

## **MINIMISASI *MAKESPAN* PADA PERAKITAN DAUN PINTU MENGUNAKAN ALGORITMA NAWAZ, ENSCORE, HAM (NEH) DAN DANNENBRING**

**Siti Maretia Benu**

Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Medan, Medan, Indonesia

Jl. Almamater No.1 Kampus USU, Medan Indonesia

Email: sitimaretia@polmed.ac.id

### **Abstract**

The door production process with an assembly system that has various types of products, must be properly scheduled. The production schedule carried out by the company is accordance with First Come First Serve. The company found inappropriate scheduling for orders received. This is due to the large makespan on the factory floor. This study compares the scheduling performance using the Nawaz, Enscore, Ham (NEH) and Dannenbring algorithms with the company's scheduling, FCFS. The results of the study concluded that the completion time with the NEH algorithm is shorter than the Dannenbring algorithm and the company's scheduling with an efficiency index value of 1.0188.

**Keywords:** Makespan; NEH; Dannenbring; Due Date; Production Scheduling

### **Abstrak**

Proses produksi daun pintu dengan sistem perakitan yang memiliki berbagai tipe produk, harus dijadwalkan dengan tepat. Jadwal produksi yang dilakukan oleh perusahaan selama ini sesuai dengan urutan *First Come First Serve*. Perusahaan menemukan penjadwalan yang tidak tepat untuk order yang diterima. Hal ini disebabkan karena besarnya *makespan* pada lantai pabrik. Penelitian ini membandingkan kinerja penjadwalan menggunakan Algoritma Nawaz, Enscore, Ham (NEH) dan Dannenbring dengan penjadwalan perusahaan yaitu FCFS. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa waktu penyelesaian dengan algoritma NEH lebih singkat daripada algoritma Dannenbring dan penjadwalan perusahaan dengan nilai *efficiency index* 1.0188.

**Kata kunci:** Makespan; NEH; Dannenbring; Due Date; Penjadwalan Produksi

## **1. PENDAHULUAN**

Pabrik perakitan daun pintu mengalami permasalahan jadwal yang tidak tepat untuk order yang diterima setiap minggu. Hal ini diakibatkan karena besarnya waktu penyelesaian pada lantai pabrik. Pabrik harus tetap mempertahankan kepercayaan konsumen dengan pengiriman produk tepat waktu. Produksi dilaksanakan berdasarkan *make to order* sehingga perusahaan memproduksi sejumlah daun pintu dengan model yang bervariasi sesuai dengan pesanan konsumen.

Pabrik menggunakan aturan *First Come First Serve (FCFS)*, pengerjaan order dilakukan sesuai dengan urutan kedatangan order. Order yang datang pertama akan diprioritaskan untuk dikerjakan pada urutan pertama, begitu seterusnya sampai order terakhir datang [1]. Model penjadwalan dengan aturan FCFS tidak menguntungkan untuk order yang memiliki total waktu proses pendek, hal ini disebabkan ketika order tersebut berada di belakang antrian maka waktu menganggur sebelum proses di lantai pabrik memerlukan waktu lama. Hal tersebut menimbulkan total waktu penyelesaian seluruh pesanan (*makespan*) pada lantai produksi semakin besar. Seiring dengan hal tersebut, *work in process* pada beberapa stasiun kerja juga akan semakin besar. *Makespan* yang tersedia tidak dapat memenuhi batas waktu pekerjaan selesai (*duedate*). Apabila pabrik tidak segera mengatasi masalah tersebut maka konsumen akan kecewa dan komplain, bahkan perusahaan akan mengalami kerugian karena penalti yang disebabkan oleh keterlambatan pengiriman dan perusahaan akan kehilangan order. Hal tersebut membuat perusahaan tidak mampu bersaing dalam dunia industri [2].

Penjadwalan merupakan pengalokasian sumber daya terbatas untuk mengerjakan sejumlah pekerjaan. Permasalahan akan muncul apabila pada tahapan operasi tertentu beberapa atau seluruh pekerjaan itu membutuhkan stasiun kerja yang sama. Penjadwalan proses produksi sangat penting dalam industri manufaktur. Beberapa hal yang akan dipengaruhi oleh penjadwalan proses produksi, diantaranya efisiensi kerja / proses [3].

