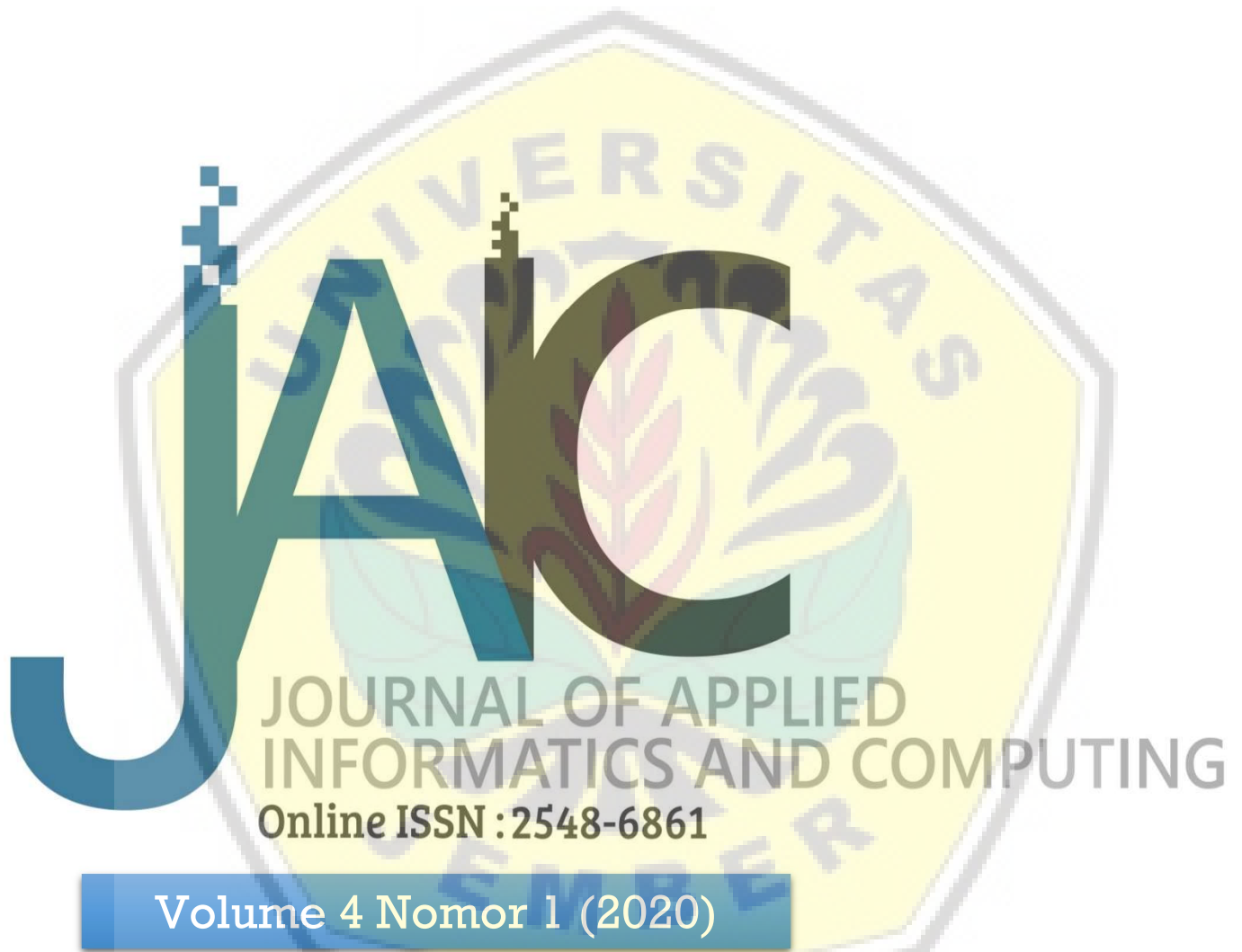




polibatam



Website: <https://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JAIC/>
Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (P3M) Politeknik Negeri Batam
Jl. Ahmad Yani Parkway Batam Center, Batam 29461

SAMBUTAN EDITOR

Alhamdulillah atas terbitnya Journal of Applied Informatics and Computing (JAIC) Volume 4, Nomor 1, Juli 2020. Berkat usaha yang sungguh-sungguh dari segenap tim redaksi dan atas bantuan banyak pihak, akhirnya jurnal ini dapat hadir tepat waktu dan memberikan kontribusi ilmiah di dalam bidang informatika.

