



PAPER – OPEN ACCESS

Penjadwalan Produksi Menggunakan Algoritma Bee Colony Optimization

Author : Christopher W dan Rosnani Ginting
DOI : 10.32734/ee.v2i3.732
Electronic ISSN : 2654-704X
Print ISSN : 2654-7031

Volume 2 Issue 3 – 2019 TALENTA Conference Series: Energy & 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



Penjadwalan Produksi Menggunakan Algoritma *Bee Colony Optimization*

Christopher W¹, Rosnani Ginting²

¹Jl. Kuantan, Medan Kota, Kota Medan 20214, Indonesia

²Kampus USU, Jl. Almamater, Padang Bulan, Kota Medan 20155, Indonesia

C.wibowo5@gmail.com, rosnani_usu@yahoo.co.id

Abstrak

PT. XYZ adalah perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur yang memproduksi Pipa PVC. Produksi dilakukan berdasarkan stok (Make to Stock). Penjadwalan produksi yang diterapkan pada perusahaan sesuai dengan urutan job pada pesanan. Job yang datang pertama harus diselesaikan terlebih dahulu dari job lain (yang memiliki batas waktu pengerjaan yang sama). Hal ini memberikan dampak terhadap keterlambatan pengiriman produk ke tangan konsumen. Keterlambatan pengiriman produk dapat dihindarkan melalui penjadwalan produksi di perusahaan guna meminimalkan waktu penyelesaian produk (makespan). Algoritma heuristik yang digunakan dalam penelitian ini adalah Algoritma Bee colony Optimization. Algoritma Bee colony optimization termasuk dalam algoritma heuristik karena menggunakan pemecahan masalah yang lebih kompleks. Parameter yang digunakan adalah lebah yang digunakan sebanyak 4 lebah, panjang list sebanyak 2, iterasi sebanyak 4 kali. Waktu Penyelesaian produk (makespan) dengan menggunakan Algoritma Bee colony Optimization adalah 2081 menit.

Kata Kunci: Penjadwalan produksi; *Makespan*; Algoritma Heuristik, *Bee Colony Optimization*,

Abstract

PT. XYZ is a company engaged in manufacturing that produces PVC pipes. Production is carried out based on stock (Make to Stock). Production scheduling that is applied to the company according to the order of jobs on the order. The first coming job must be completed first from another job (which has the same working time limit). This has an impact on the delay in shipping products to consumers. Delays in product delivery can be avoided through production scheduling in the company to minimize product completion time (makespan). The heuristic algorithm used in this study is the Bee colony Optimization Algorithm. The Bee colony optimization algorithm is included in the heuristic algorithm because it uses more complex problem solving. The parameters used are bees that are used as many as 4 bees, the length of the list is 2, iterates 4 times. Time Completion of the product (makespan) using the Bee colony Optimization algorithm is 2081 minutes.

Keyword: Production Scheduling, Makespan, Heuristic Algorithm, Bee Colony Optimization

1. Latar Belakang

Adanya kompetisi pasar global yang semakin kuat telah menimbulkan tantangan dalam perusahaan manufaktur untuk beroperasi dengan biaya produksi yang rendah, serta *life cycle* yang pendek. Semua manajemen perusahaan pasti menginginkan pekerjaannya dapat terlaksanakan secara efektif dan efisien agar tujuannya tercapai.

Penjadwalan merupakan kegiatan mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk menyelesaikan sejumlah pekerjaan. Keterbatasan sumber daya yang dimiliki menimbulkan proses penjadwalan sehingga diperlukan adanya pengaturan sumber-sumber daya tersebut secara efisien. Unit-unit produksi (data sources) dapat dimanfaatkan secara optimum dengan dilakukan pengurutan pekerjaan ini. Berbagai model penjadwalan telah dikembangkan untuk mengatasi persoalan penjadwalan tersebut (Rosnani, 2016).

