



PAPER – OPEN ACCESS

Implementasi Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Algoritma Nawaz, Enscore, and Ham (NEH) dan Shortest Processing Time (SPT)

Author : Utari Noor Afifah Panggabean, dan Salsabila Sembiring
DOI : 10.32734/ee.v6i1.1911
Electronic ISSN : 2654-7031
Print ISSN : 2654-7031

Volume 6 Issue 1 – 2023 TALENTA Conference Series: Energy and Engineering (EE)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/).

Published under licence by TALENTA Publisher, Universitas Sumatera Utara



Implementasi Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Algoritma *Nawaz, Enscore*, dan *Ham* (NEH) dan *Shortest Processing Time* (SPT)

Utari Noor Afifah Panggabean*, Salsabila Sembiring

Magister Teknik Industri, Universitas Sumatera Utara, Jl. Almamater, Kota Medan 20155, Indonesia

utari.afifah@gmail.com, salsabilasembiring2698@gmail.com

Abstrak

Penjadwalan produksi dalam industri manufaktur memiliki peran yang sangat penting sebagai bentuk proses pengambilan keputusan yang menitikberatkan pada koordinasi waktu dalam kegiatan produksi. Mengatur dan menjadwalkan pekerjaan agar perusahaan dapat menyelesaikan pesanan sesuai dengan waktu yang ditentukan merupakan hal yang penting dalam sistem produksi. PT. SSTR merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur dalam memproduksi mobil mainan anak. Selama ini PT. SSTR telah memiliki pedoman produksi tentang apa yang harus dilakukan terlebih dahulu dan proses produksi sesuai dengan ketentuan standar waktu produksi perusahaan, namun terkadang perusahaan mengalami keterlambatan dalam pengiriman produk ke konsumen. Berdasarkan kondisi tersebut, maka perlu adanya pengaturan penggunaan sumber daya dan penggunaan mesin agar pesanan produk yang diminta tetap sampai kepada konsumen pada waktu yang tepat. Berdasarkan permasalahan yang telah dipaparkan dan juga pentingnya penjadwalan dalam suatu proses produksi, hal inilah yang melatarbelakangi penulisan peneliti untuk melakukan penelitian tentang penjadwalan di PT SSTR. Penelitian ini membandingkan algoritma *Nawaz, Enscore and Ham* (NEH) dan *Shortest Processing Time* (SPT) untuk menyelesaikan masalah penjadwalan produksi dan mendapatkan solusi dengan kualitas yang lebih baik serta memiliki nilai *makespan* yang minimum. Berdasarkan parameter performansi yang membandingkan algoritma NEH dan SPT, diperoleh hasil $EI < 1$ dan $RE = 10,22\%$ yang menunjukkan bahwa penjadwalan dengan algoritma NEH lebih baik daripada algoritma SPT. Maka hasil proposal penjadwalan terbaik berurut : *Job D - Job A - Job B - Job E - Job C* dengan nilai *makespan* 877,28 jam.

Kata Kunci: Algoritma *Nawaz Enscore and Ham* (NEH); *Makespan*; Penjadwalan; *Shortest Processing Time* (SPT)

Abstract

*Production scheduling in the manufacturing industry has a very important role as a form of decision-making process that focuses on coordinating time in production activities. Arranging and scheduling work so that the company can complete orders according to the specified time are important things in the production system. PT. SSTR is a company engaged in the manufacturing sector in producing children's toy cars. So far, PT. SSTR already has production guidelines on what must be done first and the production process is in accordance with the company's standard production time stipulations, but sometimes, companies experience delays in product delivery to consumers. Based on these conditions, it is necessary to have a regulation on the use of resources and the use of machines so that the requested product orders still reach consumers at the right time. Based on the problems that have been described and also the importance of scheduling in a production process, this is the background for writing researchers to conduct research on scheduling at PT SSTR. This study compares the *Nawaz, Enscore and Ham* (NEH) and *Shortest Processing Time* (SPT) algorithms to solve production scheduling problems and to get better quality solutions and have a minimum *makespan* value. Based on performance parameters comparing the NEH and SPT algorithms, the results obtained are $EI < 1$ and*

$RE = 10.22\%$ which indicates that scheduling with the NEH algorithm is better than the SPT algorithm. Then the results of the best scheduling proposal are in the order: Job D - Job A - Job B - Job E - Job C with a makespan value of 877.28 hours.

