



PAPER – OPEN ACCESS

Minimisasi Makespan Penjadwalan Mesin Produksi Mainan Tembakan dengan Metode Algoritma Nawaz Ensore Ham (NEH)

Author : Abdul Jaminson, dan Hana Soffiyah
DOI : 10.32734/ee.v6i1.1913
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



Minimisasi *Makespan* Penjadwalan Mesin Produksi Mainan Tembakan dengan Metode Algoritma *Nawaz Ensore Ham* (NEH)

Abdul Jaminson^a, Hana Soffiyah^a

^a*Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Jl. Almamater Kampus USU, Medan, Sumatera Utara 20155, Indonesia*

Abstrak

Proses memberikan sumber daya untuk menyelesaikan sejumlah tugas dalam jangka waktu tertentu dikenal sebagai penjadwalan. Proses menjadwalkan adalah bagian dari proses pengambilan keputusan. Pabrik mainan tembakan menggunakan pola aliran flowshop dengan 16 workstation. Data historis industri menunjukkan bahwa selama dua belas tahun mendatang, akan terjual 13.223-unit mainan tembakan. Perusahaan saat ini menggunakan aturan FCFS untuk menjadwalkan produksinya, yang berarti pekerjaan dilakukan sesuai dengan waktu kedatangan. Pengurutan pekerjaan menghilangkan banyaknya permintaan pekerjaan. Produksi proposal penelitian dijadwalkan dengan metode Nawaz Ensore and Ham (NEH). Hasil dan analisis menunjukkan bahwa penjadwalan produksi usulan menghasilkan makespan sebesar 18.317 detik per unit dengan urutan Job I, II, III, XV, XII, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XIII dan XVI.

Kata Kunci: Makespan; NEH; Penjadwalan; Produksi

Abstract

The process of assigning resources to accomplish a number of tasks within a specific timeframe is known as scheduling. The process of scheduling is part of the decision-making process. The shooting toy factory uses a flowshop flow pattern with 16 workstations. Historical industry data shows that over the next twelve years, 13,223 units of shooting toys will be sold. The company currently uses the FCFS rule to schedule its production, which means work is performed according to arrival time. Job sequencing eliminates the multiplicity of job requests. The research proposal production is scheduled by the Nawaz Ensore and Ham (NEH) method. The results and analysis show that the proposed production scheduling results in a makespan of 18,317 seconds per unit with the order of Job I, II, III, XV, XII, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XIII and XVI.

Keywords: Makespan; NEH; Scheduling; Production

1. Pendahuluan

Pengalokasian sumber daya terbatas untuk menyelesaikan banyak tugas disebut penjadwalan. Pada tahapan operasi tertentu, stasiun kerja yang sama diperlukan untuk beberapa atau seluruh pekerjaan. Dalam industri manufaktur, menjadwalkan proses produksi sangat penting. Sejumlah hal yang akan dipengaruhi oleh penjadwalan proses produksi termasuk efisiensi kerja dan proses.

Penjadwalan adalah komponen yang sangat penting dalam perencanaan dan pengendalian produksi. Penjadwalan memiliki kemampuan untuk merencanakan produksi dengan mempertimbangkan sumber daya yang tersedia dan

mengatur dan mengurutkan pekerjaan serta mengalokasikan sumber daya terdiri dari waktu dan sumber daya yang diperlukan untuk setiap operasi yang harus dilakukan. Langkah awal untuk membuat keputusan tentang alokasi tugas pada sumber daya yang dimiliki adalah fokus penjadwalan, terutama ketika ada banyak pekerjaan yang harus dilakukan dengan sumber daya yang terbatas.

Metode penjadwalan heuristik seperti Algoritma NEH didasarkan pada pertimbangan di rantai produksi, yaitu:

- Penjadwalan flowshop yang terdiri dari n tugas dan m mesin menggunakan metode heuristik (NEH).
- Algoritma NEH adalah teknik heuristik yang paling efektif untuk penjadwalan flowshop.
- Algoritma NEH dapat digunakan untuk produk yang memiliki variasi yang tinggi.
- Penjadwalan dengan kriteriaminimisasi makespan menggunakan metode heuristik (NEH).

Penjadwalan adalah proses mengalokasikan sumber daya atau mesin yang ada untuk melakukan serangkaian tugas dalam kerangka waktu tertentu. Perencanaan adalah pengambilan keputusan tentang bagaimana menyelaraskan kegiatan dan sumber untuk saling melengkapi serangkaian tugas sehingga diselesaikan tepat waktu dan dengan kualitas yang diinginkan. Penjadwalan mencakup urutan operasi, waktu mulai dan selesai tugas, dan pengurutan tugas (sequencing).

