



PAPER – **OPEN ACCESS**

Minimalisasi Makespan Pada Perusahaan Tamiya Menggunakan Algoritma Nawaz, Enscore, and Ham (NEH)

Author : Diomen Syahputra Manik, dan Anggi Ridho Habibi
DOI : 10.32734/ee.v6i1.1903
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



Minimalisasi *Makespan* Pada Perusahaan Tamiya Menggunakan Algoritma Nawaz, Enscore, and Ham (NEH)

Diomen Syahputra Manik, Anggi Ridho Habibi

Magister Teknik Industri Universitas Sumatera Utara, Jl. Almamater, Kampus USU, Medan, Indonesia
diomen.manik13@gmail.com, anggiridhohabibi@gmail.com

Abstrak

Tamiya AODA adalah suatu merek mini 4WD yang unik karena desain kit ini dengan komponen dinamo di tengah kit ini memiliki kemampuan yang sangat cepat. Dengan performa yang cukup baik, kit 4WD miliknya ini kerap menjadi juara di berbagai turnamen balap. Sistem produksi produk Tamiya adalah *flowshop* dimana setiap produk melalui proses kerja yang sama. Memuaskan permintaan konsumen pada titik waktu tertentu mempengaruhi jumlah permintaan karena berkaitan dengan kepuasan konsumen terhadap produk. Perencanaan produksi yang baik akan menghasilkan permintaan produk yang tepat waktu. Metode perencanaan perusahaan menerapkan SPT dimana metode ini masih belum optimal. Jadwal yang tidak optimal kerap ditemukan di berbagai kondisi. Salah satunya adalah konsumsi sumber daya yang rendah yang dibuktikan dengan daya pemrosesan yang rendah dibandingkan dengan kapasitas mesin yang tersedia. *Nawaz Enscore* dan *Ham* adalah salah satu algoritma yang merupakan heuristik konstruktif. Algoritma NEH mengasumsikan bahwa tugas dengan waktu pemrosesan kumulatif yang lebih tinggi untuk semua mesin harus diprioritaskan daripada tugas dengan waktu pemrosesan kumulatif yang lebih rendah. Pada penelitian ini, dilakukan pengenalan masalah yang ada lalu studi pustaka untuk menemukan metode yang cocok, kemudian permasalahan penjadwalan mesin diatasi dengan *Flowshop* dengan menerapkan metode NEH guna mempersingkat penjadwalan mesin. Dari hasil pengolahan data dengan menggunakan metode Algoritma NEH, diperoleh usulan urutan pengerjaan *job* yaitu D - B - A - C - E dengan nilai *makespan* yang lebih kecil yaitu sebesar 77 detik atau 1,3 menit untuk satu permintaan. Maka metode Algoritma NEH menunjukkan minimalisir dalam waktu penyelesaian produksi atau *makespan*.

Kata Kunci: Penjadwalan Mesin; Algoritma NEH.

Abstract

Tamiya AODA is a unique mini 4WD brand because the design of this kit with a dynamo component in the middle of the kit has very fast capabilities. With quite good performance, his 4WD kit often wins in various racing tournaments. Tamiya's product production system is a flowshop where each product goes through the same work process. Satisfying consumer demand at a certain point in time affects the number of requests because it relates to consumer satisfaction with the product. Good production planning will produce timely product requests. The company's planning method applies SPT where this method is still not optimal. Schedules that are not optimal are often found in various conditions. One of them is the low consumption of resources as evidenced by the low processing power compared to the available engine capacity. Nawaz Enscore and Ham is one of the algorithms which is a constructive heuristic. The NEH algorithm assumes that tasks with higher cumulative processing times for all machines should take priority over tasks with lower cumulative processing times. In this study, an introduction to the existing problems was carried out and then a literature study was carried out to find a suitable method, then the machine scheduling problems were overcome by Flowshop by applying the NEH method to shorten machine scheduling. From the results of data processing using the NEH Algorithm method, the proposed job is D - B - A - C - E with a smaller makespan value of 77 seconds or 1.3 minutes for one request. Then the NEH Algorithm method shows minimization in production completion time or makespan.