Peran penjadwalan sangat penting dalam perencanaan dan pengendalian produksi. Penjadwalan mampu merencanakan produksi serta mengalokasikan sumber daya pada suatu waktu dengan memperhatikan sumber yang tersedia. Penjadwalan mampu mengatur dan mengurutkan pekerjaan serta mengalokasikan sumber daya berupa

waktu dan fasilitas untuk setiap operasi yang harus dikerjakan. Fokus penjadwalan adalah langkah awal untuk mengambil keputusan tentang alokasi tugas pada sumber daya yang dimiliki, terutama pada sejumlah pekerjaan yang harus dikerjakan pada sumber daya yang terbatas [4].

Algoritma Nawaz, Enscore, dan Ham (NEH) merupakan jenis metode penjadwalan heuristik. Penjadwalan heuristik digunakan sesuai dengan pertimbangan yang terjadi pada lantai produksi yaitu:

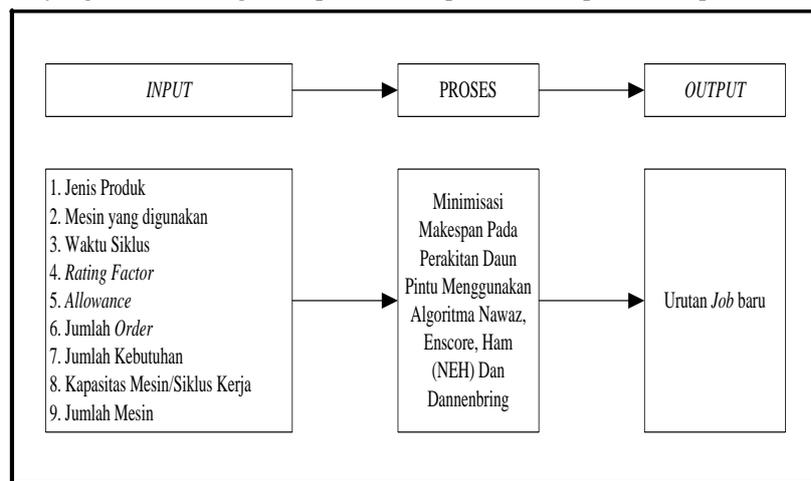
1. Metode heuristik (NEH) digunakan pada masalah penjadwalan flowshop yang terdiri dari  $n$  buah job dan  $m$  buah mesin.
2. Algoritma NEH adalah metode heuristik terbaik untuk penjadwalan flowshop
3. Algoritma NEH dapat digunakan pada produk dengan variasi yang tinggi.
4. Metode heuristik (NEH) digunakan untuk penjadwalan dengan kriteria minimisasi makespan[5].

Metode Danenbring merupakan metode yang dikembangkan oleh D.G Dannenbring dengan prosedur yang Rapid Access [6]. Metode Dannenbring pada prinsipnya mengkombinasikan metode CDS dan konsep *Slope Index* yang dikembangkan oleh Palmer [7]

Tujuan penelitian ini untuk meminimisasi *makespan* pembuatan daun pintu dengan algoritma Nawaz, Enscore, Ham (NEH) dan Dannenbring.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada pabrik perakitan daun pintu yang berlokasi di Medan. Pabrik ini memiliki fokus pengolahan bahan baku utama yaitu kayu yang diolah menjadi daun pintu. Daun pintu hasil produksi terdiri dari dua jenis, yaitu daun pintu yang terbuat dari komponen solid dan daun pintu *veneer* (gabungan dari potongan-potongan kayu). Fokus penelitian adalah pada daun pintu *veneer* yang memiliki 4 tipe produk, dimana setiap tipe produk melalui 31 *work centre* yang sama. Kerangka berpikir dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Berpikir Penelitian

Pengolahan data pada penelitian ini dengan tahapan berikut:

### 1. Uji keseragaman

Saat pengukuran waktu kerja operator, terdapat kemungkinan diperoleh data yang tidak seragam. Peta kendali merupakan alat yang digunakan untuk mendeteksi ketidakseragaman data. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95 % dan tingkat ketelitian 5%. Uji keseragaman data dilakukan dengan menggunakan batas kontrol  $\pm 2\sigma$ .

$$\text{BKA (Batas Kendali Atas)} = \bar{X} + k\sigma \quad (1)$$

$$\text{BKB (Batas Kendali Bawah)} = \bar{X} - k\sigma \quad (2)$$

Data yang digunakan mewakili waktu kerja adalah data yang seragam.

