

Optimasi Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode Algoritma Nawaz Enscore Ham dan Metode Harmony Search Algorithm Untuk Meminimasi Makespan

Alicia Hamad

aliciahamad8@gmail.com

Universitas Teknologi Yogyakarta

Suseno

suseno@uty.ac.id

Universitas Teknologi Yogyakarta

Alamat: Jl. Glagahsari No.63, Warungboto, Kec. Umbulharjo, Kota Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta 55164

Korespondensi penulis: aliciahamad8@gmail.com

Abstract. *PT Madubaru is a company engaged in the sugar manufacturing agro-industry. For now the demand for sugar is increasing. But in reality the company has not been able to meet the increasing demand for production resulting in delays to consumers. In 2021 in August the number of sugar sales was 7,758,929 kg, which was previously in July 1,313,720 kg. So it is necessary to change the production schedule using the Nawaz Enscore HAM (NEH) Algorithm Method because it is superior compared to other heuristic methods because it is more thorough in calculating the possible sequence of scheduled jobs. And the Harmony Search Algorithm method is proven to be able to reduce or maximize problems in production process scheduling. The makespan value generated by the company's actual method is 67.6 minutes, then the makespan value for the NEH method is 17.6 minutes, and the makespan value for the HSA method is 40 minutes. So that from the production scheduling design, the smallest makespan value is by using NEH with the order of Bulk Sugar-Packed Sugar jobs. Companies can consider their efforts in achieving their company goals, namely by making changes to production scheduling using the Nawaz Enscore Ham Algorithm because the order obtained can minimize completion time.*

Keywords: *Harmony Search Algorithm, Minimize Makespan, Nawaz Enscore Ham, Scheduling.*

Abstrak. PT Madubaru merupakan perusahaan yang bergerak di bidang agroindustri pembuatan gula. Untuk saat ini permintaan gula semakin meningkat. Namun pada kenyataannya perusahaan belum bisa memenuhi permintaan produksi yang semakin meningkat sehingga terjadi keterlambatan ke konsumen. Pada tahun 2021 bulan Agustus jumlah penjualan gula sebesar 7.758.929 kg yang sebelumnya pada bulan Juli 1.313.720 kg, Sehingga diperlukan adanya perubahan penjadwalan produksi menggunakan Metode Algoritma Nawaz Enscore HAM (NEH) karena lebih unggul dibandingkan dengan metode *heuristic* yang lain karena lebih teliti dalam menghitung kemungkinan urutan job yang dijadwalkan. Dan metode *Harmony Search Algorithm* terbukti mampu mengurangi atau memaksimalkan permasalahan dalam penjadwalan proses produksi. Nilai makespan yang dihasilkan pada metode aktual perusahaan sebesar 67,6 menit, kemudian nilai makespan untuk metode NEH yaitu 17,6 menit, dan makespan dari metode *Harmony Search Algorithm* (HSA) yaitu 40 menit. Sehingga dari rancangan penjadwalan produksi tersebut nilai *makespan* terkecil dengan menggunakan NEH dengan urutan job Gula Bulk-Gula Kemas. Perusahaan dapat mempertimbangkan usahanya dalam mencapai tujuan perusahaannya, yaitu dengan mengadakan perubahan penjadwalan produksi dengan menggunakan metode Algoritma Nawaz Enscore Ham karena urutan yang diperoleh dapat meminimalkan waktu penyelesaian.

Kata kunci: Algoritma Nawaz Enscore Ham, Harmony Search Algorithm, Minimasi Makespan, Penjadwalan