Volume 4, nomor 1 tahun 2020, manuskrip yang terbit adalah 15 manuskrip yang berasal dari peneliti sekaligus penulis dari Perguruan Tinggi diantaranya STKOM Al-Ma'soem Jatinangor Jawa Barat, Universitas Trunojoyo Madura, Universitas Jember, STT Indonesia Tanjungpinang, Politeknik Caltex Riau, Universitas Bunda Mulia, Universitas Putera Batam, Universitas Ahmad Dahlan, Universitas AMIKOM Yogyakarta, Institut Teknologi Sumatera, Politeknik Negeri Batam dan Universitas Andalas.

Artikel yang publish dalam edisi ini telah terakreditasi Sinta 4 pada Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode V Tahun 2019 dan telah diterbitkannya Surat Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 28/E/KPT/2019, tanggal 26 September 2019.

Kami mengucapkan terimakasih untuk semua pihak yang berkontribusi dalam penerbitan jurnal ini, khususnya kepada Tim Editorial dan Reviewer yang sudah rela bekerja keras dalam mereview manuskrip hingga layak diterbitkan di jurnal ini. Terimakasih kami sampaikan kepada para peneliti yang telah memilih jurnal ini sebagai media untuk menerbitkan karya penelitiannya. Kiranya artikel-artikel yang ada di jurnal ilmiah ini menambah wawasan serta referensi kita semua dalam bidang informatika. Demi perbaikan jurnal ini kedepannya kami sangat mengharapkan saran dan kritik dari pembaca maupun para penulis serta peneliti. Mari terus berkarya untuk penelitian dan pendidikan vokasi Indonesia yang lebih baik.

Ketua Dewan Redaksi,



Dwi Ely Kurniawan, M.Kom

Susunan Tim Editorial dan Reviewer
Journal of Applied Informatic and Computing (JAIC)

Editor in Chief

Dwi Ely Kurniawan (Scopus ID: 57200983756) Politeknik Negeri Batam

Managing Editor

Ahmad Hamim Thohari (Scopus ID: 57191842821) Politeknik Negeri Batam

Nelmiawati (Scopus ID: 56516863600) Politeknik Negeri Batam

Editorial Board

Arta M. Sundjaja (Scopus ID: 55858212100) Bina Nusantara University

Uuf Brajawidagda (Scopus ID: 55633386200) Politeknik Negeri Batam

Metta Santiputri (Scopus ID: 57021713600) Politeknik Negeri Batam

Afdhol Dzikri (Scopus ID: 57205614632) Politeknik Negeri Batam

Nur Zahrati Janah (Scopus ID: 35728528800) Politeknik Negeri Batam

Mufadhol Mufadhol (Scopus ID: 57194073576) STEKOM Semarang

Peer Reviewer

Budi Prasetyo (Scopus ID: 56997557000) Universitas Negeri Semarang

Heliza Rahmania Hatta (Scopus ID: 56596337500) Universitas Mulawarman

Hendri Ahmadian (Sinta ID: 6003098) Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh

Herman Yuliansyah (Sinta ID: 23024) Universitas Ahmad Dahlan

Hilda Widyastuti (Sinta ID: 5982697) Politeknik Negeri Batam

Indra Hardian Mulyadi (Scopus ID: 35085254900) Politeknik Negeri Batam

Leon Andretti Abdillah (Scopus ID: 57200984011) Universitas Bina Darma

Memem Akbar (Scopus ID: 57189234705) Politeknik Caltex Riau

Nur Widiyasono (Sinta ID: 5975869) Universitas Siliwangi

Mira Chandra Kirana (Scopus ID: 56028297100) Politeknik Negeri Batam

Mochamad Mobed Bachtiar (Scopus ID: 6504452433) Politeknik Elektronika Negeri Surabaya

Sri Karnila (Sinta ID: 5981747) Informatics and Business Institute Darmajaya, Bandar Lampung

Mufadhol Mufadhol (Scopus ID: 57194073576) STEKOM Semarang

Zainal Arifin (Scopus ID: 57209018984) Universitas Mulawarman

Arjon Turnip (Scopus ID: 57202353784) Indonesian Institute of Sciences (LIPI), Indonesia