### 2. Uji Kecukupan

Semakin banyak jumlah pengamatan yang dilakukan maka hasil penelitian akan semakin mendekati kondisi yang sebenarnya. Tujuan uji kecukupan data adalah memperoleh data yang dapat mewakili populasi melalui pengamatan. Penelitian ini menggunakan tingkat kepercayaan 95% dan tingkat ketelitian 5% maka langkah yang dilakukan adalah:

- a. Perhitungan waktu normal
- b. Perhitungan Waktu Baku (Waktu Standar)

- c. Perhitungan waktu penyelesaian
- d. Perhitungan *Makespan* dengan metode *First Come First Serve(FCFS)*
- e. Perhitungan *Makespan*, perhitungan dibantu dengan menggunakan *Ms Excel* [1]

### Metode Nawaz, Enscore, Ham (NEH)

Algoritma *heuristic* NEH ini mengusulkan bahwa *job* yang memiliki total waktu proses yang lebih besar harus diprioritaskan dibandingkan *job* dengan total waktu proses yang lebih kecil. Langkah-langkah dalam penyelesaian metode NEH adalah:

1. Hitung waktu total proses masing-masing *job*.

$$T = \sum_{i=1}^m t_i \quad (3)$$

Dimana:

T = total seluruh waktu penyelesaian setiap *job*

t = waktu proses setiap *job*

i = *job* yang dikerjakan

2. Urutkan *job* berdasarkan berdasarkan waktu proses terbesar.
3. Percobaan dua urutan pertama kemudian menghitung *makespan* dari kemungkinan urutan dua *job* tersebut. Pilih urutan dengan *makespan* ( $C_{max}$ ) dan *mean flow time* ( $\bar{F}$ ) parsial yang terkecil. Urutan yang memiliki *makespan* terbesar akan dibuang atau tidak digunakan.
4. Setelah diperoleh *makespan* dengan urutan *job* yang memiliki dua *job* kemudian tambahkan urutan dalam urutan parsial dimana data yang dimasukkan hanya urutan *job* yang memiliki *makespan* terkecil.
5. Jika ada calon urutan parsial baru yang memiliki *makespan* parsial yang sama, maka yang dipilih adalah calon urutan parsial baru yang memiliki *mean flow time* parsial yang lebih kecil. Jika masih sama maka pilih calon urutan parsial baru tadi secara acak [8].

### Algoritma Dannenbring

Metode ini dikembangkan oleh D.G. Dannenbring dengan prosedur yang disebut *rapid access* yang pada prinsipnya mengkombinasi metode CDS dan konsep *slope index* yang dikembangkan oleh Palmer. Langkah-langkah pada metode Dannenbring adalah sebagai berikut:

1. Menghitung waktu proses seolah-olah untuk mesin pertama

$$P_{i1} = \sum_{j=1}^M (M - j + 1) \cdot t_{ij} \quad (4)$$

Menghitung waktu proses seolah-olah untuk mesin kedua

$$P_{i2} = \sum_{j=1}^M (j) \cdot t_{ij} \quad (5)$$

Untuk  $i = 1, 2, \dots, n$

Dimana  $P_{i1}$  = waktu proses *job* ke-i dalam mesin ke-1

$P_{i2}$  = waktu proses *job* ke-i dalam mesin ke-2

$i$  = *job* yang diproses ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ )

$j$  = mesin yang digunakan untuk proses *job*  $i$

2. Penentuan *idle time* dan *makespan*

$P_{ij} t_{ij}$  ;  $i = 1, 2, \dots, n$  ;  $j = 1, 2, \dots, n$

$I_{ij} = \max\{0, (\sum t_{ij} + t_{i(j+1)} - I_{ij})\}$

$t_{new(i),n} = (t_{i2} - I_{i1})$

Keterangan:

$i$  = *job* yang diproses ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ )

$j$  = mesin yang digunakan untuk proses *job*  $i$  ( $j = 1, 2, 3, \dots, n$ )