Keywords: Machine Scheduling; NEH Algorithm

1. Pendahuluan

Perencanaan produksi yang baik akan menghasilkan permintaan produk yang tepat waktu. Sistem perencanaan yang buruk dapat menyebabkan waktu tunggu yang lebih lama dan volume produksi yang lebih rendah [1]. Perencanaan dilakukan dengan tujuan untuk menyelesaikan produk tepat waktu, meningkatkan produktivitas, meminimalkan *production time*, meningkatkan efisiensi mesin dan meminimalisir stok konstruksi [2]. Masalah *job scheduling* berfokus pada alokasi sumber daya (mesin) terbatas pada aktivitas kerja dalam periode tertentu guna mengoptimalkan beberapa fungsi kemampuan target.

Menurut Conway, penjadwalan adalah pengurutan seluruh produksi produk, yang dikerjakan oleh beberapa mesin. Sementara itu, menurut Kenneth R. Baker, penjadwalan merupakan alokasi sumber daya dalam pemilihan tugas-tugas pada periode waktu tertentu [3].

Tujuan dilaksanakannya penjadwalan adalah sebagai berikut [4] :

1. Memaksimalkan pemakaian sumber daya serta meminimalkan *idle time* untuk menciptakan efisiensi dalam waktu dan meningkatkan efisiensi kerja keseluruhan
2. Mengurangi jumlah produk setengah jadi yang tersedia atau mengurangi tumpukan pekerjaan saat sumber daya lain masih sibuk dengan tugas-tugas lain.
3. Meminimalkan keterlambatan pekerjaan dengan tanggal jatuh tempo untuk meminimalkan biaya penalti
4. Untuk mencegah biaya tambahan, diperlukan bantuan dalam merencanakan kapasitas pabrik dan menentukan jenis kapasitas yang diperlukan.

Flowshop adalah jenis *manufacture process* yang diperlukan memproduksi produk secara massal dan secara berurutan (*sustainable*). Sistem produksi *Flowshop* menerapkan jalur produksi untuk membuat produknya. Semua produk diproduksi sesuai dengan standar dan proses yang sama [5]. Secara umum, perencanaan produksi pabrik adalah perencanaan sistematis pembuatan produk yang berbeda pada mesin yang sama. Di sisi lain, produk yang diproduksi dalam rencana produksi seperti *Flowshop* merupakan produk terpisah yang tidak hanya menggunakan mesin yang sama, tetapi juga menggunakan rangkaian mesin yang sama. Namun, dua jadwal produksi tidak menjadi beban karena *setiap* produk harus menggunakan seluruh mesin yang ada. [6].

Sejak karya Johnson dan aturan terkenal, sejumlah besar masalah telah tertarik peneliti akademis secara global. Kelas masalah ini, di mana pekerjaan diproses oleh serangkaian mesin dalam urutan yang persis sama, adalah salah satu yang paling banyak dipelajari masalah penjadwalan [7]. Sejumlah besar heuristik, metode, dan meta-heuristik telah diusulkan dan divalidasi untuk masalah seperti ini. Saat ini, masalah penjadwalan yang terkenal ini digunakan sebagai dasar dimana sejumlah besar kendala dikenakan agar sesuai dengan industri persyaratan. Nawaz, Enscore, dan Ham (NEH) mengusulkan teknik terkenal mereka di tahun 1983 [8].