Evaliata Br. Sembiring (Scopus ID: 57209456177) Politeknik Negeri Batam

Dahlan Abdullah (Scopus ID: 57205132023) Universitas Malikussaleh, Aceh

Robbi Rahim (Scopus ID: 57202895920) Sekolah Tinggi Ilmu Manajemen Sukma, Medan

Editorial Office

Arta Uly Siahaan (Sinta ID: 6081763) Politeknik Negeri Batam

Supardianto (Sinta ID: 6662554) Politeknik Negeri Batam

DAFTAR ISI

Judul	Hal
<i>MultiClass Decision Forest Machine Learning Artificial Intelligence</i> Bambang Siswoyo	1-7
<i>Feature Extraction of Tobacco Leaf Based on Discrete Cosine Transform (DCT)</i> Rosida Vivin Nahari, Arda Surya Editya, Riza Alfita	8-12
<i>Application of Elephant Herding Optimization (EHO) Algorithm on Hybrid Flowshop Scheduling (HFS) Problems</i> Ahmad Kamsyakawuni, Khurnia Palupi, Agustina Pradjaningsih	13-16
<i>Analisis Tingkat Kepuasan Pengguna Sistem Informasi Kerja Praktek dan Skripsi (SKKP) Menggunakan Metode End User Computing Satisfaction (EUCS)</i> Nanny Raras Setyoningrum	17-21
<i>Sistem Informasi Peminjaman Laboratorium pada Cross-Platform dengan Metode Prototyping (Studi Kasus: Politeknik Caltex Riau)</i> Leony Veronica Wijaya, Shumaya Resty Ramadhani	22-27
<i>Penentuan Tes Kepribadian Calon Mahasiswa Berdasarkan Sidik Jari Menggunakan Minutie dan Support Vector Machine</i> Lukman Hakim	28-32
<i>Aplikasi Edukasi Kuis Matematika Untuk Tingkat Sekolah Menengah Pertama Berbasis Android</i> Yulia Yulia, Very Karnadi	33-37
<i>Sistem Informasi Absensi Berbasis Website Menggunakan API WhatsApp dengan Metodologi Incremental (Studi Kasus: SMP Negeri 29 Pekanbaru)</i> Sندی Aprilia	38-44
<i>Klasifikasi Citra Menggunakan Convolutional Neural Network dan K Fold Cross Validation</i> Ari Peryanto, Anton Yudhana, Rusydi Umar	45-51
<i>Pengujian Heuristic Pada Antarmuka Marketplace Desa Wisata (Studi Kasus: Guidehub.Id)</i> Eli Pujastuti, Agus Fatkhurohman	52-58
<i>Analytic Training Game to Increase Inductive Thinking for Junior High School Students using Speech Recognition</i> Heri Sasmita, Wenda Novayani	59-65

- Implementation of Cyber-Physical-Social System Based on Service Oriented Architecture in Smart Tourism Case Study: Bandung Natural Tourism*** 66-73
Ilham Firman Ashari
- Penerapan UCD (User Centered Design) Pada Perancangan Sistem Informasi Manajemen Aset TI Berbasis Web di Bid TIK Kepolisian Daerah Kepulauan Riau*** 74-83
Supardianto Supardianto, Arief Binsar Tampubolon
- Perbandingan Kinerja Algoritma untuk Prediksi Penyakit Jantung dengan Teknik Data Mining*** 84-88
D Derisma
- Decision Support Systems for Strategic Shop House using the Analytical Hierarchy Process (AHP) Method*** 89-94
Fitra Ramadhan, Maksum Ro'is Adin Saf



Penerbit : Politeknik Negeri Batam
Alamat : Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politeknik Negeri Batam,
Jalan Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461 Tlp (0778) 469856-469860 ext:1041
Fax (0778) 463620
Webiste : <https://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JAIC>
Email : pusat-p2m@polibatam.ac.id dan jaic.polibatam@gmail.com

Journal of Applied Informatics and Computing (JAIC) diterbitkan sejak Juli 2017 oleh Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politeknik Negeri Batam

Penerapan Algoritma *Elephant Herding Optimization* (EHO) pada Masalah *Hybrid Flowshop Scheduling* (HFS)

Ahmad Kamsyakawuni^{1*}, Khurnia Palupi^{2*}, Agustina Pradjaningsih^{3*}

*Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Jember

kamsyakawuni.fmipa@unej.ac.id¹, khurniapalupi@gmail.com², agustina.fmipa@unej.ac.id³

Article Info

Article history:

Received 2020-01-04

Revised 2020-02-03

Accepted 2020-02-04

Keyword:

Elephant Herding Optimization (EHO), *Hybrid Flowshop Scheduling* (HFS), *Makespan*.