3. Menghitung total waktu penyelesaian *job* [9].

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pengujian Keseragaman Data

Pengujian keseragaman data merupakan suatu pengujian untuk memastikan bahwa data yang dikumpulkan berasal dari satu sistem yang sama. Pengujian keseragaman data dapat mengetahui adanya perbedaan dan data yang di luar batas kendali (*out of control*) yang dapat digambarkan pada peta kontrol. Data *out of control* dibuang dan tidak dipergunakan dalam perhitungan selanjutnya. Untuk penyelesaian digunakan tingkat kepercayaan 95% dan ketelitian 5%. Hasil yang diperoleh pada pengujian ini dapat menunjukkan bahwa rata-rata waktu pembuatan setiap tipe daun pintu dalam batas kendali dan data yang dikumpulkan seragam.

#### Pengujian Kecukupan Data

Rumus umum perhitungan kecukupan data adalah sebagai berikut:

$$N' = \left[ \frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2 \quad (6)$$

Keterangan :

- N = Jumlah pengamatan yang dilakukan
- N' = Jumlah pengamatan yang harus dilakukan
- $\sum X_i$  = Jumlah seluruh data
- $\sum X_i^2$  = Jumlah kuadrat data
- k = Tingkat kepercayaan
- s = Tingkat ketelitian

Harga indeks tingkat kepercayaan adalah sebagai berikut:

Tingkat kepercayaan 68%, maka nilai k = 1

Tingkat kepercayaan 95% , maka nilai k = 2

Tingkat kepercayaan 99%, maka nilai k = 3

Dengan ketentuan :

- jika  $N' < N$ , maka jumlah data pengamatan sudah mencukupi
- jika  $N' > N$ , maka jumlah data pengamatan belum mencukupi [10].

Jumlah pengamatan yang dilakukan pada penelitian sebanyak 25 kali. Penelitian ini menggunakan tingkat kepercayaan 95% dan tingkat ketelitian 5%, diperoleh bahwa jumlah data pengamatan pada setiap tipe daun pintu pada setiap stasiun kerja cukup. Jumlah pengamatan yang harus dilakukan bernilai lebih kecil dari jumlah pengamatan yang dilakukan sehingga tidak diperlukan pengukuran waktu tambahan.

#### Penentuan Waktu siklus

Waktu siklus yang digunakan adalah harga rata-rata dari waktu pengerjaan tiap stasiun kerja. Harga rata-rata tersebut diperoleh dari data pengamatan waktu siklus operasi yang telah berada pada batas kontrol yang ditentukan. Contoh perhitungan waktu siklus untuk stasiun kerja pemotongan untuk komponen panel adalah sebagai berikut:

$$\bar{X} = \frac{\sum \text{Jumlah data pengamatan}}{\text{Jumlah pengamatan (N)}} \quad (7)$$

$$\bar{X} = \frac{29,87 + 23,41 + 26,95 + \dots + 30,65}{25} = 27,48$$

Maka, waktu siklus untuk stasiun pemotongan komponen panel adalah 27,48 detik.

#### Perhitungan Waktu Normal

Untuk menghitung waktu normal ( $W_n$ ) dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$W_n = W_s \times p \quad (8)$$

Dimana :

$W_n$  = Waktu Normal

$W_s$  = Waktu Siklus

Penentuan  $R_f$  (*Rating Factor*) menggunakan metode *Westinghouse system of rating factor*, yang terdiri dari empat faktor yang mempengaruhi penentuan rating, yaitu : keterampilan, kondisi kerja, usaha dan konsistensi.

**Tabel 1.** *Rating Factor* Operator Pemotongan Komponen Panel

Faktor	Kelas/Lambang	Nilai
Keterampilan	Good (C1)	+0,06
Usaha	Good (C1)	+0,05
Kondisi Kerja	Good (C)	+0,02
Konsistensi	Good (C)	+0,01
Total		+0,14

Berdasarkan nilai-nilai *Rating Factor* di atas, maka dapat dihitung waktu Normal ( $W_n$ ). Waktu Normal pada operasi pemotongan untuk komponen panel pintu tipe 1 adalah :

$$\begin{aligned} W_n &= W_s \times p \\ &= 27,48 \times (1 + 0,14) \\ &= 31,32 \text{ detik} \end{aligned}$$