LATAR BELAKANG

PT Madu Baru adalah salah satu perusahaan di daerah Yogyakarta yang menghasilkan gula, perusahaan ini memiliki 2 pabrik yaitu Pabrik Gula (PG) serta Pabrik Spirtus (PS). Produk utama perusahaan ini yaitu gula dan spirtus. Dari Direktur Eksekutif Asosiasi Gula Indonesia (AGI), bahwa kebutuhan gula baik kebutuhan rumah tangga maupun produksi akan terus semakin tinggi sejalan dengan meningkatnya jumlah penduduk. Fenomena tersebut mengharuskan perusahaan untuk produksi balik strategi dan taktik bisnisnya. Namun pada kenyataannya perusahaan belum bisa memenuhi kapasitas produksi yang semakin meningkat setiap periodenya sehingga terjadi keterlambatan produk ke konsumen. Pada tahun 2021 bulan Agustus jumlah permintaan pasar mengalami kenaikan tinggi yaitu penjualan gula sebesar 7.758.929 kg yang sebelumnya pada bulan Juli hanya 1.313.720 kg, walaupun perusahaan bisa memenuhi permintaan konsumen, tetapi harus menunggu produksi berikutnya. Faktor tersebut dipengaruhi karena bahan baku utama yaitu tebu mengalami kendala dalam penebangan sehingga bahan baku utama mengalami keterlambatan. Selain itu waktu set up saat penggantian mesin memerlukan waktu tunggu yang akan mempengaruhi produksi gula. Penampungan pabrik tengah penuh sehingga juga akan menurunkan atau menghentikan proses gilingan. Dan pada awal proses operator putaran gula A menunggu sekitar 1 sampai 2 jam hingga gula datang dari Stasiun Masakan. Perusahaan memerlukan penjadwalan produksi yang tepat agar penggunaan sumber daya mesin pada setiap urutan pekerjaan selama periode waktu tertentu dapat dimaksimalkan. Sehingga proses produksi dapat berjalan secara efektif dan efisien, serta dapat memenuhi permintaan konsumen secara tepat waktu (Oktaviyani, 2020).

KAJIAN TEORITIS

Algoritma Nawaz Enscore HAM (NEH)

Metode Nawaz Enscore Ham (NEH) merupakan salah satu metode heuristic terbaik dan telah mendapatkan penghargaan dalam Permutation Flow Shop Problem (FPSP), sehingga output dari metode ini diharapkan mampu membantu menyelesaikan permasalahan di perusahaan mengenai keterlambatan penyelesaian suatu pekerjaan yang dapat mempengaruhi total biaya pengerjaan (Yusraini, 2019). Selain itu lebih unggul dibandingkan dengan metode heuristic yang lain karena lebih teliti dalam menghitung kemungkinan urutan

job yang dijadwalkan (Latief, 2020). Adapun Langkah-langkah dari metode NEH adalah sebagai berikut

1. Jumlahkan waktu proses setiap job
2. Urutkan job-job menurut jumlah waktu prosesnya (w) dimulai dari yang terbesar hingga yang terkecil
3. Ambil ($w = 2$) dari i yang memiliki index pengurutan paling atas
4. Buat w alternatif calon urutan parsial baru dan pilih yang memiliki makespan parsial yang terkecil, Apabila nilai makespan memiliki nilai yang sama maka ke Langkah 5. Jika tidak ke Langkah 6
5. Dari w alternatif calon urutan parsial sebelumnya memiliki nilai makespan yang sama, pilih yang memiliki nilai *mean flow time* parsial yang lebih kecil. Apabila memiliki nilai *mean flow time* yang sama, Maka pilihlah calon urutan parsial baru tadi secara acak.
6. Calon urutan parsial baru yang terpilih menjadi urutan parsial baru
7. Coret job-job dari item i yang diambil tadi dari daftar pengurutan job
8. Periksa apakah $w = i$ (dimana i adalah jumlah job item yang ada). Jika ya, lanjutkan ke Langkah 9. Jika tidak, maka ulangi ke langkah 3 dan jumlahkan ($w = w + 1$).
9. Urutan parsial baru menjadi urutan final

Harmony Search Algorithm

Harmony search (HS) adalah algoritma pencarian meta-heuristik yang mencoba untuk meniru proses improvisasi musisi dalam menemukan harmoni yang menyenangkan. HS itu mudah untuk diimplementasikan, konvergen dengan cepat ke solusi optimal dan menemukan solusi yang cukup baik solusi dalam jumlah waktu komputasi yang wajar (Innaratul, 2020). Penggunaan metode Algoritma Harmony search terbukti mampu mengurangi atau memaksimalkan permasalahan dalam penjadwalan proses produksi. Langkah-langkah dalam pengolahan metode HSA yaitu (Alireza, 2019):

1. Inisialisasi Parameter

Pada tahap pertama, permasalahan optimasi ditentukan, sebagai berikut:

$$\text{Minimasi} = f(x)$$

Dengan Batasan $x_i \in X_i; i=1,2,N$

Keterangan:

$f(x)$ = Fungsi Objektif

x_i = Variabel keputusan

X_i = Himpunan variabel keputusan ke- i

N = Jumlah variabel keputusan

Pada langkah pertama semua parameter harus ditentukan kemudian parameter-parameter harmony search yang lain juga harus ditentukan