Perencanaan produksi ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas, mengurangi waktu produksi, mengurangi jumlah pekerjaan yang sedang berjalan, mengurangi keterlambatan, dan mengurangi biaya produksi. Menurut model aliran produksi, ada dua jenis perencanaan produksi: toko pekerjaan dan toko aliran. Pola proses dari pekerjaan melalui mesin dengan sembarang pola proses disebut penjadwalan bengkel. Di sisi lain, pola utas n pekerjaan melalui proses yang sama (searah) disebut penjadwalan penyimpanan utas.

Pengurutan adalah proses pembuatan produk secara menyeluruh pada sejumlah mesin tertentu, sedangkan penjadwalan adalah proses pengalokasian sumber-sumber atau mesin yang ada untuk menyelesaikan sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu. Urutan ketergantungan antar operasi, waktu proses, dan fasilitas yang diperlukan untuk setiap operasi dapat dimasukkan dalam penjadwalan.

Sebagai metode heuristik terbaik untuk masalah flow shop, algoritma pembangunan incremental diharapkan dapat membantu sebagai alat atau metode untuk menyelesaikan masalah yang menyebabkan keterlambatan pekerjaan perusahaan, yang dapat berdampak pada biaya pengerjaan.

Penjadwalan dapat meningkatkan produktifitas mesin dan mengurangi waktu menganggur. Dengan meningkatkan produktifitas mesin, perusahaan dapat mengurangi biaya produksi. Penjadwalan yang lebih baik akan menghasilkan lebih banyak keuntungan bagi perusahaan, dan ini dapat menjadi referensi untuk strategi perusahaan untuk meningkatkan kepuasan pelanggan dan keuntungan.

Penjadwalan dimaksudkan untuk mencapai tujuan:

- Pemanfaatan sumber daya yang meningkat dan waktu tunggu yang berkurang mengurangi waktu penyelesaian secara keseluruhan dan meningkatkan produktivitas.
- Mengurangi jumlah produk setengah jadi yang tersedia atau jumlah job yang mengantri ketika sumber daya yang ada masih melakukan pekerjaan lain.
- Mengurangi jumlah job dengan batas waktu yang lebih lama untuk mengurangi biaya keterlambatan.
- Mendukung pengambilan keputusan tentang cara meningkatkan kapasitas dan jenis kapasitas untuk mengurangi biaya.

Jenis penjadwalan selama produksi berlangsung, yaitu:

- Berdasarkan Penempatan Produk
 - a. Make to order
Jumlah dan jenis produk yang akan diproduksi ditentukan oleh permintaan pelanggan. Mengurangi biaya penyimpanan biasanya merupakan salah satu tujuan dari kebijakan ini.
 - b. Make to stock
Jumlah dan jenis barang yang tersedia.
- Berdasarkan pola penerimaan pekerjaan
 - a. Statis: Pengurutan pekerjaan dibatasi hanya untuk pesan yang sudah ada. Pekerjaan baru tidak mempengaruhi urutan pekerjaan yang ada.
 - b. Dinamis: Urutan pekerjaan diperbarui setiap kali pekerjaan baru dibuat.
- Berdasarkan durasi proses
 - a. Deterministik: Waktu pemrosesan yang diizinkan jelas.
 - b. Stokastik: Waktu pemrosesan yang diperoleh tidak pasti dan harus diperkirakan menggunakan distribusi probabilitas.

Pergerakan unit-unit yang terus menerus melalui suatu rangkaian stasiun kerja yang disusun berdasarkan produk dikenal sebagai penjadwalan flow shop. Produk dengan desain yang stabil dan diproduksi secara banyak (volume produk) dapat menggunakan proses produksi ini dengan tepat, sehingga investasi untuk tujuan khusus dapat dikembalikan dengan cepat. Flow shop menghadapi masalah yang signifikan seperti berikut.

- Untuk memenuhi pembatasan urutan dan mengimbangi tingkat output, tugas harus disusun dalam kelompok.
- Ketegangan yang disebabkan oleh struktur aliran lini terhadap karyawan: rentang pengendalian yang panjang dan variasi kerja yang terbatas pada tiap stasiun akan membuat karyawan bosan.
- Saat flow shop digunakan untuk jenis produk, prioritas pesanan dipengaruhi oleh pengiriman, bukan tanggal pelaksanaan.