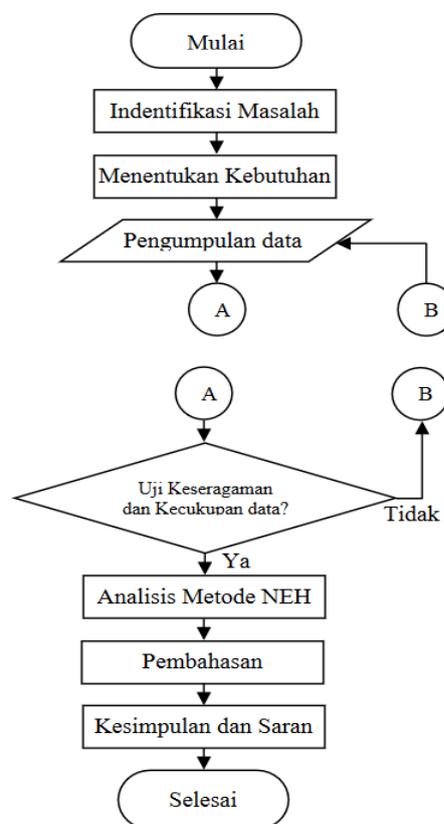
Pada tahun 1983, Muhammad Nawaz, E. melakuka Metode Nawaz Enscore Ham (NEH) dikembangkan oleh Emory Enscore Jr dan Inyong Ham. “*In a general flowshop, where all the jobs must past through all the machines in the same order, certain heuristic algorithms propose that the jobs with advanced total process time should be given advanced precedence than the jobs with lower total process time*” Berarti, konsep penjadwalan *Flowshop* yaitu seluruh pekerjaan harus lewat pada seluruh mesin dalam urutan yang sama. Ini menunjukkan bahwa pekerjaan dengan waktu berlalu tinggi harus memiliki prioritas yang lebih banyak dan begitu sebaliknya (Nawaz, et al., 1983) [9]. NEH adalah salah satu algoritma yang merupakan heuristik konstruktif. Algoritma NEH mengasumsikan bahwa tugas dengan waktu proses kumulatif yang lebih lama untuk semua mesin harus diprioritaskan daripada tugas dengan waktu proses kumulatif yang lebih rendah. NEH menginisialisasi urutan pekerjaan dalam urutan menurun berdasarkan total waktu pemrosesan *setiap* pekerjaan. Kemudian dilakukan pemeringkatan parsial, yaitu menentukan peringkat terbaik untuk *setiap* kemungkinan pekerjaan [10].

Memuaskan permintaan konsumen pada titik waktu tertentu mempengaruhi jumlah permintaan karena berkaitan dengan kepuasan konsumen terhadap produk. Respon cepat terhadap kebutuhan produk berdasarkan perencanaan produksi yang baik. Perencanaan adalah bagian penting dari *manufacture process* sebelum kegiatan produksi [11]. Sistem perencanaan buruk akan menyebabkan *production time* yang lebih lama dan volume produksi yang lebih rendah.

Berdasarkan permasalahan yang dihadapi dan penelitian literatur, artikel ini menyelesaikan permasalahan penjadwalan mesin *Flowshop* dengan metode NEH guna mempersingkat penjadwalan mesin.

2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini, dilakukan pengenalan masalah yang ada lalu studi pustaka untuk menemukan metode yang cocok, kemudian permasalahan penjadwalan mesin diatasi dengan *Flowshop* dengan menerapkan metode NEH guna mempersingkat penjadwalan mesin [12]. *Flowchart* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Langkah Penyelesaian dengan Algoritma NEH

Penelitian ini tergolong ke dalam penelitian dimana penelitian yang berkaitan dengan suatu permasalahan yang factual, sistematis, dan akurat sesuai dengan karakteristik yang terjadi [13].

Variabel yang berkaitan dengan penelitian ini yaitu:

1. Waktu Proses
Waktu dalam setiap kegiatan operasi dalam tiap *job* merupakan waktu proses. Waktu ini mencakup waktu yang diperlukan untuk mengatur dan mempersiapkan sesuatu [14].
2. Waktu Baku

Waktu rata-rata operator untuk melaksanakan tugasnya secara normal disebut dengan waktu baku. Waktu baku didapatkan dengan mengukur waktu kerja menggunakan *stopwatch* [15].

3. Data Permintaan

Meliputi jumlah permintaan yang dikemukakan oleh konsumen untuk setiap jenis pekerjaan. Data ini merupakan informasi tambahan yang dibutuhkan untuk menghitung berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap pekerjaan [16].

4. Data waktu pengerjaan *job*

Data ini mencakup perhitungan waktu baku dan permintaan produk. Data yang ada dalam penelitian ini mencakup data yang diperoleh secara langsung (data primer) dan data yang diperoleh dari sumber lain (data sekunder).