ABSTRACT

The industry is the driving force for the economy in Indonesia. One of the problems faced by industrial companies in the production process is determining the production schedule. The production schedule that is not according to the specified target can cause losses to the company. Scheduling is the allocation of resources to carry out a set of work at a specified time. The problem solved in this article is hybrid flowshop scheduling (HFS); companies in bread making will be using it. A solution to solve the HFS problem using elephant herding optimization (EHO) algorithm. For the company to complete the production process by minimizing makespan, effective scheduling is needed, taking into account the number of parallel machines. This article experimented with nine (9) jobs and seven (7) stages of the production process. The results of this article makespan 11.270 seconds using the MATLAB software. EHO algorithm program on HFS problem can minimize time for 36 minutes 39 seconds.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

I. PENDAHULUAN

Industri menjadi salah satu motor penggerak perekonomian di Indonesia [1]. Salah satu masalah yang dihadapi oleh perusahaan industri dalam proses produksi adalah menentukan jadwal produksi. Jadwal produksi yang tidak sesuai dengan target yang ditentukan dapat menyebabkan kerugian pada perusahaan. Penjadwalan dalam produksi penting dilakukan agar memaksimalkan produksi dan menghindarkan perusahaan dari proses produksi yang tidak sesuai target. Penjadwalan adalah kegiatan pengalokasian sumber daya atau mesin yang ada untuk menjalankan sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu. Dalam proses produksi terdapat tiga elemen penjadwalan yaitu *job*, operasi dan mesin [2].

Hybrid flowshop scheduling (HFS) merupakan penjadwalan proses produksi paralel yang memiliki mesin identik dengan urutan proses produksi searah [3]. HFS terdiri atas n *job* ($J\{1, 2, \dots, n\}$) diproses pada k -*stage*. Terdapat m_i mesin yang identik pada *stage* i . *Job* j harus diproses secara serentak pada $size_{ij}$ mesin paralel yang identik pada *stage* i selama t_{ij} satuan waktu. Tujuannya adalah mencari urutan penjadwalan yang meminimumkan *makespan* (C_{max}), dimana t_{ij} adalah waktu proses *job* j pada *stage* i dan $size_{ij}$

banyaknya mesin yang dibutuhkan untuk memproses *job* j pada *stage* i [4].

Agar perusahaan dapat menyelesaikan proses produksi sesuai target dengan meminimumkan *makespan*, diperlukan solusi dengan penjadwalan yang efektif. Solusi permasalahan HFS dapat dicari dengan menggunakan metode metaheuristik. Metode metaheuristik bersifat general, tidak bergantung pada jenis permasalahan sehingga dapat diterapkan berbagai macam permasalahan [5]. Metode metaheuristik dapat memberikan kemungkinan solusi yang mendekati solusi optimal [6]. Salah satu algoritma yang dapat menyelesaikan masalah optimasi adalah algoritma *elephant herding optimization* (EHO) yang terinspirasi dari perilaku menggiring kelompok gajah. Algoritma EHO dibandingkan dengan algoritma lain, yaitu *biogeography-based optimization* (BBO), *differential evolution* (DE) dan *genetic algorithm* (GA) pada masalah optimasi fungsi. Berdasarkan hasil perbandingan solusi yang didapat dengan algoritma EHO mendekati optimal dibandingkan ketiga algoritma ini [7].

Pratiwi (2019) telah menyelesaikan HFS pada perusahaan *spring bed* dengan algoritma *migrating birds optimization* (MBO). Hasil penelitian didapat algoritma MBO efektif dalam menyelesaikan HFS karena *makespan* yang dihasilkan lebih optimal dari *makespan* perusahaan [8].

Regita (2019) telah berhasil meneliti masalah *multiple constraints knapsack* 0-1 yang diselesaikan dengan menggunakan algoritma EHO. Hasil penelitian didapat algoritma EHO efektif mendapatkan keuntungan lebih optimal dari metode simpleks [9]. Berkaitan dengan hal tersebut, artikel ini menggunakan algoritma EHO pada permasalahan optimasi lain. Sehingga akan membahas lebih lanjut penerapan algoritma EHO pada masalah HFS. Artikel ini bertujuan mendapatkan solusi penjadwalan *job* dengan *makespan* minimum sekaligus pembuatan program menggunakan *software* MATLAB. Hasil *makespan* menggunakan algoritma EHO akan dibandingkan dengan *makespan* awal penjadwalan perusahaan. Manfaatnya memberikan alternatif penyelesaian penjadwalan dengan meminimasi *makespan*.