- a. Harmony Memory Size (HMS) adalah jumlah vektor solusi yang bisa disimpan dalam harmony memory
 - b. Harmony Memory Considering Rate (HMCR) adalah probabilitas dari harmony memory untuk digunakan kembali sebagai hasil dari vektor solusi. Nilainya $0 \leq \text{HMCR} \leq 1$
 - c. *Pitch Adjusting Rate* (PAR) adalah parameter yang mempunyai peran signifikan dalam menentukan jumlah nilai yang harus diubah, disesuaikan atau ditukar dengan nilai yang lain. Nilainya adalah $0 \leq \text{PAR} \leq 1$, umumnya digunakan berkisar antara 0,1 sampai 0,5
 - d. Kriteria berhenti merupakan banyaknya iterasi untuk melakukan improvisasi
2. Pada tahap ini dibangkitkan matriks harmony memory (HM) yang didapatkan dengan membangkitkan variabel keputusan secara random sehingga membentuk vektor solusi, kemudian hitung nilai fungsi objektif $f(x)$ masing-masing vektor solusi. Berikut merupakan matriks harmony memory.

$$HM = \begin{bmatrix} x_1^1 & x_2^1 & \dots & x_N^1 \\ x_1^2 & x_2^2 & \dots & x_N^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_1^{HMS-1} & x_2^{HMS-1} & \dots & x_N^{HMS-1} \\ x_1^{HMS} & x_2^{HMS} & \dots & x_N^{HMS} \end{bmatrix} \quad 1)$$

$$x_N = x_{N\min} + rand(x_{N\max} - x_{N\min}) \quad 2)$$

F(x) = Fungsi objektif

HM = Matriks harmony memory

HMS = Baris matriks harmony memory

N = Jumlah variabel keputusan

$x_{HMS,N}$ = Variabel keputusan ke-N pada sebanyak HMS

3. Improvisasi Harmony Baru

Dalam memperbaiki harmoni baru, $(x' = x_1, x_2, \dots, x_N)$ menggunakan dua aturan, yang diantaranya adalah:

- a. HMCR (*Harmony Memory Considering Rate*) Pada tahap ini nilai variabel keputusan x' dipilih secara acak dari variabel- variabel mana saja yang tersimpan dalam HM (*Harmony memory*) ($x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^{HMS}$) dengan probabilitas x' .

$$x'i = \{x'i(\{\in x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^{HMS}\})HMCR \quad (3)$$

- b. PAR (*Pitch Adjusting Rate*) Pada tahap ini merupakan tahap penyesuaian variabel keputusan baru yang dihasilkan pada tahap HMCR (*Harmony memory consideration rate*).

$$x'i = \{x'i(k + m)HMCRxPAR \quad (4)$$

Keterangan:

K = Indeks pada elemen X_i

$x'i$ = Variabel keputusan ke- i

X_i = Variabel ke- k pada elemen X_i

M = Indeks tetangga (+1 atau -1) $fg-0f$

4. Memperbarui Harmony Memory

Apabila dari vektor menemukan solusi baru, ($x' = x'1, x'2, \dots, x'N$) dan pada vektor tersebut memiliki solusi yang lebih baik dibandingkan dengan vektor solusi terburuk didalam HM (*Harmony Memory*), vektor solusi baru tersebut dimasukan kedalam HM dan vektor solusi terburuk dikeluarkan dari HM, dan apabila nilai vektor solusi tidak lebih baik maka tidak akan terjadi perubahan pada HM.

5. Cek kriteria berhenti

Apabila kriteria pemberhentian telah tercapai, maka proses pengerjaan dihentikan. Apabila kriteria pemberhentian belum, tercapai maka akan kembali pada langkah ketiga dan keempat. Kriteria pemberhentian dari algoritma *Harmony Search* adalah jumlah iterasi yang telah ditentukan. Berikut merupakan diagram alir tahapan proses pada algoritma *Harmony Search*.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di bagian pabrikasi produksi gula di PT Madu Baru, tepatnya di Pabrik Gula Madukismo. Perusahaan ini terletak di Jalan Padokan, Jl Madukismo No 21 pg, Rogocolo, Tirtonegoro, Kec. Kasihan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Tujuan utama dari penelitian ini yaitu menentukan nilai makespan dan urutan pengerjaan dari kedua metode yaitu metode NEH dan HSA.