1. Data Primer

Data primer merujuk pada data yang diperoleh secara langsung dari sumber utama, contohnya melalui observasi, kuesioner, wawancara, atau percobaan. Pada penelitian ini, data primer adalah waktu yang diperlukan oleh sebuah *unit* produksi untuk menyelesaikan produksi suatu produk pada setiap tahapan dalam jalur produksi. [17]

2. Data Sekunder

Ini berarti data yang sudah dikumpulkan dan diolah sebelumnya oleh pihak lain untuk mencapai tujuan tertentu, dan dapat digunakan oleh orang lain untuk tujuan analisis dan penelitian lain. Data sekunder dalam penelitian ini adalah waktu operasi dan rencana produksi. [18]

Metode Nawaz, Enscore, and Ham (NEH) yaitu teknik algoritma konstruksi inkremental yang telah diakui sebagai metode heuristik terbaik pada masalah titik aliran permutasi [19]. Tahapan penjadwalan pekerjaan n mesin m pada teknik Nawaz, Enscore dan Ham (NEH) yaitu:

Langkah 1: [20]

1. Cari total waktu proses masing-masing *job*.
2. *Sort job* dari waktu proses terbesar hingga terkecil.
3. Hasil sortir ini menjadi daftarurut *job*.

Langkah 2: [21]

1. *Set* $K = 2$.
2. Pada urutan pilih *job* pertama dan kedua paling atas.
3. Bentuk dua alternatif baru untuk calon urutan baru.
4. Kalkulasi waktu keseluruhan berdasarkan urutan yang baru.
5. Silakan pilih kandidat dengan durasi yang paling singkat dari semua tahapan produksi parsial. Jika terdapat kesamaan, silakan pilih urutan parsial yang memiliki nilai terendah. Namun, jika masih belum berubah, maka pilihlah dengan cara acak.
6. Hilangkan *job* yang sudah diambil.
7. Perhatikan apakah $K = n$ (dimana K merupakan total *job*).
8. Apabila situasinya benar, lanjutkan ke tahap ke-4 tapi bila tidak, kemudian lanjut ke tahap ke-3.

Langkah 3: [22]

1. Atur $K = K + 1$.
2. Pada urutan pilih *job* pertama paling atas.
3. Sebanyak K calon urutan parsial baru didapat melalui pemasukan pekerjaan ke *space* urutan sebelumnya.
4. Kalkulasi waktu keseluruhan berdasarkan urutan yang baru.
5. Pilih kandidat yang memiliki durasi produksi parsial terpendek di antara yang lain. Jika terdapat kesamaan, pilih rangkaian bagian yang memiliki urutan terkecil. Tetapi, jika masih tetap tidak ada perbedaan, silakan pilih secara acak [23].
6. Calon urutan parsial baru terpilih akan menjadi urutan parsial baru.

7. Hilangkan *job* yang sudah diambil.
8. Perhatikan apakah $K = n$ (dimana n merupakan total *job*).
9. Apabila situasinya benar, lanjutkan ke tahap ke-4 tapi bila tidak, kemudian lanjut ke tahap ke-3.

Langkah 4:

Urutan parsial yang baru telah dijadikan sebagai urutan final dan dihentikan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data Elemen Kerja

Stasiun kerja pada produksi mainan tamiya mini 4WD ada 5 yaitu:

Tabel 1. Stasiun Kerja

Stasiun Kerja	Elemen Kerja
I	Perakitan komponen-komponen <i>set</i> inti
II	Pemasangan komponen <i>set</i> penggerak
III	Pemasangan pengunci <i>set</i> kontrol
IV	Pemasangan body dan kerangka produk
V	Pemasangan baterai dan uji coba

Data produksi untuk produk mainan tamiya mini 4WD pada bulan Januari 2023 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Data Produksi Pada Bulan Januari

Produk	Permintaan (Unit)
Tamiya Tipe 1	1110
Tamiya Tipe 2	1200
Tamiya Tipe 3	1140
Tamiya Tipe 4	1172
Tamiya Tipe 5	1032