Evaluasi performansi algoritma diujikan pada *benchmark problems*. Belum adanya informasi mengenai solusi optimal pada *benchmark problems* atau pada data primer diakomodasi dengan penggunaan *lower bound* (LB), yaitu batas bawah (nilai minimum). Kriteria yang umum digunakan pada masalah HFS adalah *makespan*. Nilai *Lower Bound* dapat dihitung menggunakan persamaan (1)

$$LB = \max_{i \in M} \left\{ \min_{j \in J} \left\{ \sum_{l=1}^{i-1} t_{lj} \right\} + \max \left\{ \left(\left[\frac{1}{m_i} \sum_{j \in J} t_{ij} \cdot size_{ij} \right] \right), \left(\sum_{j \in A_i} t_{ij} + \left[\frac{1}{m_i} \sum_{j \in B_i} t_{ij} \cdot size_{ij} \right] \right) \right\} + \min_{j \in J} \left\{ \sum_{l=i+1}^k t_{lj} \right\} \right\} \quad (1)$$

dimana,

$$A_i = \left\{ j \mid size_{ij} > \frac{m_i}{2} \right\}, \quad B_i = \left\{ j \mid size_{ij} = \frac{m_i}{2} \right\} [10]$$

Perbandingan antara *makespan* dan *lower bound* dilakukan dengan menghitung persentase deviasi atau *Percentage Deviation Algorithm* (PDA). Perhitungan persentase deviasi adalah sebagai berikut

$$PDA(l) = 100 \% \times \frac{c_{\max}(l) - LB}{LB} \quad (2)$$

Tahap pemecahan masalah optimasi dengan menggunakan algoritma EHO sebagai berikut:

1) *Clan Updating Operator*

Posisi baru setiap gajah dalam kelompok c_i dipengaruhi oleh posisi *matriarch* c_i . Posisi gajah j dalam masalah HFS sebagai urutan *job* diperbarui berdasarkan persamaan 3.

$$x_{new,c_i,j} = x_{c_i,j} + \alpha (x_{best,c_i} - x_{c_i,j}) r \quad (3)$$

dengan,

- $x_{new,c_i,j}$: posisi baru untuk gajah j di kelompok c_i
- $x_{c_i,j}$: posisi lama untuk gajah j di kelompok c_i
- α : faktor skala yang menentukan *matriarch* c_i
- x_{best,c_i} : gajah terbaik di kelompok c_i (*matriarch* c_i)
- r : bilangan random pada interval [0,1]

Matriarch sebagai urutan *job* yang menghasilkan *makespan* terkecil memperbarui posisinya dengan persamaan (2.4).

$$x_{new,c_i,j} = \beta x_{center,c_i} \quad (4)$$

dengan,

- β : faktor yang menentukan pengaruh x_{center,c_i}
- x_{center,c_i} : pusat kelompok dihitung berdasarkan persamaan (5)

$$x_{center,c_i} = \frac{1}{n_{c_i}} \sum_{j=1}^{n_{c_i}} x_{c_i,j} \quad (5)$$

dengan,

- x_{center,c_i} : pusat kelompok c_i
- n_{c_i} : jumlah gajah dalam kelompok c_i
- $x_{c_i,j}$: posisi gajah j di kelompok c_i

2) *Separating Operator*

Gajah jantan akan meninggalkan kelompoknya dan hidup sendiri ketika dewasa. Proses memisahkan diri dapat dimodelkan dalam *separating operator*. *Fitness* adalah kemampuan yang dimiliki setiap gajah. Pada permasalahan ini *makespan* digunakan sebagai tolak ukur kemampuan yang dimiliki setiap gajah. Gajah dengan *fitness* terkecil dengan kata lain posisi gajah yang menghasilkan *makespan* terbesar menerapkan *separating operator* yang ditunjukkan dalam persamaan (6).

$$x_{worst,c_i} = x_{min} + (x_{max} - x_{min} + 1) rand \quad (6)$$

dengan,

- x_{max} : batas atas dari posisi individu gajah
- x_{min} : batas bawah dari posisi individu gajah
- x_{worst,c_i} : individu gajah terburuk kelompok
- $rand$: bilangan random dalam interval [0,1]