Penelitian dilakukan dengan berbagai metode, mulai dari wawancara, analisis metode pemodelan, inisialisasi parameter, desain masalah, studi pustaka, pengumpulan data, pengolahan data, analisis dan pembahasan, kesimpulan dan saran. Tujuan dari metodologi penelitian adalah agar pelaksanaan penelitian mendapatkan hasil yang sesuai dengan tujuan penelitian..

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan langkah-langkah pengolahan data menggunakan metode Algoritma Nawaz Enscore Ham diperoleh hasil bahwa total pengerjaan Gula Bulk dan Gula Kemas selama 1 kali memproduksi gula yaitu 1457,6 menit dengan batas waktu yang digunakan yaitu 1440 menit/batch. Sehingga nilai makespan yang diperoleh yaitu 17,6 menit/batch. Berikut merupakan hasil dari pengolahan metode Algoritma Nawaz Enscore Ham.

Tabel 1 Hasil Pengolahan Data Menggunakan Metode NEH

Work Center	Gula Bulk			Gula Kemas		
	Durasi	Start	End	Durasi	Start	End
Mesin Unigrator	120	0	120	150	101,7	251,7
Mesin Giling	120	101,77	221,77	140	221,84	361,84
Mesin Defekator	90	124	214	80	214	294
Mesin Juece Heater	70	214,3	284,3	70	284,6	354,6
Mesin Door Clarifier	76	284,5	360,5	85	360,7	445,7
Mesin Rotary Vaccum	120	360,7	480,7	130	480,9	610,9
Mesin Pesawat Penguapan	150	480,78	630,78	170	630,86	800,86
Msin Pan Kristalisasi	200	630,83	830,83	240	830,88	1070,9
Mesin Palung Pendingin	85	830,84	915,84	75	915,85	990,85
Mesin Centrifugal	60	916,24	976,24	70	976,64	1046,6
Mesin Grashopper Conveyor	60	976,64	1036,6	55	1037	1092
Mesin Timbangan Otomatis	180	1037,14	1217,1	240	1217,6	1457,6

Untuk hasil pengolahan data menggunakan metode Harmony Search Algorithm setelah menerapkan Langkah-langkahnya maka diperoleh hasil *Mean Flow Time* atau rata-rata waktu

pengerjaan yaitu sebesar 1480 menit/batch. Dan untuk batas waktu perbatchnya yaitu sebesar 1440 menit. Sehingga nilai makespan yang diperoleh yaitu 40 menit/batch.

Tabel 2 Hasil Pengolahan Data Menggunakan Metode HSA

Job	Mesin	Durasi	Set Up	Waktu Selesai	Completion Time	Due Date	Lateness
1	Mesin Unigator	102	0	132	1455	1440	15
	Mesin Giling	120	0,07	282			
	Mesin Defekator	90	0	392			
	Mesin Juece Heater	70	0,3	462			
	Mesin Door Clarifier	76	0,2	539			
	Mesin Rotary Vaccum	120	0,2	659			
	Mesin Pesawat Penguapan	150	0,08	809			
	Mesin Pan Kristalisasi	200	0,05	1039			
	Mesin Palung Pendingin	85	0,01	1124			
	Mesin Centrifugal	60	0,4	1184			
	Mesin Grashopper Conveyor	60	0,4	1275			
	Mesin Timbangan Otomatis	180	0,5	1455			
2	Mesin Unigator	150	0	252	1505	1440	65
	Mesin Giling	140	0,07	362			
	Mesin Defekator	80	0	392			
	Mesin Juece Heater	70	0,30	452			
	Mesin Door Clarifier	85	0,20	544			
	Mesin Rotary Vaccum	130	0,20	709			
	Mesin Pesawat Penguapan	170	0,08	899			
	Mesin Pan Kristalisasi	240	0,05	1169			
	Mesin Palung Pendingin	75	0,01	1089			
	Mesin Centrifugal	70	0,40	1144			
Mesin Grashopper Conveyor	55	0,40	1190				

Job	Mesin	Durasi	Set Up	Waktu Selesai	Completion Time	Due Date	Lateness
	Mesin Timbangan Otomatis	240	0,50	1505			
Mean Flow Time					1480		
Maximum Lateness							40

Hasil yang diperoleh dari pengolahan data menggunakan metode NEH dan HSA dapat meminimalkan nilai makespan dan urutan job yang optimal. Hasil yang diperoleh dari perhitungan Langkah sebelumnya yaitu dengan metode Algoritma Nawaz Enscore HAM dapat meminimasi nilai makespan sebesar 17,6 menit/batch. Kemudian untuk metode Harmony Search Algorithm diperoleh hasil nilai makespan sebesar 40 menit/batch. Berikut merupakan hasil perbandingan nilai makespan.