Keywords: Nawaz Enscore and Ham (NEH) Algorithms; Makespan; Production Scheduling; Shortest Processing Time (SPT)

1. Pendahuluan

Penjadwalan produksi dalam sektor manufaktur memiliki peran yang krusial dalam proses pengambilan keputusan dengan fokus pada koordinasi waktu untuk aktivitas produksi. Pengaturan dan penjadwalan pekerjaan sehingga perusahaan dapat menyelesaikan pesanan tepat waktu merupakan hal yang penting dalam sistem produksi. Sehingga perlu dilakukan penjadwalan proses produksi agar tujuan tersebut dapat dicapai [1]. Penjadwalan merupakan proses pengambilan keputusan yang melibatkan alokasi sumber daya (*resource*) untuk sejumlah tugas dalam jangka waktu tertentu. Hal ini merupakan yang krusial karena membantu mengoptimalkan tujuan dan sasaran perusahaan [2].

Penjadwalan merupakan suatu proses di mana pekerjaan dan beban kerja diatur, dikendalikan, dan dioptimalkan dalam proses produksi. Penjadwalan meliputi mengalokasikan sumber daya dan mesin pabrik, mengatur sumber daya manusia, merencanakan proses produksi, dan membeli bahan. Dalam desain dan manufaktur, penjadwalan adalah alat penting yang dapat mengubah seberapa produktif sebuah proses. Di manufaktur, tujuan dari penjadwalan adalah memenuhi tenggat waktu pelanggan, dan kemudian memberi tahu pabrik kapan harus memproduksi, dengan personal mana, dan dengan peralatan apa, sehingga dapat mengurangi waktu dan biaya produksi [3]. Tolok ukur keberhasilan penjadwalan adalah waktu penyelesaian (*makespan*) yang paling singkat. Penjadwalan produksi digunakan untuk meningkatkan produktivitas dengan memaksimalkan pemanfaatan sumber daya dan mengurangi waktu tunggu. Penjadwalan yang baik mengurangi waktu tunggu, waktu menganggur, dan *work-in-process*. [4].

Berdasarkan pola aliran prosesnya, pola aliran dapat dibedakan menjadi *jobshop* dan *flowshop*. *Job Shop* merupakan jenis proses manufaktur produk dengan volume produksi yang rendah tetapi tinggi variasi desain. Secara umum, proses *job shop* dicirikan oleh fakta bahwa di setiap operasi, proses *finishing* untuk setiap produk berbeda [5]. *Flow shop planning* adalah unit yang terus berjalan melalui serangkaian *workstation* yang diatur berdasarkan produk. Setiap pekerjaan meneruskan sumber daya yang dialokasikan ke jadwal *Flowshop* satu per satu. Setiap pekerjaan memiliki urutan langkah atau jalur kerja yang sama. Salah satu masalah terpenting dalam sistem produksi adalah mengatur dan merencanakan pekerjaan sehingga target produksi dapat tercapai dan *resource* yang tersedia dapat digunakan secara optimal [6].

PT. SSTR merupakan perusahaan yang memproduksi mobil mainan anak-anak. Selama ini dalam pembuatan rencana produksinya, PT. SSTR sudah memiliki panduan produksi tentang apa saja yang harus dikerjakan terlebih dahulu dan bagaimana proses produksi yang sesuai dengan ketentuan waktu standar produksi perusahaan namun terkadang meskipun waktu produksi sudah sesuai dengan kondisi waktu standar proses produksi, pengiriman produk ke konsumen oleh perusahaan masih mengalami keterlambatan karena ada beberapa bahan dari vendor yang datang terlambat.