Tujuan penjadwalan hasil yang diinginkan adalah untuk mengukur kinerja. Kriteria untuk penjadwalan urutan pekerjaan adalah sebagai berikut.

- Standar kinerja penjadwalan yang didasarkan pada karakteristik tugas.
 - a. Waktu aliran (F_i), yang didefinisikan sebagai jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu tugas.

$$F_i = t_j + w_j$$

- b. Waktu Penyelesaian (C_i), waktu untuk menyelesaikan suatu tugas sejak pekerjaan tersedia ($t=0$) sampai selesai. Dengan kata lain C_i menunjukkan waktu untuk menyelesaikan pekerjaan dari awal sampai akhir proses, di mana:

$$C_i = F_i + r_j$$

- c. Waktu aliran adalah jumlah waktu yang dihabiskan untuk pekerjaan j di mana:

$$F = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n F_i$$

- d. Waktu aliran massa rata-rata adalah sama dengan aliran rata-rata, kecuali jika kita mempertimbangkan seberapa penting setiap pekerjaan untuk diselesaikan. Ini dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan berikut:

$$F = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n F_j$$

- e. Maximum Lateness, adalah jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan secara keseluruhan dibandingkan dengan batas waktu akhir pekerjaan, di mana:

$$L_{max} = \max\{L\}$$

- f. Tardiness, merupakan nilai positif dari keterlambatan jika pekerjaan dapat diselesaikan lebih cepat dari tanggal akhir. Jika tidak, keterlambatan tersebut akan bernilai negatif.

$$T_i = \max(0, L_i)$$

- g. Total tardiness, yaitu jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap tugas, sebagai berikut:

$$T = \sum_{i=1}^n T_i$$

- h. Keterlambatan rata-rata, yang merupakan average dari semua job yang dijadwalkan.

$$T = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i$$

Keterangan:

t_j = Processing time

w_j = Waktu Job Menunggu

F_i = Flow time

r_j = Ready time

F_i = Flow time

F_j = Weigh Flow time

n = Jumlah Job

t_i = Tardiness

F_{max} = Maximum Flow time

- Kriteria yang didasarkan pada karakteristik pabrik

- a. Utilitas mesin adalah perbandingan jumlah mesin dengan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tugas.

$$U = \frac{\sum_{j=1}^n (U_j)}{m}$$

- b. Mengurangi makespan, atau jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan secara keseluruhan, yang dihitung sebagai jumlah dari seluruh proses.

$$Ms = \sum_{i=1}^n t_i$$

- c. Pemenuhan due date, adalah ketika produsen harus menyelesaikan pekerjaan dalam batas waktu yang dipilih oleh konsumen untuk mempertahankan pelanggan.

Keterangan:

Ms = Makespan untuk n job dan penjadwalan s

$t_i = \text{Waktu Proses job } i$

“In a general flowshop, where where all the jobs must pat through all the machines in the same orde, 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” yang artinya dalam flowshop umum, di mana semua pekerjaan harus melalui semua mesin dalam urutan yang sama, algoritme heuristik tertentu menunjukkan bahwa pekerjaan dengan waktu berlalu yang lebih tinggi harus diberi peringkat lebih tinggi daripada pekerjaan dengan waktu berlalu yang lebih singkat.

Algoritma pada dasarnya terdiri dari tiga langkah. (i) Semua pekerjaan dijadwalkan dalam urutan yang tidak meningkat dari pemrosesan totalnya kali (ii) Dua pekerjaan pertama dianggap sebagai urutan parsial awal (iii) Pekerjaan yang tersisa dimasukkan satu oleh satu mulai dari pekerjaan ketiga di tempat itu, yang meminimalkan kemungkinan pembuatan parsial di antara yang mungkin pilihan. Jumlah total urutan yang akan dihitung adalah $[n(n+1)/2 - 1]$ dan karenanya, tingkat kerumitan adalah $\mathcal{O}(n^3m)$. Ketiga komponen tersebut berkontribusi pada kinerja algoritme yang efisien. Banyak awal urutan telah dipertimbangkan oleh peneliti lain pada langkah (i) algoritma NEH dan kinerjanya telah dianalisis.

Metode konstruksi inkremental Nawaz, Ensore dan Ham (NEH) dianggap sebagai heuristik terbaik untuk Permutation Stream Store Problem (PFSP). Untuk menjadwalkan n pekerjaan pada m mesin menggunakan metode NEH, lakukan hal berikut.