Penjadwalan Flowshop adalah suatu unit-unit yang bergerak secara terus menerus melalui suatu rangkaian stasiun-stasiun kerja yang disusun berdasarkan produk. Sumber daya yang dialokasikan pada pejadwalan flowshop akan dilewati oleh setiap job secara berurutan. Setiap job memiliki urutan tahap atau rute pengerjaan yang sama. Kriteria yang digunakan memengaruhi ukuran performansi penjadwalan, antara lain: total waktu untuk penyelesaian semua job minimum (makespan), rata-rata keterlambatan yang minimum (mean tardiness), rata-rata waktu penyelesaian setiap job yang minimum (mean flow time), dan sebagainya. Penentuan jadwal yang memenuhi seluruh kriteria yang ada sangat sulit untuk dilakukan. Oleh karena itu, minimasi makespan dapat mewakili seluruh kriteria yang ada.

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak di industri Pipa PVC. Produk yang dihasilkan perusahaan ini adalah pipa dengan berbagai macam ukuran yaitu $\frac{3}{4}$ inchi sampai dengan 8 inchi. Oleh karena itu, unsur ketepatan waktu (*Timeliness of Delivery*) sangat berpengaruh dalam menjaga konsumennya.

Pada PT. XYZ masih dapat ditemukan penjadwalan yang kurang optimum dapat dilihat dari banyaknya keterlambatan yang diperoleh dari pada periode tersebut

Model penjadwalan yang akan dianalisis adalah algoritma *Bee colony optimization* dengan kriteria minimasi makespan. Penelitian sebelumnya dengan menggunakan metode algoritma *Bee colony Optimization* diperoleh bahwa metode tersebut dapat mencari alternatif untuk meminimumkan makespan. Urutan dan waktu proses yang berbeda, tetapi melalui jenis mesin yang sama akan mengakibatkan terjadinya waktu menganggur pada sebuah mesin dan terjadi penumpukan job pada mesin yang lain. Diperlukan adanya penjadwalan produksi yang tepat untuk menghindari hal semacam ini.

Data Keterlambatan diatas menunjukkan adanya keterlambatan order yang terjadi sebanyak 9 kali dalam satu tahun,. Diperlukan adanya metode penjadwalan produksi yang tepat untuk menghindari hal semacam ini. Dengan adanya metode penjadwalan produksi yang tepat, diharapkan total waktu penyelesaian keseluruhan produk (makespan) menjadi lebih singkat. Berdasarkan masalah yang telah diuraikan, model alternatif model yang akan dianalisis adalah model penjadwalan Algoritma *Bee colony Optimization*.

Data pada jurnal ini diperoleh dari tugas sarjana Maylandari Panjaitan dengan judul *Penjadwalan Produksi pada PT. XYZ*

Pada PT. XYZ memiliki jumlah pesananan sebanyak 18 jenis order pada bulan juni dengan jumlah produksi sebanyak 6145 buah pipa dari $\frac{3}{4}$ inchi sampai 8 inchi , keterlambatan order yang didapatkan sebanyak 9 kali per 18 jenis order dengan rata-rata keterlambatan sebanyak 2 hari .

Permasalahan penjadwalan *job shop* merupakan salah satu masalah penjadwalan yang memiliki kendala urutan pemrosesan tugas, dan setiap tugas harus melalui setiap mesin tepat satu kali. Terdapat dua jenis metode yang biasa digunakan untuk menyelesaikan masalah penjadwalan *job shop*. Metode eksak, seperti pemrograman linier dan pemrograman non-linier, dapat digunakan untuk ukuran permasalahan penjadwalan *job shop* yang kecil. Sedangkan untuk ukuran masalah yang besar, digunakan suatu pendekatan secara *Bee Colony*. Hal ini disebabkan karena untuk ukuran masalah yang besar, kompleksitas nya akan semakin besar.