Berdasarkan kondisi tersebut maka diperlukan adanya suatu pengelolaan dalam lingkup perusahaan untuk kegiatan produksi misalnya pengaturan penggunaan sumber daya dan penggunaan mesin agar pesanan produk yang diminta tetap sampai kepada konsumen di waktu yang tepat. Dalam proses penjadwalan nilai parameter yang biasa dilihat yaitu nilai *makespan*, yang merupakan waktu yang diperlukan untuk menuntaskan seluruh *job* pada mesin yang digunakan. Nilai *makespan* yang minimum dibutuhkan supaya perusahaan tidak dikenakan biaya penalti. Berdasarkan masalah yang telah dijabarkan dan juga pentingnya penjadwalan dalam suatu proses produksi inilah yang melatarbelakangi penulisan peneliti untuk melakukan penelitian mengenai penjadwalan di PT SSTR. Penelitian ini menggunakan algoritma Nawaz, Enscore, dan Ham (NEH) dan *Shortest Processing Time* (SPT) untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan produksi karena dan untuk mendapatkan solusi kualitas yang lebih baik dan memiliki nilai *makespan* yang minimum.

Algoritma NEH dikembangkan oleh Nawaz, Enscore, dan Ham pada tahun 1983, dimana algoritma ini bekerja secara efisien dengan meminimalkan nilai *makespan* [7]. Dalam *Permutation Flow-Shop Sequencing Problem* (PFSP) oleh Taillard tahun 1990, algoritma NEH dianggap sebagai metode heuristik terbaik. [3]. “*In a general flowshop, where all the jobs must pass through all the machines in the same order, certain heuristic algorithms propose that the jobs with higher total process time should be given higher priority than the jobs with less total process time*” berarti secara umum dalam penjadwalan *flowshop*, yang mana seluruh pekerjaan harus melewati seluruh mesin pada urutan yang sama, algoritma heuristik ini merekomendasikan bahwa pekerjaan dengan waktu pemrosesan total yang lebih lama harus diprioritaskan dari pada pekerjaan dengan waktu pemrosesan total yang lebih singkat. NEH menginisialisasi urutan pekerjaan dalam urutan menurun berdasarkan total waktu pemrosesan setiap pekerjaan. Kemudian dilakukan pemeringkatan parsial, yaitu penentuan urutan terbaik untuk setiap kemungkinan pekerjaan [8].

Penjadwalan SPT (*Shortest Processing Time*) artinya pesanan dengan waktu proses yang terpendek akan diproses dahulu, diikuti pesanan dengan waktu proses terlama. [9]. Penjadwalan SPT merupakan metode yang mengutamakan penyelesaian suatu proses manufaktur berdasarkan waktu proses terpendek. Aturan ini didasarkan pada asumsi bahwa jika pekerjaan selesai lebih cepat, mesin lain di bagian berikutnya akan lebih cepat melakukan pekerjaan, sehingga pekerjaan akan selesai lebih cepat dan utilisasi akan tinggi. Tujuan dari metode ini adalah untuk mencapai utilisasi mesin yang maksimal. Pesanan dengan waktu sesingkat mungkin atau proses yang dapat diselesaikan dengan cepat menjadi prioritas utama saat menghitung jadwal [10].

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode studi kasus (*case study*). Menurut Arikunto, penelitian studi kasus merupakan pendekatan yang intensif, terperinci, serta mendalam dilakukan terhadap gejala-gejala masalah tertentu [11].