Langkah 1:

- Menghitung total waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan.
- Pekerjaan diurutkan dari yang terbesar hingga yang terkecil.
- Hasilnya disebut daftar pengurutan pekerjaan.

Langkah 2:

- Set $K = 2$.
- Lihat daftar pekerjaan yang berada di urutan pertama dan kedua.
- Buat dua pilihan untuk membuat urutan parsial baru.
- Hitung waktu produksi untuk proses produksi parsial, serta waktu produksi parsial rata-rata untuk pesanan parsial yang baru dibuat.
- Jika ada suborder baru dengan waktu produksi terpendek dari keseluruhan proses subproduksi, pilih suborder baru dengan waktu produksi terpendek dari keseluruhan proses subproduksi.
- Mencoret pekerjaan yang diambil sebelumnya dari daftar pekerjaan penyortiran.
- Mencari pekerjaan yang telah diambil sebelumnya dari daftar pengurutan pekerjaan dan memastikan bahwa $K = n$, di mana K adalah jumlah pekerjaan yang tersedia. Lanjutkan ke langkah empat jika Anda menjawab ya. Jika Anda menjawab tidak, lanjutkan ke langkah tiga.

Langkah 3:

- Set $K = K + 1$.
- Pilih pekerjaan yang berada di urutan pertama dalam daftar.

- Masukkan pekerjaan ke dalam setiap slot urutan parsial untuk menghasilkan sebanyak K pekerjaan potensial untuk urutan parsial.
- Menghitung waktu produksi untuk proses produksi parsial keseluruhan dan waktu aliran parsial rata-rata untuk urutan parsial yang direncanakan.
- Jika ada urutan parsial dengan waktu aliran parsial rata-rata yang sama, pilih yang dengan waktu aliran parsial rata-rata yang terkecil. Jika waktu aliran parsial rata-rata tetap sama, pilih yang dengan waktu aliran parsial rata-rata yang terkecil.
- Menghapus pekerjaan yang telah diambil sebelumnya dari daftar pengurutan pekerjaan.
- Menemukan apakah $K = n$, di mana n adalah jumlah tugas yang dapat diselesaikan. Jika Anda menjawab ya, lanjutkan ke langkah empat; jika Anda menjawab tidak, lanjutkan ke langkah tiga.

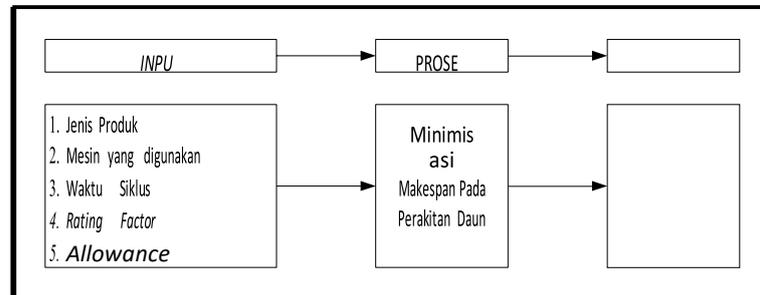
Langkah 4:

- Urutan parsial baru diubah menjadi urutan terakhir dan dihentikan.

2. Metodologi Penelitian

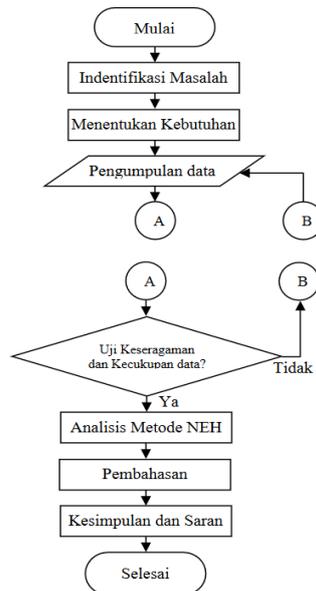
Penelitian ini dilakukan pada pabrik mainan tembakan. Mainan tembakan adalah mainan yang didesain mirip dengan tembakan nyata, tetapi dalam bentuk yang lebih lucu karena dirancang untuk dimainkan oleh anak-anak agar dapat dimainkan dan bersifat tidak membahayakan. Pada umumnya, sebuah mainan tembakan terdiri dari komponen body mainan tembakan, lampu LED dan speaker, set baterai dan kelistrikan mainan tembakan, serta mur yang berfungsi untuk menghubungkan antar komponen dalam mainan tembakan.