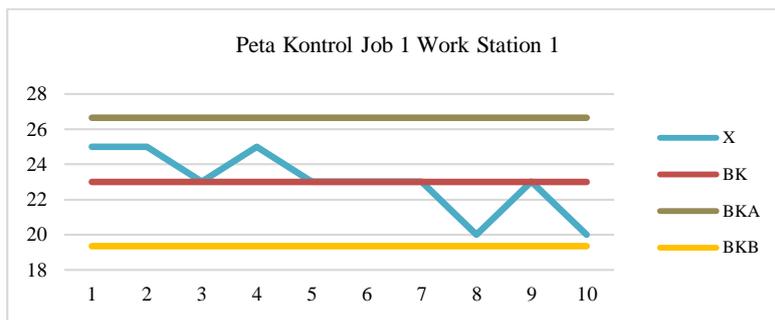
3.2. Uji Keseragaman Data

Diperlukan usaha untuk menemukan Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB). Pada studi ini, data memiliki distribusi normal dengan tingkat kepercayaan 95%. Ini berarti nilai k adalah 2 dan tingkat keakuratan (S) adalah 5%.

$$\text{BKA} = \bar{x} + k.\sigma = 23,01 + (2 \times 1,83) = 26,65 \text{ detik}$$

$$\text{BK} = \bar{x} = 23,01 \text{ detik}$$

$$\text{BKB} = \bar{x} - k.\sigma = 23,01 - (2 \times 1,83) = 19,35 \text{ detik}$$



Gambar 2. Pemetaan Job Control 1 Workstation 1

3.3. Uji Kecukupan Data

Uji ini penting untuk memastikan bahwa data yang diperoleh memenuhi kriteria untuk diproses lebih lanjut. Terdapat 10 kali pengamatan dengan tingkat kepercayaan 95%, ketelitian 5%, dan nilai $k = 2$.

Tabel 4. Uji Kecukupan Data Produk Tamiya Tipe I

Stasiun Kerja	X	Jumlah	Uji Kecukupan Data	
			N	N'
WS I	X	230	10	3,01
	X ²	5320		
WS II	X	149	10	2,80
	X ²	2231		
WS III	X	135	10	3,81
	X ²	1839		
WS IV	X	102	10	2,93
	X ²	1046		
WS V	X	150	10	2,07
	X ²	2256		

3.4. Analisis Penjadwalan Metode NEH

Pada proses penjadwalan mesin, data pokok berupa waktu proses setiap *job* pada masing-masing mesin. Data waktu permesinan dirincikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Waktu Proses Tiap Job di Tiap Mesin

Product Type	WC 1	WC 2	WC 3	WC 4	WC 5	Total
A	33	22	20	15	21	111
B	34	22	19	15	20	110
C	32	21	19	14	19	105
D	30	22	21	14	22	109
E	31	21	20	15	20	107

Pengolahan dilakukan dengan teknik *Nawaz Enscore and Ham* (NEH) memberikan 4 alternatif. Pemilihan alternatif penjadwalan yaitu melakukan pemilihan alternatif dengan total waktu (*makespan*) paling kecil untuk setiap jangka waktu produksi. Dari tahapan pengolahan data dengan teknik *Nawaz Enscore and Ham* (NEH) yang telah dijelaskan pada sub bab sebelumnya, diperoleh nilai *makespan* untuk setiap alternatif yang ditunjukkan oleh Tabel 6.

Tabel 6. Nilai *Makespan* Masing – Masing Alternatif

<i>Iteration to-</i>	<i>Job Sequence</i>	<i>Makespan Value (second)</i>	<i>Mean Flow time (second)</i>
1	B - D	50	45,0
	D - B	50	44,0
2	D - B - A	59	49,0
	B - D - A	59	49,7
	A - D - B	61	55,0
3	D - B - A - C	70	54,3
	D - C - B - A	70	59,3
	D - B - C - A	70	54,5
	B - A - C - D	93	76,3
4	D - B - A - C - E	77	
	D - B - A - E - C	79	
	D - B - E - A - C	79	
	D - B - E - C - A	79	
	B - D - E - A - C	79	

Berdasarkan Tabel 6. tersebut diketahui bahwa urutan penjadwalan yang dipilih adalah D - B - A - C - E dengan nilai *makespan* sebesar 77 detik/*unit* permintaan.