Metode pengolahan data yang digunakan pada penelitian ini adalah penjadwalan menggunakan algoritma Nawaz, Enscore, dan Ham (NEH), dan algoritma *Shortest Processing Time* (SPT). Sebelum melakukan penjadwalan menggunakan kedua algoritma tersebut, data-data yang ada harus terlebih dahulu diolah dengan urutan langkah:

1. Uji keseragaman dan kecukupan data waktu proses
2. Menghitung waktu normal dan waktu standar
3. Menghitung waktu penyelesaian
4. Melakukan penjadwalan dengan algoritma NEH dan algoritma SPT
5. Menghitung nilai *makespan* yang dihasilkan dari kedua algoritma
6. Membandingkan dengan parameter performansi
7. Menghasilkan urutan *job* baru dengan nilai *makespan* yang paling minimum.

Gambar 1 menunjukkan langkah-langkah yang diambil dalam penelitian ini.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Uji Keseragaman dan Uji Kecukupan Data

Peta kendali X dan R digunakan dalam uji keseragaman data agar dapat mengetahui data yang dikumpulkan apakah berada dalam batas kendali atau tidak [16]. Langkah untuk uji keseragaman data adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Nilai Rata-Rata (*mean*)

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum X_n}{n} \quad (1)$$

Dimana:

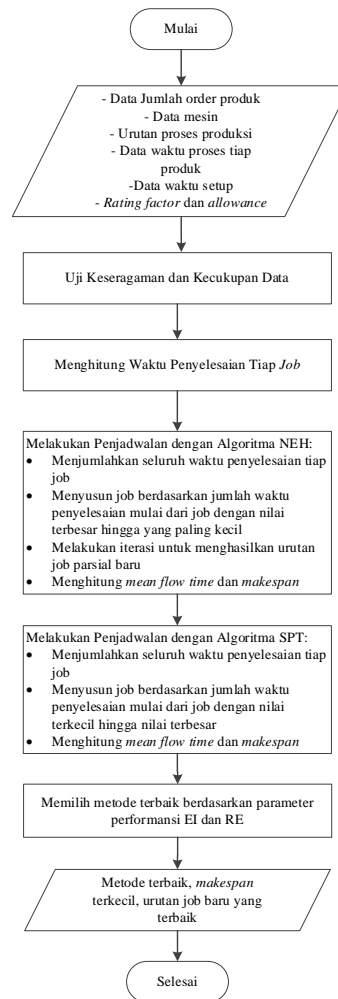
N = Banyak observasi

$\sum X_n$ = Jumlah pengamatan ke-n

\bar{X} = Mean nilai X

2. Menghitung Nilai Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{(n-1)}} \tag{2}$$



Gambar 1. Langkah-langkah Penelitian

3. Perhitungan BKA dan BKB

$$BKA = \bar{X} + 1,96s$$

$$BKB = \bar{X} - 1,96s$$

Jika $X_{\min} > BKB$ dan $X_{\max} < BKA$, maka data dikatakan seragam

Jika $X_{\min} < BKB$ dan $X_{\max} > BKA$, maka data dikatakan tidak seragam

4. Membuat peta kendali untuk melihat apakah terdapat data yang masih berada di luar batas kendali

Uji kecukupan data digunakan untuk mengetahui data yang diamati apakah sudah cukup mewakili populasi atau tidak. Jika tidak, pengamatan lebih lanjut harus dilakukan sampai data cukup untuk mewakili populasi. Tingkat keyakinan yang digunakan pada penelitian ini adalah 95% dengan presisi 5%.

Uji kecukupan data dihitung menggunakan persamaan:[17].

$$N' = \left[\frac{k/s \sqrt{N \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}}{\sum x_i} \right]^2 \quad (3)$$

Dimana :

N' : Jumlah observasi yang seharusnya dilakukan

N : Banyaknya data yang diamati

k : Tingkat keyakinan. Terdiri dari beberapa nilai, yang dapat ditentukan dari besarnya % tingkat keyakinan.

Tingkat keyakinan 99%, maka $k = 2,58 \approx 3$

Tingkat keyakinan 95%, maka $k = 1,96 \approx 2$

Tingkat keyakinan 68%, maka $k = 1$

s : Tingkat ketelitian ($s = 0,05$)

$\sum x_i^2$: Jumlah kuadrat

$\sum x_i$: Jumlah data

Setelah menentukan nilai N' , dapat disimpulkan apabila $N' < N$, maka data dianggap sudah cukup. Namun apabila $N' > N$, maka data belum cukup sehingga pengambilan data perlu untuk dilakukan kembali.