Algoritma *artificial bee colony* (DABC) diskrit diusulkan untuk menyelesaikan lotstreaming masalah penjadwalan toko aliran dengan kriteria total hukuman keterlambatan baik dalam kasus idling dan no-idling. Berbeda dengan algoritma ABC asli, Algoritma DABC yang diusulkan mewakili sumber makanan sebagai permutasi kerja diskrit dan menerapkan operator terpisah untuk menghasilkan sumber makanan tetangga baru untuk yang dipekerjakan lebah, pengamat dan pengintai. Skema inialisasi yang efisien, yang didasarkan pada yang paling awal tanggal jatuh tempo (EDD), waktu kendur terkecil pada mesin terakhir (LSL) dan keseluruhan terkecil aturan slack time (OSL), disajikan untuk membangun populasi awal dengan kualitas tertentu dan keanekaragaman.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini termasuk kedalam penelitian deskriptif (*Deskriptive Research*) yaitu suatu penelitian yang memaparkan masalah terhadap suatu masalah yang ada sekarang berdasarkan data secara sistematis. (Sukaria Sinulingga, 2016). Pada penelitian ini meliputi proses pengumpulan, penyajian dan pengolahan data serta analisa dan interpretasi.

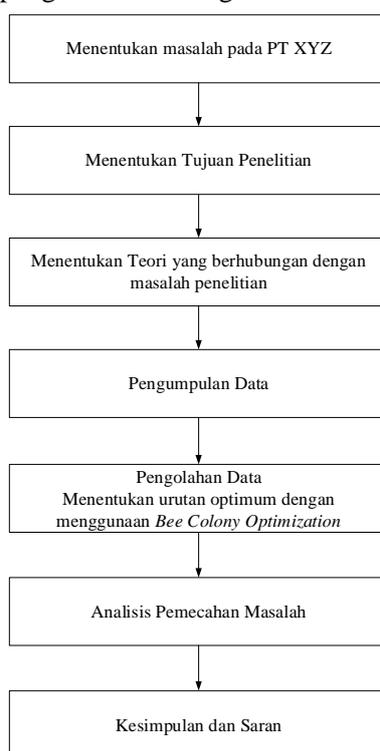
Variabel bebas adalah variabel yang dapat mempengaruhi perubahan dalam variable terikat yang mempunyai hubungan positif maupun negatif terhadap variable terikat. Jenis dari penjadwalan produksi akan sangat bergantung pada hal-hal berikut:

1. Jumlah job yang dijadwalkan terdiri dari 1, 2, 3, sampai n-job.
2. Jumlah Mesin yang digunakan terdiri dari 1, 2, 3, sampai n-job.
3. Ukuran dari pelaksanaan penjadwalan yaitu rata-rata waktu alir dan makespan.
4. Cara job datang, terdiri dari 2 yaitu statis dan dinamis
5. Jenis Aliran Proses yang digunakan sangat mempengaruhi permasalahan yang akan terjadi pada saat tahap penjadwalan produksi.

Kerangka berpikir yang digunakan dalam penelitian ini secara garis besar dapat dibagi dalam beberapa tahapan:

- a. Cari fakta-fakta tentang kinerja model penjadwalan yang ada saat ini.
- b. Lakukan identifikasi dan analisis permasalahan model penjadwalan tersebut.
- c. Rumuskanlah permasalahan tersebut.
- d. Bangkitkan alternatif-alternatif pemecahan masalah.
- e. Rumuskan pemecahan masalah.

Berikut ini merupakan *block diagram* dari pengolahan data algoritma *bee colony optimization* yang digunakan:



Gambar 1. *Block Diagram* Pengolahan Data Algoritma *Bee Colony Optimization*

Tujuan umum penelitian ini adalah memperbaiki dan merancang penjadwalan produksi untuk mendapatkan urutan pengerjaan *job* dengan minimisasi *makespan*

Tujuan khusus pada penelitian ini adalah :

