notasi

$a_{i,j}$: Waktu proses pada *job* ke-*i* di mesin ke-*j*, dengan $i = 1,2,3, \dots, n$ dan $j = 1,2,3$.

$t_{i,j}$: *Completion time* dari *job* ke-*i* di mesin ke-*j*, dengan $i = 1,2,3, \dots, n$ dan $j = 1,2,3$.

C_j : Biaya sewa untuk mesin ke-*j*, dengan $j = 1,2,3$.

U_j : Utilitas mesin ke-*j*

$I_{i,j}$: Waktu tunggu *job* ke-*i* sampai proses pada mesin ke-*j*

L_j : Waktu efisien untuk melakukan sewa pada mesin ke-*j*

R : Total biaya sewa

C. Definisi dan Teorema

Adapun beberapa definisi dan teorema dari penelitian yang digunakan untuk pendukung dalam penelitian yang dilakukan.

Definisi (Gupta et al., 2013)

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

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

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 (Narain, 2015b)

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 (Narain, 2015b)

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 $\dots(2)$

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

1,2,3, ..., n .

Sementara untuk menghitung total biaya sewa, Laxmi narain menjelaskan bahwa total biaya sewa adalah jumlah dari hasil kali antara durasi mesin digunakan dengan biaya sewa setiap mesin.

$$R = \sum_{i=1}^3 U_i \times C_i. \quad \dots(3)$$

D. Metode Nawaz, Encor, and Ham (NEH)

Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam proses menemukan penjadwalan optimal dengan menggunakan metode Nawaz,

Enscore, dan Ham adalah sebagai berikut (Al-Harkan, 1997):

1. Menghitung waktu proses setiap *job* pada seluruh mesin, lalu mengurutkan *job* berdasarkan total waktu proses terbesar.
2. Membuat partisi kecil yang terdiri dari 2 buah *job* dengan waktu proses terbesar, untuk selanjutnya dibuat penjadwalan dengan urutan berbeda dengan dua buah *job* tersebut. Pada proses ini akan dipilih urutan dengan waktu minimal pada partisi pertama.
3. Memilih *job* dengan waktu proses terbesar selanjutnya, kemudian dibuatkan penjadwalan dengan urutan berbeda dengan meletakkan *job* tersebut di urutan awal, di akhir atau diantara *job* pada urutan yang didapat sebelumnya.
4. Mengulangi proses pada Langkah ketiga hingga semua *job* sudah termasuk dalam partisi tersebut.
5. Membuat penjadwalan dengan menggunakan urutan yang didapatkan dari proses ke 2 sampai dengan 4.
- 6.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di CV. SAMHARI dengan menggunakan metode NEH yang dimodifikasi untuk kasus minimasi biaya sewa dengan memperhatikan *breakdown-time* yang terjadi pada waktu ke 250-260. Adapun metode yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Buat partisi baru dengan 2 buah partisi dengan bobot kerja terkecil.
2. Bandingkan makespan dari setiap partisi.
3. Pilih partisi dengan makespan terkecil. Jika terdapat partisi yang sama, pilih partisi dengan nilai mean flowtime terkecil. Jika masih sama, pilih partisi secara acak.
4. Cek apakah setiap *job* sudah termasuk ke dalam partisi yang

terpilih. Jika tidak, lakukan buat partisi baru dengan mensubstitusikan *job* dengan bobot kerja terkecil berikutnya. Jika semua *job* sudah termasuk ke dalam partisi terpilih, maka urutan tersebut adalah urutan optimal.

5. Mengecek *job-job* yang terkena efek *breakdown* dan mengkalkulasikan waktu baru setelah terkena efek *breakdown*.
6. Mengurutkan *job* dengan urutan optimal setelah menambahkan efek *breakdown*.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses produksi yang dilakukan diketahui bahwa perusahaan akan memproduksi 400 buah produk sandal dengan 6 jenis beragam. Semua mesin disewa dengan menggunakan kebijakan sewa tipe kedua dimana mesin akan disewa saat mesin dibutuhkan dan akan dikembalikan saat seluruh produk telah selesai diproses pada mesin tersebut. Adapun biaya sewa yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk mesin pertama adalah 145, 290 untuk mesin kedua dan 1000 untuk mesin terakhir. Biaya sewa yang diberikan adalah biaya sewa untuk setiap satu jam mesin digunakan. Tabel 1 akan menunjukkan waktu proses yang dilalui oleh setiap *job* pada masing-masing mesin produksi.

Tabel 1. Waktu proses setiap *job* pada setiap mesin

Job	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

Metode NEH digunakan untuk menemukan urutan optimal pada penjadwalan yang dilakukan sehingga diperoleh urutan 3-4-6-2-1-5 sebagai urutan optimal. Selanjutnya akan dibuat sebuah penjadwalan dengan menggunakan urutan yang telah diperoleh sebelumnya.

Penjadwalan optimal berdasarkan metode NEH ditunjukkan oleh tabel 2.

Tabel 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

Perlu diperhatikan bahwa terjadi *breakdown* pada saat proses produksi memasuki waktu ke 250 sampai dengan 260. Oleh karena itu, dapat dilihat bahwa beberapa proses mengalami dampak penambahan waktu pada prosesnya, antara lain adalah *job* ke 2 pada mesin pertama serta *job* ke 6 pada mesin kedua. Hal ini mengakibatkan perubahan waktu proses kedua *job* tersebut berubah. Waktu proses setiap produk pada setiap mesin setelah terjadinya *breakdown* ditunjukkan oleh tabel 3.