3.2. Perhitungan Waktu Standar

Setelah melakukan uji keseragaman serta uji kecukupan data terhadap seluruh waktu pengukuran di tiap *job*, maka langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan waktu standar tiap *job* dengan menggunakan rumus sebagai berikut[12].

$$W_{\text{normal}} = W_{\text{siklus}} \times P \quad (4)$$

$$W_{\text{standar}} = W_{\text{normal}} \times \frac{100\%}{100\% - \% \text{Allowance}} \quad (5)$$

Hasil perhitungan waktu standar tiap *job* ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Perhitungan Waktu Standar

SK	Job	Waktu Siklus	P	Waktu Normal	Allowance	Waktu Standar
I	A	17,98		19,60		21,66
	B	18,05		19,68		21,75
	C	13,58	1,09	14,81	9,5	16,37
	D	13,64		14,87		16,44
	E	12,56		13,70		15,14
II	A	10,74		11,93		13,41
	B	11,39		12,65		14,22
	C	10,36	1,11	11,50	11	12,93
	D	10,5		11,66		13,11

SK	Job	Waktu Siklus	P	Waktu Normal	Allowance	Waktu Standar
	E	9,84		10,93		12,29
III	A	8,93		10,19		11,20
	B	9,88		11,27		12,39
	C	7,5	1,14	8,55	9	9,40
	D	7,57		8,63		9,49
	E	6,76		7,71		8,48
IV	A	7,56		8,40		9,39
	B	7,62		8,46		9,46
	C	7,49	1,11	8,32	10,5	9,30
	D	7,51		8,34		9,32
	E	7,62		8,46		9,46
V	A	3,83		4,22		4,62
	B	3,63		4,00		4,38
	C	3,59	1,1	3,95	8,5	4,32
	D	3,56		3,92		4,29
	E	3,59		3,95		4,32

3.3. Perhitungan Waktu Penyelesaian

Setelah mendapatkan waktu standar dari setiap *job*, maka langkah selanjutnya adalah mencari waktu penyelesaian yang akan menjadi input untuk melakukan penjadwalan dengan algoritma NEH dan SPT. Berikut ini merupakan rumus perhitungan mencari waktu penyelesaian [12].

$$\text{Waktu Penyelesaian} = \text{Waktu Setup} + \left(\text{Waktu Standar} \times \frac{\text{Jumlah Permintaan}}{\text{Kapasitas Mesin}} \right) \quad (6)$$

Hasil perhitungan waktu penyelesaian tiap *job* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan Waktu Penyelesaian

SK	Job	Waktu Standar (Menit)	Jumlah Permintaan (Unit)	Kapasitas Mesin (Unit/Siklus)	Waktu Penyelesaian (Menit)	Waktu Penyelesaian (Jam)
I	A	21,66	750	4	4065,25	67,76
	B	21,75	750	4	4082,13	68,04
	C	16,37	750	4	3073,38	51,23
	D	16,44	750	4	3086,5	51,45
	E	15,14	3000	4	11359	189,32
II	A	13,41	750	1	10058,5	167,65
	B	14,22	750	1	10666	177,77
	C	12,93	750	1	9698,5	161,65
	D	13,11	750	1	9833,5	163,9
	E	12,29	3000	4	9218,5	153,65
III	A	11,2	750	1	8402	140,04
	B	12,39	750	1	9294,5	154,91