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan penurunan *makespan* produk tamiya dengan menggunakan metode algoritma NEH menjadi 77 detik/*unit* permintaan. Pengukuran kinerja perbandingan metode adalah sebagai berikut.

$$EI = \frac{\text{Makespan SPT}}{\text{Makespan Algoritma NEH}} = \frac{85}{77} = 1,104$$

Selanjutnya dibandingkan sesuai parameter *Efficiency Index* (EI), $EI > 1$ menunjukkan bahwa metode usulan dapat memberikan *performance* baik untuk meminimasi terjadinya keterlambatan. Pada dasarnya masalah penjadwalan *flowshop* akan erat kaitannya dengan permutasi karena akan timbul berbagai macam kemungkinan yang akan terjadi pada *job* yang akan dijadwalkan dan ini terlihat pada metode NEH sehingga urutan yang didapat akan lebih optimal. Maka, metode NEH lebih optimal daripada metode perusahaan (SPT) karena memiliki *makespan* yang lebih kecil.

Dari hasil analisis pengolahan data, didapat bahwa total waktu menyelesaikan *jib* menggunakan metode heuristik NEH yang mengintegrasikan pengalaman, keinginan konsumen dan loyalitas untuk konsumen lama, menghasilkan waktu 77 detik untuk lima *job*. Didapat total waktu penyelesaian *job* dengan menggunakan metode *Nawaz Enscore and Ham* (NEH) n *job* m *machine* pada rute D - B - A - C - E yang merupakan hasil pengolahan pada iterasi keempat.

Berdasarkan hasil kalkulasi dapat dibuat usulan bagi perusahaan untuk menerapkan metode yang mampu memperkecil *makespan* karena akan meminimalkan keterlambatan [24]. Dalam hal ini metode usulan yang dipakai oleh perusahaan berdasarkan kuantitas permintaan dan lama proses pengerjaan dipertimbangkan. Waktu *allowance* dan *rating factor* juga berkaitan dengan durasi proses pengerjaan *job*.

Penerapan usulan ini harus dibarengi dengan sumber daya yang baik dari setiap hal [25]. Dengan kata lain teknik yang akan dipilih oleh perusahaan berguna dalam perencanaan penjadwalan produksi periode yang akan datang, ketika penerimaan *job*, dengan tujuan mengurangi *makespan* dimana didukung oleh sumber daya yang baik. Implementasi di masa yang akan datang yaitu menerapkan metode terpilih dalam perencanaan penjadwalan untuk periode selanjutnya.

4. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil pengolahan data secara manual dengan metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham*, diperoleh usulan urutan *job* yaitu D - B - A - C - E dengan nilai *makespan* yang lebih kecil yaitu sebesar 77 detik atau 1,3 menit untuk satu permintaan. Maka metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham* menunjukkan lebih minimal dalam segi waktu penyelesaian produksi atau *makespan*.

Berdasarkan pengamatan dan hasil usulan masalah yang dihadapi maka perlu perbaikan pada masa yang akan datang yaitu melaksanakan penelitian yang dikaitkan dengan adanya *breakdown machine* Ketika proses operasi seta penggunaan metode penjadwalan *job shop* lainnya, sehingga didapatkan nilai *makespan* terkecil yang bisa dijadwalkan.