II. METODE PENELITIAN

A. *Data Penelitian*

Data yang digunakan dalam artikel ini berupa data *job*, data waktu proses produksi, data mesin dan tahapan produksi pada perusahaan yang bergerak dibidang pembuatan roti. Artikel ini melakukan percobaan menggunakan 9 *job* dan 7 tahap proses produksi (*stage*). Uji parameter dengan nilai yang digunakan n_{Clan} dan n_{c_i} adalah 10, 15, 20. Uji parameter dengan nilai yang digunakan α dan β adalah 0,01; 0,5; 0,9. Setiap kombinasi parameter menggunakan 10 kali percobaan dengan maksimum iterasi 500.

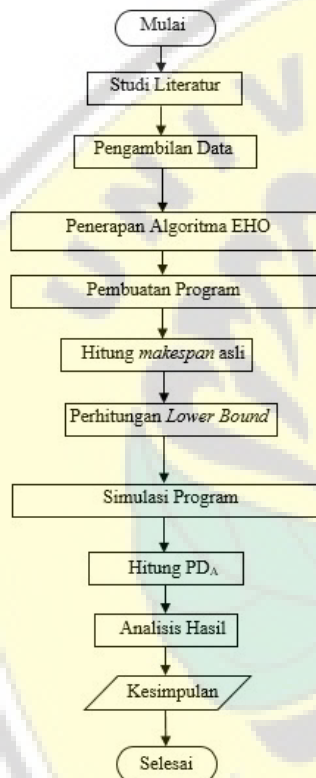
B. *Skema Langkah Penelitian*

Langkah-langkah yang dilakukan adalah

- 1) *Mengumpulkan dan mempelajari literatur yang berkaitan dengan algoritma EHO dan masalah HFS*
- 2) *Pengambilan Data*: Data yang digunakan berupa data *job*, data waktu proses produksi, data mesin, dan tahapan produksi. Data yang digunakan sembilan *job* tujuh *stage*.
- 3) *Penerapan algoritma EHO*
- 4) *Pengecekan kriteria pemberhentian dan memilih solusi*: Jika iterasi telah mencapai iterasi maksimal, maka proses dihentikan dan solusi terbaik didapat.

- 5) *Pembuatan Program*: Pembuatan program penerapan algoritma EHO pada masalah HFS dilakukan menggunakan *software* MATLAB.
- 6) *Simulasi Program*: Melakukan simulasi pada program yang telah dibuat.
- 7) *Analisis Hasil*: Hasil penjadwalan akan dibandingkan dengan *lower bound*, untuk mengetahui nilai PDA menggunakan persamaan (2). Semakin kecil nilai PDA maka semakin optimal atau lebih efektif penjadwalan pada algoritma tersebut. Hasil penjadwalan program nantinya akan dibandingkan dengan hasil *makespan* awal penjadwalan perusahaan.
- 8) *Kesimpulan*: Membuat kesimpulan dari hasil yang telah diperoleh.

Gambar 1 merupakan skema langkah penelitian.



Gambar 1. Skema langkah penelitian

C. Penerapan Algoritma EHO pada Masalah HFS

Langkah – langkah penerapan algoritma EHO pada masalah HFS dengan data yang telah diidentifikasi adalah sebagai berikut:

- 1) *Inisialisasi populasi awal*: Inisialisasi populasi awal dilakukan dengan cara membangkitkan secara acak (X) pada selang $[-4, 4]$, tahap selanjutnya (X) diurutkan dari nilai terkecil didapat (Y) sebagai posisi awal berupa urutan *job* dan menghitung total waktu produksi (*makespan*) masing-masing *job*.