SK	Job	Waktu Standar (Menit)	Jumlah Permintaan (Unit)	Kapasitas Mesin (Unit/Siklus)	Waktu Penyelesaian (Menit)	Waktu Penyelesaian (Jam)
	C	9,4	750	1	7052	117,54
	D	9,49	750	1	7119,5	118,66
	E	8,48	3000	4	6362	106,04
	A	9,39	750	1	7043,2	117,39
	B	9,46	750	1	7095,7	118,27
IV	C	9,3	750	1	6975,7	116,27
	D	9,32	750	1	6990,7	116,52
	E	9,46	3000	4	7095,7	118,27
	A	4,62	750	1	3465,8	57,77
	B	4,38	750	1	3285,8	54,77
V	C	4,32	750	1	3240,8	54,02
	D	4,29	750	1	3218,3	53,64
	E	4,32	3000	4	3240,8	54,02

Hasil perhitungan waktu penyelesaian setiap pekerjaan pada setiap *workstation* yang sudah didapat kemudian dihitung total waktu penyelesaian tiap *job* dimana rekapitulasi perhitungan terdapat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Total Waktu Penyelesaian Setiap *Job*

SK	Lead Time Setiap <i>Job</i>				
	<i>Job A</i>	<i>Job B</i>	<i>Job C</i>	<i>Job D</i>	<i>Job E</i>
1	67,76	68,04	51,23	51,45	189,32
2	167,65	177,77	161,65	163,90	153,65
3	140,04	154,91	117,54	118,66	106,04
4	117,39	118,27	116,27	116,52	118,27
5	57,77	54,77	54,02	53,64	54,02
Total	550,61	573,76	500,71	504,17	621,30

3.4. Penjadwalan dengan algoritma Nawaz, Enscore, dan Ham (NEH)

Langkah untuk melakukan penjadwalan menggunakan algoritma NEH: [13].

- Hitung waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap tugas
- Job* diurutkan berdasarkan waktu pemrosesan terbesar
- Uji dua urutan pertama, kemudian hitung nilai *makespan* dari kemungkinan urutan dua *job*. Urutan yang memiliki *makespan* terbesar (C_{max}) dan *mean flow time* (\bar{F}) dipilih. Urutan dengan *makespan* terbesar tidak akan digunakan atau akan dihapus.
- Setelah mendapatkan *makespan* untuk urutan *job* yang terdiri dari dua *job*, masukkan urutan tersebut ke dalam urutan parsial, di mana *input* data hanya urutan *job* dengan *makespan* terkecil.
- Apabila terdapat kandidat urutan parsial yang baru dengan *makespan* parsial yang sama, pilihlah yang memiliki *mean flow time* parsial lebih pendek. Apabila nilainya tetap sama, maka kandidat urutan parsial baru tersebut dipilih dengan acak.
- Lakukan perhitungan tersebut secara berulang hingga didapatkan urutan dengan nilai *makespan* terkecil.

Setelah melakukan iterasi, maka didapatkan penjadwalan menggunakan algoritma NEH dengan urutan *job* terbaik dan *makespan* paling kecil yang ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Penjadwalan dengan Algoritma NEH

Nama Job	SK1		SK2		SK3		SK4		SK5	
	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E
D	0,00	51,45	51,45	215,35	215,35	334,01	334,01	450,53	450,53	504,17
A	51,45	119,21	119,21	286,86	286,86	426,90	426,90	544,29	544,29	602,06
B	119,21	187,25	187,25	365,02	365,02	519,93	519,93	638,20	638,20	692,97
E	187,25	376,57	376,57	530,22	530,22	636,26	636,26	754,53	754,53	808,55
C	376,57	427,80	427,80	589,45	589,45	706,99	706,99	823,26	823,26	877,28

Makespan Value = 877,28

Meanflow Time = 697,01

3.5. Penjadwalan dengan algoritma SPT

Metode SPT memiliki tiga langkah sebagai berikut[14].

- Mentotalkan waktu proses dari masing-masing pekerjaan
- Menyusun total waktu proses setiap pekerjaan dimulai dari waktu terkecil hingga waktu terbesar
- Menjadwalkan seluruh pekerjaan pada mesin dengan waktu total pemrosesan yang lebih kecil dari mesin lainnya.