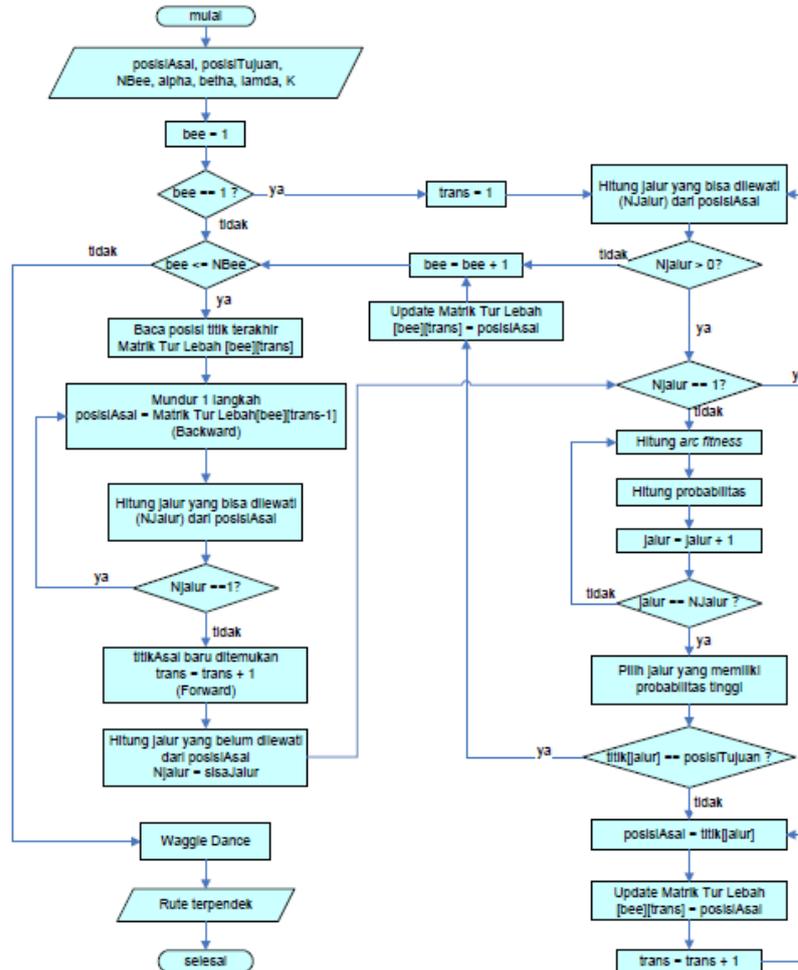
1. Mengukur waktu standar operator dengan menggunakan metode *stopwatch time study*.
2. Menghitung *makespan* berdasarkan *Bee Colony Optimization*.

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) Data Primer: waktu pengerjaan suatu produk oleh unit produksi pada sepanjang lintasan jalur produksi.
- b) Data Sekunder: waktu set up mesin, latar belakang perusahaan, umur mesin, jumlah mesin, kapasitas mesin dan rencana produksi untuk suatu periode tertentu.

Pengukuran waktu secara langsung dilakukan untuk kegiatan pengumpulan data pada sepanjang lintasan produksi untuk produk Pipa PVC 3/4 inchi, 1 inchi, 2 inchi, 3 inchi, 4 inchi dan 8 inchi Penggunaan jam henti (*stopwatch*) sebagai instrumen untuk pengukuran waktu

Proses pengolahan data dapat dilakukan setelah semua data yang diperlukan diperoleh dimana analisis data dilakukan dalam penelitian ini untuk mendapatkan nilai waktu standar yang digunakan dalam pemecahan masalah.



Gambar 2. Flow Chart Bee colony Optimization dalam Pengurutan Job

Tabel 1. Skenario untuk Algoritma Lebah

<i>Bee colony</i>	Jumlah
lebah	4
Panjang list	2

Dianggap $m=1$ dan jumlah node yang diinginkan sebanyak 2 serta rata-rata sisi antara node i dan j adalah 2

Tabel 2. Parameter Pada Algoritma Lebah

Parameter	<i>Bee Colony</i>
Jumlah Lebah	4
Panjang <i>List</i>	2
m	1
Tahap Iterasi	4

3. Hasil dan Pembahasan

Data permintaan produk pada PT. XYZ dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Permintaan Produk