### Perhitungan Waktu Baku

Perhitungan waktu baku dilakukan setelah mengetahui *allowance*. *Allowance* untuk kebutuhan pribadi, dan menghilangkan rasa *fatigue* dapat diperoleh dari tabel besarnya *allowance* berdasarkan faktor-faktor yang berpengaruh [8]. Persentase *allowance* adalah kelonggaran untuk istirahat yang diberikan kepada tenaga kerja dalam persen (%) waktu dasar. Perhitungan *allowance* operasi pemotongan komponen panel pintu tipe 1 dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Perhitungan *Allowance* Operasi Pemotongan Komponen Panel

<i>Allowance</i>	% <i>Allowance</i>
Tenaga yang dikeluarkan	7,5
Sikap kerja	3,0
Gerakan kerja	1,0
Kelelahan mata	2,0
Keadaan temperatur	3,0
Keadaan atmosfer	4,0
Keadaan lingkungan	3,0
Kebutuhan pribadi	1,0
Total	24,5

Perhitungan waktu baku dapat dilakukan dengan menggunakan rumus seperti berikut :

$$W_b = W_n \times \frac{100\%}{100\% - \% \text{ Allowance}} \quad (9)$$

Perhitungan waktu baku untuk operasi pemotongan panel adalah sebagai berikut :

$$W_b = 31,32 \times \frac{100\%}{100\% - 24,5\%}$$

$$W_b = 41,49 \text{ detik}$$

Setelah mengetahui waktu baku masing-masing mesin/operasi, langkah selanjutnya adalah menghitung waktu pengerjaan. Perbedaan kapasitas mesin per satu siklus pada pengerjaan produk tiap stasiun kerja menyebabkan perlu adanya perhitungan pembagian setiap waktu pengerjaan yang diperoleh dengan kapasitas mesin per satu siklus kerja dan jumlah mesin/operator.

$$\text{Waktu Pengerjaan (detik)} = \text{Waktu Baku (detik/unit)} \times \frac{\text{Jumlah Kebutuhan (unit)}}{\text{Kapasitas} \times \text{Jumlah Mesin}} \quad (10)$$

$$\text{Waktu pengerjaan pemotongan panel} = 41,49 \times \frac{1500}{2} = 31.116,52 \text{ detik}$$

**Tabel 3.** Waktu Baku Pengerjaan Daun Pintu

Mesin/Operasi	Job (Detik)			
	Tipe 1	Tipe 2	Tipe 3	Tipe 4
Pemotongan 1	31116,52	43708,38	16743,44	8474,01
Pengetaman	23411,46	71585,94	48811,59	15969,91
Clamping 1	22587,07	32986,12	22963,42	8556,09
Pembelahan Lebar	6494,38	8718,85	7230,29	3896,64
Pengetaman Tebal	6119,21	9912,88	7883,50	3777,61
Pemotongan Panjang	14005,99	24650,20	12989,64	6707,93
WBS	4745,26	8643,23	4267,70	1309,51
Profil	13546,36	23456,41	12135,21	9332,17
Penghalusan Profil	13640,90	31535,43	19694,86	8773,80
Pemotongan 2	18477,06	36952,43	24069,20	11893,27
Pemasangan Lipping 1	4815,90	9448,23	6311,64	3157,31
Clamping 1	5820,55	11745,97	7787,37	3899,28
Pemotongan 3	20238,78	34828,25	19021,50	7331,41
Pemasangan Lipping 2	18065,38	33095,42	16529,96	9704,96
Clamping 2	4641,83	9035,97	4651,40	4603,93
Blanking	12942,41	24210,13	19059,24	9666,42
Pemasangan Veener	65704,94	113090,14	62988,07	25932,23
Pengepresan	44157,15	86962,86	49074,47	24433,87
Pengetaman Pisau R	21296,33	36107,39	22156,63	9196,16
Pemotongan Panjang (ST)	11162,84	22001,22	14946,55	7775,28
Bor 1	5049,78	10490,55	6638,10	3363,69
Profil Lebar	10850,03	18837,72	9828,36	3450,91
Profil Panjang	30767,94	50315,32	26998,84	10822,35
Bor 2	32889,08	64401,25	32727,94	11329,98
Pemasangan Dowel	15066,31	26284,95	14007,09	4967,99
Perakitan Daun Pintu	9906,45	15349,55	7742,33	2717,47
Pengepresan daun pintu	13367,98	16908,19	9265,16	3474,96
WBS	3042,46	6406,59	4025,65	1994,03
Pendempulan	27466,94	49777,94	29494,65	14542,87
Penghalusan	9876,55	21760,09	15460,49	8279,72
Packing	26350,83	53120,89	34807,52	17566,56
Total	547624,71	1006328,50	590311,81	266902,31