Tabel 3. Waktu proses setiap *job* pada setiap mesin pasca *breakdown*

Job	Mesin		
	A	B	C
1	33.3	14.7	1
2	60	22	1
3	83.3	36.7	2
4	83.3	36.7	2
5	16.7	7.3	1
6	66.7	39.3	2

Tabel 3 menjelaskan tentang waktu proses baru dari setiap *job* setelah terjadi *breakdown*. Selanjutnya penjadwalan dilakukan dengan menggunakan urutan yang sama dengan memperhatikan *breakdown-time* seperti yang ditunjukkan oleh tabel 4.

Tabel 4. Penjadwalan Optimal Pasca *Breakdown*

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	233.3-272.6	262.6-264.6

Job	Mesin		
	A	B	C
2	233.3-293.3	283.3-305.3	305.3-306.3
1	293.3-326.6	316.6-331.3	331.3-332.3
5	312.6-343.3	343.3-350.6	350.6-351.6

Pada **Teorema 1** Laxmi Narain menjelaskan biaya sewa yang harus dikeluarkan perusahaan akan minimal apabila mesin ketiga disewa pada saat $L_3 = \sum_{i=1}^n I_{i,3}$.

$$L_3 = \sum_{i=1}^n I_{i,3} = t_{n,3} - \sum_{i=1}^n a_{i,3} = 351.6 - 9 = 342.6$$

Sementara itu **Teorema 2** mengatakan bahwa perusahaan akan mengeluarkan biaya sewa lebih minimal apabila mesin kedua disewa pada saat $L_2 = \min\{Y_k\}$. Berdasarkan teorema tersebut diperoleh biaya yang harus dikeluarkan perusahaan pada saat menyewa mesin kedua menjadi minimal apabila disewa pada waktu ke 183,9.

Setelah menemukan waktu optimal perusahaan melakukan sewa, selanjutnya akan disusun penjadwalan dengan biaya minimal pasca *breakdown-time* seperti yang ditunjukkan oleh tabel 5.

Table 5. Penjadwalan Dengan Biaya Minimal Pasca *Breakdown-time*

Job	Mesin		
	A	B	C
3	0-83.3	183.9-220.6	342.6-344.6
4	83.3-166.6	220.6-267.3	344.6-346.6
6	166.6-233.3	267.3-296.6	346.6-348.6
2	233.3-293.3	296.6-318.6	348.6-349.6
1	293.3-326.6	318.6-333.3	349.6-350.6
5	326.6-343.3	343.3-350.6	350.6-351.6

Biaya sebelum menggunakan model

$$R = \sum_{i=1}^3 U_i \times C_i = 358.895,5$$

Biaya setelah menggunakan model

$$R = \sum_{i=1}^3 U_i \times C_i = 107.121,5$$

Dapat dilihat bahwa terdapat selisih sebesar Rp. 251.774 yang dapat dikurangkan dari total biaya produksi yang dilakukan perusahaan.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan utama dari penelitian ini dapat disajikan dalam bagian Kesimpulan singkat, yang mungkin berdiri sendiri atau terbentuk dari Pembahasan Hasil dan Pembahasan. Bagian kesimpulan harus mengarah pembaca untuk hal yang penting dalam penelitian. Hal ini juga dapat diikuti dengan saran atau rekomendasi yang berkaitan dengan penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Harkan, I. M. (1997). Algorithms for Sequencing and Scheduling. *On Merging Sequencing and Scheduling Theory with Genetic Algorithms to Solve Stochastic Job Shops*, 438.
- Gupta, D., Bala, S., & Singla, P. (2012). 3-Stage Specially Structured Flow Shop Scheduling to Minimize the Rental Cost Set Up Time Separated from Processing Time Including Transportation Time. *International Journal of Computer Applications*, 53(5), 15–18. <https://doi.org/10.5120/8417-0960>
- Gupta, D., & Goel, R. (2019). Minimizing Hiring Cost of the Machine Under No Idle Constraints in N*2 Flow Shop Scheduling with Transportation and Set Up Time. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 9(2), 5227–5229. <https://doi.org/10.35940/ijitee.b7565.129219>
- Gupta, D., & Sehgal, P. (2018). Unavailability in $n \times 2$ Flow Shop Scheduling To Minimize Rental Cost with Job Block Criteria. 5(9), 6975–6981.
- Gupta, D., & Sehgal, P. (2020). Unavailability of the machines in two stage flow shop scheduling model to minimize rental cost with job block criteria and transportation time.

Advances in Mathematics: Scientific Journal, 9(9), 6789–6798.
<https://doi.org/10.37418/amsj.9.9.37>

Gupta, D., Singla, P., & Bala, S. (2013). *Minimize the Rental Cost in Two Stage Flow Shop Scheduling Problem in Which Set Up Time Separated From Processing Time with Branch and Bound Technique*. 3(8), 315–320.

Narain, L. (2015a). *Minimizing total Rental Cost in Scheduling Problems*. 6(June), 280–289.

Narain, L. (2015b). *Optimize Renting Times of Machines in Flow-Shop Scheduling*. 5, 84–88.

Selmer M. Johnson. (1953). *Optimal two- and three-stage production schedules with setup times included.pdf*.

Sharma, S., Gupta, D., Singla, P., & Bala, S. (2011). *Minimizing Rental Cost for n-Jobs , 2-Machines Flow Shop Scheduling , Processing Time Associated with Probabilities Including Transportation Time and Job Block criteria*. 1(3), 17–28.

Sonata, F. (2015). *Sistem Penjadwalan Mesin Produksi Menggunakan Algoritma Johnson dan Campbell*. *Jurnal Buana Informatika*, 6(3), 173–182.
<https://doi.org/10.24002/jbi.v6i3.430>