Kerangka berpikir dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar. 1. Kerangka Berpikir Penelitian

Sebuah istilah "metode penelitian" mengacu pada urutan langkah-langkah yang diambil selama proses penelitian. Gambar berikut menunjukkan rute pemecahan masalah:



Gambar 2. Flowchart Rancangan Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data Permintaan Produk

Data penjualan pabrik mainan tembakan Jumlah penjualan Mainan Tembak selama 12 periode mendatang dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 1. Penjualan Mainan Tembak Selama 12 Periode Mendatang

Periode	Penjualan (Unit)
1	1192
2	1189
3	1020
4	1060
5	1140
6	1004
7	1169
8	1190
9	1110
10	1059
11	1079
12	1011
Total	13223

Total produksi mainan tembakan sebanyak 13.223 unit

3.2. Data Pengukuran Waktu Proses Tiap Job

Tabel berikut menunjukkan waktu baku tiap stasiun kerja untuk membuat Mainan Tembak.

Tabel 2. Waktu Baku Tiap Stasiun Kerja

Stasiun Kerja	Waktu Baku (detik)	Waktu Baku (jam)
I	1.227	0,3408
II	1.227	0,3408
III	1.227	0,3408
IV	1.130	0,3139
V	1.110	0,3083
VI	1.163	0,3231
VII	1.069	0,2969
VIII	1.202	0,3339
IX	1.196	0,3322
X	1.125	0,3125
XI	1.003	0,2786
XII	1.203	0,3342
XIII	1.102	0,3061
XIV	1.100	0,3056
XV	1.213	0,3369
XVI	1.112	0,3089

Dari Tabel waktu baku diatas dapat dilihat bahwa waktu baku produk adalah waktu baku terpanjang dari work center yaitu sebesar 1.227 detik.

3.3. Waktu Setup

Tabel berikut menunjukkan waktu pemasangan setiap stasiun kerja.

Tabel 3. Jadwal produksi perusahaan saat ini

Stasiun Kerja	Urutan Pengerjaan	
I	Mulai	0
	Selesai	1.227
II	Mulai	1.227
	Selesai	2.454
III	Mulai	2.454
	Selesai	3.681
IV	Mulai	3.681
	Selesai	4.811

Stasiun Kerja		Urutan Pengerjaan
V	Mulai	4.811
	Selesai	5.921
VI	Mulai	5.921
	Selesai	7.084
VII	Mulai	7.084
	Selesai	8.153
VIII	Mulai	8.153
	Selesai	9.355
IX	Mulai	9.355
	Selesai	10.551
X	Mulai	10.551
	Selesai	11.676
XI	Mulai	11.676
	Selesai	12.679
XII	Mulai	12.679
	Selesai	13.882
XIII	Mulai	13.882
	Selesai	14.984
XIV	Mulai	14.984
	Selesai	16.084
XV	Mulai	16.084
	Selesai	17.297
XVI	Mulai	17.297
	Selesai	18.409

Nilai makespan, 18.409 detik, yang dihasilkan dari penjadwalan produksi saat ini per usahaan, ditunjukkan pada tabel di atas.

3.4. Algoritma Penjadwalan Nawaz, Enscore, dan Ham (NEH)

Algoritma NEH digunakan untuk menjadwalkan n tugas terhadap m mesin.

- Langkah 1:
Menjumlahkan waktu dan proses yang diperlukan untuk menyelesaikan tugas.

Tabel 4. Waktu Proses Setiap Stasiun Kerja

Work Center	Waktu Baku (detik)
I	1.227
II	1.227
III	1.227
IV	1.130
V	1.110
VI	1.163
VII	1.069
VIII	1.202
IX	1.196
X	1.125
XI	1.003
XII	1.203
XIII	1.102
XIV	1.100
XV	1.213
XVI	1.112

Dihasilkan daftar pekerjaan berikut: Job I, II, III, XV, XII, VIII, IX, VII, IV, X, XVI, V, XIII, XIV, VII, XI. Algoritma Nawaz Ensore dan Ham (NEH) digunakan untuk menjadwalkan produksi. Urutan job dimulai dari dua job (set $K = 2$, mengambil 2 jumlah job pada urutan job dari yang terbesar pertama dan kedua), dan data yang dimasukkan untuk iterasi berikutnya hanyalah urutan job pada makespan terkecil.