#### Penyelesaian Penjadwalan dengan Algoritma Nawaz, Enscore & Ham (NEH)

Tahapan penjadwalan produksi menggunakan algoritma Nawaz, Enscore, Ham (NEH) dilakukan dengan beberapa iterasi.

**Tabel 4.** Iterasi Pada Penjadwalan Menggunakan Algoritma Nawaz, Enscore, Ham (NEH)

Iterasi	Kombinasi Job	<i>Makespan</i> (Detik)	<i>Mean Flow Time</i> (Detik)
1	Tipe 2 - Tipe 3	676.487,17	659.083,41
	Tipe 3 - Tipe 2	679.538,41	527.671,53
2	Tipe 2 - Tipe 3 - Tipe 1	702.838,01	673.668,28
	Tipe 2 - Tipe 1 - Tipe 3	702.838,01	670.849,38
	Tipe 1 - Tipe 2 - Tipe 3	701.891,27	573.924,65
3	Tipe 1 - Tipe 2 - Tipe 3 - Tipe 4	719.457,83	610.307,95

Tipe 1 - Tipe 2 - Tipe 4 - Tipe 3	719.457,83	605.997,70
Tipe 1 - Tipe 4 - Tipe 2 - Tipe 3	727.823,50	536.000,97
Tipe 4 - Tipe 1 - Tipe 2 - Tipe 3	714.383,85	481.644,26

Urutan final penjadwalan dengan Algoritma Nawaz, Enscore, Ham (NEH) adalah kombinasi job yang memiliki nilai *Makespan* terkecil yaitu 714.383,85. Kombinasi job untuk penjawalan adalah Tipe 4 - Tipe 1 - Tipe 2 - Tipe 3.

### Penyelesaian Penjadwalan dengan Algoritma Dannenbring

Metode Dannenbring mengikuti prosedur *rapid access* dimana prinsipnya mengkombinasikan metode CDS dan konsep *slope index* yang dikembangkan oleh Palmer. Dengan menggunakan rumus yang telah dijelaskan pada bagian metode penelitian, maka hasil penjadwalan dengan Algoritma Dannenbring adalah sebagai berikut:

**Tabel 5.** Perhitungan  $P_{i1}$  dan  $P_{i2}$

Job	$P_{i1}$ (Detik)	$P_{i2}$ (Detik)
1	16.976.366	9.022.494
2	30.189.855	16.490.335
3	17.119.043	9.639.390
4	7.473.265	4.396.436

Berdasarkan table di atas dapat diketahui bahwa nilai waktu terkecil terdapat pada  $P_{i2}$ , maka *job* 4 dijadwalkan pada urutan terakhir. Urutan penjadwalan menggunakan Algoritma Dannenbring adalah Tipe 2 - Tipe 3 - Tipe 1 - Tipe 4 dengan *makespan* 720.404,56.

### Pemilihan Penjadwalan Terbaik dengan Kriteria Minimisasi *Makespan*

Perhitungan penjadwalan telah dilakukan dengan menggunakan Algoritma Nawaz, Enscore, Ham (NEH) dan Dannenbring, dimana kedua metode tersebut menghasilkan urutan *job* yang berbeda. Menentukan metode yang lebih baik dengan *Efficiency Index* (EI) yang membandingkan antara metode usulan dengan metode yang digunakan perusahaan.

$$EI = \frac{F_{\max} - \text{Metode Perusahaan}}{F_{\max} - \text{Usulan}} \quad (11)$$

Bila EI = 1 maka kedua metode memiliki performance yang sama

EI < 1 maka metode usulan memiliki performance yang kurang baik dibandingkan dengan metode yang digunakan perusahaan.