Berdasarkan penjadwalan algoritma SPT, maka didapatkan urutan *job* terbaik ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Penjadwalan dengan Algoritma SPT

Nama Job	SK1		SK2		SK3		SK4		SK5	
	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E
C	0,00	51,23	51,23	212,88	212,88	330,42	330,42	446,69	446,69	500,71
D	51,23	102,68	102,68	266,58	266,58	385,24	385,24	501,76	501,76	555,40
A	102,68	170,44	170,44	338,09	338,09	478,13	478,13	595,52	595,52	653,29
B	170,44	238,48	238,48	416,25	416,25	571,16	571,16	689,43	689,43	744,20
E	238,48	427,80	427,80	581,45	581,45	687,49	804,88	923,15	923,15	977,17

Makespan Value = 977,17

Meanflow Time = 686,15

3.6. Perhitungan Parameter Performansi[15]

- Efficiency Index* (EI)

Indeks efisiensi merupakan perbandingan antara *makespan* algoritma heuristik satu dengan metode lain, dengan rumus:

$$EI = \frac{\text{Makespan Proposed Algorithm}}{\text{Makespan Other Algorithm}} \quad (7)$$

Apabila $EI = 1$, kedua metode mempunyai nilai kinerja yang sama. Apabila $EI < 1$, algoritma baru mempunyai nilai kinerja yang lebih baik daripada dengan metode awal, dan berlaku sebaliknya.

$$EI = \frac{877,28}{977,17} = 0,898$$

$EI = 0,898$ ($EI < 1$), maka disimpulkan bahwa penjadwalan dengan algoritma NEH lebih baik daripada algoritma SPT.

b. *Relative Error (RE)*

Parameter ini dipakai untuk mengetahui besar perbedaan antara dua metode, dengan rumus:

$$RE = \frac{\text{Makespan Other Algorithm} - \text{Makespan Proposed Algorithm}}{\text{Makespan Proposed Algorithm}} \times 100\% \quad (8)$$

$$RE = \frac{977,17 - 877,28}{977,17} \times 100\% = 10,22 \%$$

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan yang diuraikan sebagai berikut.

1. Hasil penjadwalan dengan menggunakan algoritma NEH dengan urutan *job* : *Job D - Job A - Job B - Job E - Job C* dengan nilai *makespan* sebesar 877,28 hours. Sedangkan hasil penjadwalan dengan algoritma SPT adalah *Job C - Job D - Job A - Job B - Job E* dengan nilai *makespan* sebesar 977,17 hours.
2. Hasil perhitungan parameter performansi didapatkan bahwa $EI < 1$, yang berarti bahwa penjadwalan dengan algoritma NEH lebih baik dibandingkan dengan algoritma SPT dengan nilai $RE = 10,22 \%$. Maka usulan penjadwalan terbaik yaitu dengan menggunakan algoritma NEH.

Penulis menyarankan agar dilakukan penelitian lanjutan yang dapat membandingkan hasil penerapan metode NEH dan SPT ini dengan metode *heuristic* lainnya untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan produksi sehingga didapatkan hasil yang lebih baik lagi.