Referensi

- [1] W. Yang, J. Su, Y. Yao, Z. Yang, and Y. Yuan, "A Novel Hybrid Whale Optimization Algorithm for Flexible *Job-Shop* Scheduling Problem," *Machines*, vol. 10, no. 8, 2022.
- [2] D.-L. Yang and W.-H. Kuo, "Minimizing *Makespan* in A Two-Machine Flowshop Problem with Processing Time Linearly Dependent on *Job* Waiting Time," *Sustainability*, vol. 11, no. 24, 2019.
- [3] K. R. Baker, and D. Trietsch, *Principles Of Sequencing And Scheduling*, New Jersey: John Wiley & Sons. 2019.
- [4] R. Ginting, *Sistem Produksi: Konsep Teoritis, Komprehensif dan Praktis*. Medan: USU Press. 2021.
- [5] H. Chen, S. Zhou, X. Li, and R. Xu, "A hybrid differential evolution algorithm for a two-stage flow shop on batch processing machines with arbitrary release times and blocking," *International Journal of Production Research*, 52, 2014.
- [6] C. Sauvey, W. Trabelsi, and N. Sauer, "Mathematical Model and Evaluation Function for Conflict-Free Warranted *Makespan* Minimization of Mixed Blocking Constraint *Job-Shop* Problems," *Mathematics*, vol. 8, no. 1, 2020.
- [7] S. M. Johnson, "Optimal two-and three-stage production schedules with setup times included." *Naval research logistics quarterly*, 1(1), 1954.
- [8] C. Sauvey and N. Sauer, "Two NEH Heuristic Improvements for Flowshop Scheduling Problem with *Makespan* Criterion," *Algorithms*, vol. 13, no. 5, 2020.
- [9] M. Nawaz, E. E. Enscore, and I. Ham, "A heuristic algorithm for the m-machine, n-job flowshop sequencing problem." *OmegaInt. J. Manag. Sci.* 1983.
- [10] P. J. Kalczynski, and J. Kamburowski, "An improved NEH heuristic to minimize *makespan* in permutation flow shops." *Computers & Operations Research* 35.9. 2008.
- [11] G. B. V. do Prado, D. V. da Silva, A. L. Christoforo, J. A. de Oliveira, E. A. V. Toso, and D. A. L. Silva, "Sustainable scheduling: Development and application of an integrated method combining NEH heuristic and life cycle assessment." *International Journal of Sustainable Engineering*, vol. 14, no. 6, 2021.
- [12] I. Rizkya, K. Syahputri, R. M. Sari, I. Siregar, M. M. Tambunan, Anizar, U. Tarigan, and N. Isnaini "Nawaz, Enscore, Ham (NEH) Algorithm To Minimization Of *Makespan* In Furniture Company." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 505, No. 1. 2019.
- [13] S. Sinulingga, *Metode Penelitian*. Medan: USU Press, 2021.
- [14] Ariyanti, Adiando, and R. Miharja, "Usulan Penjadwalan Produksi Benang Menggunakan Metode Neh Dan Metode Algoritma Johnson Untuk Meminimasi Waktu Produksi Di Pt. Laksana Kurnia Mandiri Sejati." *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, Vol. 6, 2018.
- [15] M. Masniar, U. R. Marasabessy, E. Astrides, Asih Ahistasari, M. A. Nur Wahyudien, and M. M. Rachmadhani,, "Analisis Pengukuran Kerja dalam Menentukan Waktu Baku untuk Meningkatkan Produktivitas Kerja Pada Produksi Kerudung Menggunakan Metode Time Study pada UKM Lisna Collection di Tasikmalaya." *JISEM*, vol. 2, no. 1, 2023.

- [16] S. D. Annisya, 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*, vol. 3, 2020.
- [17] A. Rukajat, *Pendekatan penelitian kuantitatif: quantitative research approach*. Deepublish. 2018.
- [18] S. H. Situmorang, I. Muda, M. Doli, and F. S. Fadli, *Analisis data untuk riset manajemen dan bisnis*. USU Press. 2010.
- [19] J. Gmys, M. Mezma, N. Melab, and D. Tuytens, "A computationally efficient Branch-and-Bound algorithm for the permutation flow-shop scheduling problem." *European Journal of Operational Research*, Vol. 284, 2020.
- [20] R. Ginting, *Penjadwalan Mesin: Sistem, Algoritma, Pemecahan Masalah dan Penerapan*. Medan: USU Press. 2023.
- [21] A. Marrella, and Y. Lespérance, "Synthesizing a library of process templates through partial-order planning algorithms." *Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling: 14th International Conference, BPMDS 2013, 18th International Conference, EMMSAD 2013, Held at CAiSE 2013, Valencia, Spain, June 17-18, 2013. Proceedings*. Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [22] I. Ribas, and R. Companys, "Efficient heuristic algorithms for the blocking flow shop scheduling problem with total flow time minimization." *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 87, 2015.
- [23] K.-W. Huang, A. Girsang, Z.-X. Wu, and Y.-W. Chuang, "A Hybrid Crow Search Algorithm for Solving Permutation Flow Shop Scheduling Problems," *Applied Sciences*, vol. 9, no. 7, 2019.
- [24] Y. Muharni, E. Febianti, Hanifa, and Arlianur, "Production scheduling of bar mill using the combination of particle swarm optimization and Nawaz Enscore ham for minimizing makespan in steel company." *AIP Conference Proceedings*, Vol. 2114, 2016.
- [25] G. Griffin, G. Gaustad, K. Badami, "A framework for firm-level critical material supply management and mitigation." *Resources Policy*, Vol. 60, s2019.