**Tabel 6.** Nilai Fmax Metode Perusahaan, Algoritma NEH dan Dannenbring

Metode	Urutan Job	Fmax (Detik)	<i>Efficiency Index</i>
Metode Perusahaan	Tipe 1 - Tipe 4 - Tipe 2 - Tipe 3	727.823,50	
Algoritma NEH	Tipe 4 - Tipe 1 - Tipe 2 - Tipe 3	714.383,85	1,0188
Algoritma Dannenbring	Tipe 2 - Tipe 3 - Tipe 1 - Tipe 4	720.404,56	0,9898

*Relative Error* (RE) digunakan untuk mengetahui tingkat perbedaan *makespan* yang dihasilkan oleh kedua metode.

$$RE = \frac{F_{\max-NEH} - F_{\max-Metode\ Perusahaan}}{F_{\max-NEH}} \times 100\% \quad (12)$$

$$RE = \frac{714.383,85 - 727.823,50}{714.383,85} \times 100\%$$

$$RE = -0.0188 \times 100\% = -1,88\%$$

*Elapsed runtime* parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat perbedaan waktu yang digunakan metode perusahaan dengan Algoritma NEH untuk mendapatkan hasil akhir.

$$\text{Elapsed time} = \text{waktu metode perusahaan} - \text{waktu Algoritma NEH} \quad (13)$$

$$\text{Elapsed time} = 727.823,50 - 714.383,85 = 13.519,65 \text{ detik}$$

#### 4. SIMPULAN

Penjadwalan produksi dengan menggunakan Algoritma Nawaz, Enscore & Ham (NEH) memiliki hasil *performance* parameter yang sangat baik. Nilai *efficiency index* lebih besar satu artinya *performance* sangat baik, sedangkan *relative error* memberikan hasil yang negatif yang artinya perbedaan *makespan* akan memberikan perbedaan cukup besar dan nilai *elapsed time* atau perbedaan waktu antara kedua metode yaitu 13.519,65 detik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Maulida, F. and D. Wismarini, *Aplikasi Penjadwalan Quality Control Berbasis Web Mobile Menggunakan Metode First Come First Serve (Fcfs) With Priority Scheduling Studi Kasus: Pt Indonesia Comnets Plus Sbu Semarang*. 2019.
- [2] Sirait, A.T. and R. Ginting. *Penjadwalan Produksi Flowshop Dengan Menggunakan Metode Tabu Search Di PT. Jaya Beton Indonesia*. in *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)*. 2019.
- [3] Ginting, R., *Penjadwalan mesin*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2009.
- [4] Mashuri, C., et al., *Sistem Optimasi Penjadwalan Mesin Produksi Menggunakan Metode GUPTA Berbasis Android*. JSINBIS (Jurnal Sistem Informasi Bisnis). **10**(1): p. 20-27.
- [5] Rimbawan, E.W. *Penjadwalan Mesin dengan Menggunakan Algoritma NEH pada PT. XYZ*. in *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)*. 2019.
- [6] Utami, I., I. Kuswandi, and D. Wibowo. *Comparation of Schedulling Methods: Campbell Dudek Smith, Palmer and Dannenbring to Minimize Makespan*. in *Journal of Physics: Conference Series*. 2020. IOP Publishing.
- [7] Pamungkas, S.D., *Analisis Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Dannenbring Di PT. Sinar Sosro*. Jurnal Valtech, 2019. **2**(2): p. 156-159.
- [8] Annisya, S.D. and J.A. Saifudin, *Analisis Penjadwalan Produksi Batu Tahan Api Dengan Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith (Cds), Nawaz Enscore Ham (NEH), dan Palmer untuk Mengurangi Makespan di PT. X*. Juminten, 2020. **1**(3): p. 165-176.
- [9] Irsyad, M. and T. Oktiarso, *Penjadwalan Produksi Dengan Algoritma Dannenbring dan Branch and Bound pada Produksi Atap Galvalum Di PT NS Bluescope Lysaght Indonesia*. Journal of Integrated System, 2020. **3**(2): p. 148-160.
- [10] Satalaksana, I.Z., A. Ruhana, and H.T. John, *Teknik tata cara kerja*. 1979.