References

- [1] S. F. Syabani and W. Setiafindari, "Optimasi Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Nawaz Enscore Ham Pada PT XYZ," *Jumantara Jurnal Manajemen dan Teknologi Rekayasa*, vol. 1, no. 1, p. 18, Jul. 2022, doi: 10.28989/jumantara.v1i1.1288.
- [2] Y. Muharni, K. Kulsum, and D. A. Utami, "Usulan Penjadwalan Produksi Pipa Erw Menggunakan Metode Nawaz Enscore Ham dan Genetic Algorithm," *FLYWHEEL : Jurnal Teknik Mesin Untirta*, vol. 1, no. 1, p. 29, Oct. 2019, doi: 10.36055/fwl.v1i1.6385.
- [3] R. Ginting, "Penjadwalan Mesin : Sistem, Algoritma, Pemecahan Masalah dan Penerapan," Medan: USU Press, 2023.
- [4] P. Asih, I. Mindhayani, and T. Prakasa, "Analisis Penjadwalan Proses Packing Arumanis dengan Menggunakan Metode CDS (Campbell Dudeck Smith) dan NEH (Nawas, Enscore, and HAM) Studi Kasus di UMKM Arumanis Haji Ardi Sleman," *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, vol. 4, no. 1, pp. 44–51, Apr. 2022, doi: 10.37631/jri.v4i1.629.
- [5] A. T. Wahyudi, B. I. A. Wicaksana, and M. Andriani, "Penjadwalan Produksi Job Shop Mesin Majemuk Menggunakan Algoritma Non Delay untuk Meminimalkan Makespan," *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, vol. 10, no. 2, pp. 183–190, Oct. 2021, doi: 10.26593/jrsi.v10i2.4666.183-190.
- [6] William and Rosnani Ginting, "Penjadwalan Produksi dengan Algoritma Semut," *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)*, vol. 2, no. 3, Dec. 2019, doi: 10.32734/ee.v2i3.746.
- [7] I. Rizkya et al., "Nawaz, Enscore, Ham (NEH) Algorithm to Minimization of Makespan in Furniture Company," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Jul. 2019, doi: 10.1088/1757-899X/505/1/012077.
- [8] S. Ariyanti and dan Ricky Miharja, "Usulan Penjadwalan Produksi Benang Menggunakan Metode NEH dan Metode Algoritma Johnson Untuk Meminimasi Waktu Produksi di PT. Laksana Kurnia Mandiri Sejati," 2018.
- [9] A. Sulistiawan and D. Nurdiansyah, "Penerapan Job Shop Scheduling dengan One-Machine Scheduling Untuk Produksi Furniture di UD. Mandiri Meubel dan Furniture Bojonegoro," *MEDIA BINA ILMIAH*, vol. 14, no. 10, p. 3387, Aug. 2020, doi: 10.33758/mbi.v14i10.587.
- [10] Y. Kurnia and D. Ramdani, "Penjadwalan Produksi Kerajinan Tas Bambu dengan Menggunakan Metode Shortest Processing Time (SPT) pada UKM Kreasi Bambu di Leuwisari Tasikmalaya," *Jurnal Industrial Galuh*, vol. 4, no. 2, pp. 44–50, 2022.
- [11] S. Arikunto, *Manajemen Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta, 2007.
- [12] R. Rachman, "Penjadwalan Produksi Garment Menggunakan Algoritma Heuristic Pour," *Jurnal Informatika*, vol. 5, no. 1, pp. 81–89, Apr. 2018, doi: 10.31311/ji.v5i1.2743.
- [13] S. D. Annisa and J. A. Saifudin, "Analisis Penjadwalan Produksi Batu Tahan Api dengan Menggunakan Metode Campbell Dudeck Smith (CDS), Nawaz Enscore Ham (NEH), Dan Palmer Untuk Mengurangi Makespan di PT. X," *JUMINTEN*, vol. 1, no. 3, pp. 165–176, May 2020, doi: 10.33005/juminten.v1i3.119.
- [14] A. Setiawan, Susan, and E. K. Asih, "Penjadwalan Job Shop pada Empat Mesin Identik dengan Menggunakan Metode Shortest Processing Time dan Genetic Algorithm," *Jurnal Telematika*, vol. 9, no. 1, pp. 19–24, 2014.

- [15] D. Agustina Kurniawati and A. Latief Irsyad, "Penjadwalan Flow Shop N Job M Mesin dengan Metode First Come First Served (FCFS), Earliest Due Date (EDD) Dan Algoritma Heuristik Pour," *Spektrum Industri*, vol. 16, no. 1, pp. 41–52, 2018.
- [16] Satalaksana, dkk. *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Bandung: ITB, 2006.
- [17] Purnomo, H. *Perencanaan dan Perancangan Fasilitas*. Graha Ilmu: Yogyakarta, 2004.