Tabel 3 Hasil Perbandingan Nilai Makespan

Metode	Total Waktu Pengerjaan	Due Date	Makespan
Aktual Perusahaan	1507,6	1440	67,6
Algoritma Nawaz Enscore Ham	1457,6	1440	17,6
<i>Harmony Search Algorithm</i>	1480	1440	40

Analisis pemecahan masalah dalam penelitian ini dilakukan dengan membandingkan penjadwalan produksi menggunakan metode actual perusahaan dengan metode usulan yaitu Metode Algoritma NEH dan Metode *Harmony Search Algorithm*. Parameter performansi digunakan untuk membandingkan dan menentukan metode yang lebih efektif diterapkan pada perusahaan. Parameter performansi yang digunakan yaitu *Efficiency Index* dan *Relative Error*. Berikut merupakan hasil perbandingan parameter performansi.

Tabel 4 Hasil Perbandingan Parameter Performansi

Meode	Efficiency Index	Relative Error
Aktual Perusahaan	3,8	73,96 %
Algoritma Nawaz Enscore Ham	1,69	40,83 %
<i>Harmony Search Algorithm</i>	2,27	56 %

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang didapat dari pengolahan data diatas yaitu nilai makespan dari metode aktual perusahaan yaitu 67,6 menit/batch. Kemudian hasil dari pengolahan menggunakan metode NEH adalah 17,6 menit/batch. Dan untuk pengolahan data menggunakan metode HSA adalah 40 menit/batch. Sehingga nilai makespan terendah yaitu pengolahan data menggunakan metode NEH dengan hasil 17,6 menit/batch dengan urutan pengerjaan Gula Bulk-Gula Kemas. Minimalisir lateness menjadi 73,96%. Sehingga terjadi penghematan rata-rata 50 menit/batch. Saran untuk perusahaan dapat mempertimbangkan usahanya dalam mencapai tujuan perusahaanya, yaitu dengan mengadakan perubahan penjadwalan produksi dengan menggunakan metode Algoritma Nawaz Ensore Ham karena urutan yang diperoleh dapat meminimalkan waktu penyelesaian.

DAFTAR REFERENSI

- Alireza Askarzadeh, E. R. (2019). Harmony Search Algorithm: Basic Concepts and Engineering Applications. *IGI Global*, 0.4018/978-1-5225-2322-2.
- Guomin Li, L. G. (2018). A new AGV scheduling algorithm based on harmony search for material transfer in a real-world manufacturing system. *Sage Journals*, 1-13.
- Inaaratul Chusna Ichda Purwanto, Y. A. (2020). OPTIMASI PENJADWALAN PRODUKSI MENGGUNAKAN PENDEKATAN ALGORITMA HARMONY SEARCH DI PT. ADI SATRIA ABADI (ASA). *DISPROTEK*, Volume 11 Nomor 1.
- Latief Anggar Kurniawan, F. F. (2022). Development of Flow Shop Scheduling Method to Minimize Makespan Based on Nawaz Ensore Ham (NEH) & Campbell Dudek and Smith (CDS) Method. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Managemen*, 1224-1231.
- Oktaviyani. (2020). *OPTIMASI PENJADWALAN PRODUKSI DAN PERENCANAAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU MENGGUNAKAN RANTAI MARKOV*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Putra, M. A. (2019). PENJADWALAN PRODUKSI UNTUK MEMINIMASI MAKESPAN DAN JAM LEMBUR MENGGUNAKAN BACKWARD SCHEDULING. *UPN Veteran Yogyakarta*, 122 07 92/1879/2019.
- Ukurta Tarigan, N. I. (2021). Analisis Penjadwalan Produksi Flowshop dengan Membandingkan Metode Harmony Search dan Algoritma Nawaz, Ensore and Ham. *Prosiding SNTI dan SATELIT*, 7-12.
- Yusraini Muharni, E. F. (2019). Production scheduling of bar mill using the combination of particle swarm optimization and Nawaz ensore ham for minimizing makespan in steel company. *AIP Conference Proceedings*, 030006 1-5.