- Langkah 2:
 - a. Atur $k = 2$, pada iterasi pertama.
 - b. Pilih job di urutan 1 dan 2 dalam daftar urutan pekerjaan (Job I, II, III, dan XV adalah pekerjaan urutan pertama).
 - c. Membuat dua pilihan urutan parsial, yaitu urutan parsial Job I, II, III, dan XV.
 - d. Temukan makespan parsial dua urutan parsial baru.
 - e. Pilih kandidat untuk memesan suku cadang baru dengan waktu pembuatan suku cadang yang lebih rendah. Untuk Pekerjaan I, II, III, dan XV, kandidat urutan parsial dipilih dengan nilai rentang parsial 4.894 detik, berdasarkan perhitungan rentang parsial yang dilakukan untuk dua kandidat rantai satu bagian.
- Langkah 3:
 - a. Atur $k = k + 1$, pada iterasi kedua.
 - b. Pilih pekerjaan ketiga dalam daftar urutan pekerjaan. pekerjaan XII peringkat ketiga.
 - c. Memasukkan pekerjaan ke dalam setiap slot urutan parsial untuk membuat calon urutan parsial baru sebanyak $k=3$, yaitu sebagai berikut: calon urutan parsial Job I, II, III, Job XV, Job XII, calon urutan parsial Job I, II, III, Job XV, Job XII, dan calon urutan parsial Job XV, Job XII, Job I, II, III.

- d. Temukan makespan kedua urutan parsial baru.
- e. Pilih pesanan parsial baru dengan waktu pembuatan potongan yang lebih kecil. Perhitungan masa hidup parsial dari tiga perintah parsial yang diusulkan menunjukkan bahwa perintah parsial dari Tugas I, II, III dan Tugas XV hingga Tugas XII dipilih dengan masa hidup parsial adalah 6.107 detik.
- Langkah 4:
Urutan parsial baru ditambahkan ke urutan terakhir dan berakhir di sana yaitu ringkasan menyeluruh dari NEH:

Tabel 5. Ringkasan Metode NEH

Stasiun Kerja	Urutan Pengerjaan	
I	Mulai	0
	Selesai	1.227
II	Mulai	1.227
	Selesai	2.454
III	Mulai	2.454
	Selesai	3.681
IV	Mulai	3.681
	Selesai	4.894
V	Mulai	4.894
	Selesai	6.097
VI	Mulai	6.097
	Selesai	7.227
VII	Mulai	7.227
	Selesai	8.337
VIII	Mulai	8.337
	Selesai	9.447
IX	Mulai	9.447
	Selesai	10.610
X	Mulai	10.610
	Selesai	11.679
XI	Mulai	11.679
	Selesai	12.875
XII	Mulai	12.875
	Selesai	14.000
XIII	Mulai	14.000
	Selesai	15.003
XIV	Mulai	15.003
	Selesai	16.105
XV	Mulai	16.105

Stasiun Kerja		Urutan Pengerjaan
	Selesai	17.205
XVI	Mulai	17.205
	Selesai	18.317

Menurut tabel di atas, urutan parsial baru yang dipilih untuk iterasi keempat adalah Job I, II, III, XV, XII, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XIII, XIV, dan XVI. Urutan ini menjadi urutan terakhir, yang menunjukkan bahwa penjadwalan produksi metode NEH telah selesai.

4. Kesimpulan

Hasil penulisan laporan penjadwalan ini menunjukkan bahwa urutan pekerjaan untuk Job I, II, III, XV, XII, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XIII, dan XVI diusulkan dengan makespan 18.317 detik per unit permintaan. Oleh karena itu, metode Algoritma NEH menunjukkan waktu penyelesaian produksi yang lebih pendek atau makespan perusahaan.

Referensi

- [1] Baker, K.R. & Trietsch, D. 2009. "Principles Of Sequencing And Scheduling". *New Jersey: John Wiley & Sons*.
- [2] Baskar, A. 2016. "Revisiting the NEH algorithm-the power of job insertion technique for optimizing the makespan in permutation flow shop scheduling". *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 7(2), 353-366.
- [3] Ginting, Rosnani. 2021. "Sistem Produksi: Konsep Teoritis, Komprehensif dan Praktis". *Medan: USU Press*.
- [4] Ginting, Rosnani. 2023. "Penjadwalan Mesin: Sistem, Algoritma, Pemecahan Masalah dan Penerapan". *Medan: USU Press*.
- [5] Sauvey, C., & Sauer, N. 2020. "Two NEH Heuristic Improvements For Flowshop Scheduling Problem With Makespan Criterion". *Algorithms*, 13(5), 112.