- 2) *Menyimpan Matriarch*: Menentukan *matriarch* yaitu solusi awal dengan nilai *makespan* terkecil dalam setiap kelompok.
- 3) *Clan Updating Operator*: Pada solusi awal akan dilakukan *clan updating operator* dengan setiap posisi (X) diperbarui menggunakan persamaan (3) dan posisi *matriarch* menggunakan persamaan (4). Solusi baru tersebut akan dihitung nilai *makespan*.
- 4) *Separating Operator*: Posisi (X) dengan *makespan* terbesar dalam setiap kelompok akan menerapkan *separating operator* menggunakan persamaan (6). Didapat posisi baru dan menghitung nilai *makespan*.
- 5) *Updating Matriach*: Jika *matriarch* baru memiliki *makespan* lebih kecil dari *matriarch* lama maka akan menggantikan *matriarch* lama. Jika tidak, maka *matriarch* lama dipertahankan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan HFS dilakukan dengan bantuan *software* MATLAB. Setelah dilakukan pengujian parameter (Tabel I), dapat diketahui beberapa parameter yang perlu diperhatikan untuk mencari solusi optimal. Simulasi akhir dengan nilai parameter yang digunakan $nClan = 125$; $nCi = 15$; $\alpha = 0,9$; $\beta = 0,9$ dengan menggunakan dua iterasi maksimal yaitu, 500 dan 1000. Hasil dari simulasi program dapat dilihat pada Tabel II dan Tabel III.

TABEL I
UJI PARAMETER 9 JOB DAN & STAGE ITERASI MAKSIMUM 500

No.	Nilai Parameter				Rata-rata Makespan	Rata-rata Iterasi	Rata-rata Waktu Komputasi
	$nClan$	nc_i	α	β			
1	10	10	0,5	0,5	11.350,7	145,8	147,91105
2	15	10	0,5	0,5	11.334,4	156,3	189,21
3	20	10	0,5	0,5	11.321,3	152,8	266,92539
4	20	15	0,5	0,5	11.279	163,5	335,4813
5	20	20	0,5	0,5	11.274,7	253,9	485,70427
6	15	15	0,01	0,01	11.417	260,5	316,67408
7	15	15	0,5	0,5	11.315	193,7	288,72076
8	15	15	0,01	0,9	11.329,7	248,1	299,3128
9	15	15	0,5	0,9	11.325,7	211	263,1874
10	15	15	0,9	0,9	11.330	165	293,6641

TABEL II
SIMULASI AKHIR ITERASI MAKSIMUM 500

No.	Makespan	Waktu komputasi	PDA	Iter	Urutan job
1	11270	2229,7492	35,1319	32	8-4-1-2-6-3-9-5-7
2	11270	2165,4557	35,1319	39	8-4-1-2-6-3-9-5-7
3	11270	2160,6316	35,1319	16	8-4-1-2-6-3-9-5-7
4	11270	2560,8959	35,1319	19	8-4-1-2-6-3-9-5-7
5	11270	3367,9719	35,1319	3	8-4-1-2-6-3-9-5-7
6	11270	2954,2226	35,1319	28	8-4-1-2-6-3-9-5-7

7	11270	2262,8068	35,1319	23	8-4-1-2-6-3-9-5-7
8	11270	2168,0995	35,1319	37	8-4-1-2-6-3-9-5-7
9	11270	2168,5286	35,1319	7	8-4-1-2-6-3-9-5-7
10	11270	2176,3957	35,1319	335	8-4-1-2-6-3-9-5-7
Rata-rata		2421,476	35,1319	54	

TABEL III
SIMULASI AKHIR ITERASI MAKSIMUM 1000

No.	Makespan	Waktu komputasi	PDA	Iter	Urutan job
1	11270	4594,7852	35,1319	379	8-4-1-2-6-3-9-5-7
2	11270	4593,4616	36,1319	540	8-4-1-2-6-3-9-5-7
3	11270	4559,72	35,1319	35	8-4-1-2-6-3-9-5-7
4	11270	4589,0976	35,1319	321	8-4-1-2-6-3-9-5-7
5	11270	4398,6221	35,1319	77	8-4-1-2-6-3-9-5-7
6	11270	4603,6599	35,1319	246	8-4-1-2-6-3-9-5-7
7	11270	4583,9461	35,1319	95	8-4-1-2-6-3-9-5-7
8	11270	4495,5496	35,1319	285	8-4-1-2-6-3-9-5-7
9	11270	4723,8971	35,1319	64	8-4-1-2-6-3-9-5-7
10	11270	4625,2816	35,1319	9	8-4-1-2-6-3-9-5-7
Rata-rata		4576,802	35,1319	206	

Berdasarkan uji parameter dapat dilihat pada Tabel I, hasil yang diperoleh bahwa parameter mempengaruhi pencapaian solusi optimal. Parameter $nClan$ dan nc_i semakin besar maka solusi yang dibangkitkan semakin banyak sehingga kandidat solusi baru yang muncul lebih banyak. Dengan demikian kemungkinan didapatkan solusi optimal lebih tinggi. Semakin besar nilai parameter α dan β yang diberikan tidak menjamin dapat lebih baik dalam pencarian solusi. Hal ini karena hasil perhitungan parameter α dan β menentukan urutan job yang mempengaruhi $makespan$. Iterasi maksimal tidak begitu mempengaruhi hasil yang didapat jika populasi yang dibangkitkan cukup besar, semakin banyak iterasi maka waktu penyelesaian program semakin lama. Hasil penelitian parameter mempengaruhi $makespan$ yang dihasilkan dari urutan job . Jumlah populasi yang dibangkitkan sangat mempengaruhi hasil yang didapat. Setelah dilakukan uji simulasi akhir pada program hasil $makespan$ terbaik dapat dilihat pada Tabel II dan Tabel III. Penjadwalan HFS dengan 9 job 7 $stage$ menghasilkan solusi

optimal yaitu 11.270 detik dengan rata-rata konvergen terbaik 54; rata-rata waktu komputasi terbaik 2421,476 detik; dan PDA sebesar 35,1319%. Waktu optimal perusahaan memproduksi roti selama 3 jam 7 menit 50 detik dengan urutan job 8-4-1-2-6-3-9-5-7. $Makespan$ sesuai urutan awal perusahaan yaitu 13.469 detik artinya perusahaan produksi roti selama 3 jam 44 menit 29 detik dengan urutan job 1-2-3-4-5-6-7-8-9 dan PDA 61,4988%. Pengerjaan masalah HFS dengan menggunakan program algoritma EHO dapat meminimalisir waktu selama 36 menit 39 detik. Sehingga algoritma EHO efektif menyelesaikan masalah HFS karena $makespan$ yang dihasilkan program lebih optimal dari $makespan$ awal perusahaan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan EHO efektif dalam menyelesaikan masalah HFS karena hasil yang diperoleh mendekati nilai optimal dilihat berdasarkan hasil 10 kali percobaan dengan nilai PDA 35,1319% dan menghasilkan $makespan$ yaitu 11.270 detik. Parameter yaitu, kelompok gajah ($nClan$) = 125, jumlah gajah dalam kelompok (nc_i) = 15; α = 0,9; β = 0,9; dan maksimum iterasi menggunakan dua iterasi maksimal yaitu, 500 dan 1000.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Latief, M. N. 2018. Indonesia Bangun Manufaktur sebagai Penggerak Perekonomian. Anadolu Agency. <https://www.aa.com.tr/id/ekonomi/indonesia-bangun-manufaktur-sebagai-penggerak-perekonomian/1048439> [Diakses pada 2 Mei 2019].
- [2] Ginting, R. 2009. *Penjadwalan Mesin*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [3] Engin Orhan dan Engin Batuhan. 2017. Hybrid flowshop with multiprocessor task scheduling based on earliness and tardiness penalties. *Journal of Enterprise Information Management*
- [4] Ogus, C. dan M. F. Ercan. 2005. A Genetic Algorithm for Hybrid Flowshop Scheduling with Multiprocessor Tasks. *Journal of Scheduling*. 8(4): 323-351.
- [5] Blum, C. dan A. Roli. 2003. Metaheuristics in Combinatorial Optimization. *ACM Computing Surveys*. 35(3): 268-308.
- [6] Hillier, F. S. dan G. J. Lieberman. 2010. *Introduction to Operations Research: Ninth edition*. Stanford University.
- [7] Wang, G., S. Deb, dan L. S. Coelho. 2015. Elephant herding Optimization. *Conference Paper: 2015 3rd International Symposium on Computational and Business Intelligence*. IEEE
- [8] Pratiwi, Y. E. 2019. Penyelesaian Masalah Hybrid Flowshop Scheduling (HFS) dengan Algoritma Migrating Birds Optimization (MBO). *Skripsi*. Jember: Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember.
- [9] Regita, Y. D. 2019. Penerapan Algoritma Elephant Herding Optimization (EHO) pada Permasalahan Multiple Constraints Knapsack 0-1. *Skripsi*. Jember: Jurusan Matematika FMIPA Universitas Jember.
- [10] Komaki, G. M., Teymourian Ehsan dan Kayvanfar Vafid. 2015. Minimising makespan in the two-stage assembly hybrid flowshop scheduling problem using artificial immune systems. *International Journal of Production Research*