No	Jenis Produk	Jumlah Pesanan (Batang)	Jumlah Pesanan (Kilogram)
1	Pipa PVC SNI DENYA S-12,5 2"	340	1377
2	Pipa PVC SNI DENYA S-12,5 2"	250	1012,5
3	Pipa PVC SNI DENYA S-12,5 2"	200	810
4	Pipa PVC SNI DENYA S-12,5 ¾ "	2000	1480
5	Pipa PVC SNI DENYA S-12,5 1"	510	589,05
6	Pipa PVC SNI DENYA S-12,5 1"	300	346,5
7	Pipa PVC SNI DENYA S-12,5 4"	170	2081,65
8	Pipa PVC SNI DENYA S-12,5 4"	150	1836,75
9	Pipa PVC SNI DENYA S-12,5 4"	150	1836,75
10	Pipa PVC SNI DENYA S-12,5 8"	180	7.465,50
11	Pipa PVC SNI DENYA S-12,5 8"	50	2073,75
12	Pipa PVC SNI DENYA S-12,5 8"	50	2073,75
13	Pipa PVC SNI DENYA S-12,5 3"	615	5101,425
14	Pipa PVC JIS DENYA S-12,5 8"	100	4147,5
15	Pipa PVC JIS DENYA S-12,5 4"	200	2449
16	Pipa PVC SNI DENYA S-12,5 3"	350	2903,25
17	Pipa PVC SNI DENYA S-12,5 3"	100	829,5
18	Pipa PVC SNI DENYA S-12,5 3"	430	3566,85

Data permintaan yang dikumpulkan dalam penelitian ini diambil dari permintaan Pipa PVC pada bulan Juni 2018.

Tahap Perhitungan dengan algoritma bee colony optimization adalah sebagai berikut.

1. Inisiasi solusi awal

Pada awal perhitungan iterasi dimulai, dilakukan input berupa parameter yaitu ukuran jumlah populasi lebah, jumlah lebah pengintai, dan panjang list solusi yang akan dilakukan, serta kriteria berhenti yaitu jumlah iterasi yang dipakai.

2. *foraging*

Forage ini akan diberikan pada lebah yang akan mengunjungi sumber-sumber makanan yang ada. Aturan ini akan dilakukan ketika lebah dihadapkan pada beberapa pilihan *node* yang bisa dikunjungi. Pada persamaan berikut ini adalah fungsi dari waktu proses antar operasi dan *arc fitness* yang ditampilkan pada *edge* yang terhubung, Forage ini akan diberikan pada lebah yang akan mengunjungi sumber-sumber makanan yang ada. Aturan ini akan dilakukan ketika lebah dihadapkan pada beberapa pilihan *node* yang bisa dikunjungi. Pada persamaan berikut ini adalah fungsi dari waktu proses antar operasi dan *arc fitness* yang ditampilkan pada *edge* yang terhubung,

$$P_{ij}(t) = \frac{[\rho_{ij}(t)]^\alpha \cdot \left[\frac{1}{d_{ij}}\right]^\beta}{\sum_{j \in \text{allowed_nodes}} [\rho_{ij}(t)]^\alpha \cdot \left[\frac{1}{d_{ij}}\right]^\beta}$$

Dimana:

p_{ij} = rata-rata sisi antara node i dan node j

D_{ij} = jarak heuristic antara node i dan j

P_{ij} = kemungkinan percabangan dari node i dan j

Lebah – lebah akan diseleksi dengan memilih nilai *makespan* terendah, kemudian dilakukan pengurutan lebah dari nilai *makespan* terendah hingga tertinggi sesuai dengan batas jumlah solusi terbaik (panjang list solusi). Solusi – solusi yang telah didapatkan akan direkam oleh *tabu list*, untuk mencegah terjadinya pengulangan solusi atau mencegah terjadinya *local optimum*.

Tabel 4. Waktu Penyelesaian Tiap Job Pada Tiap Stasiun Kerja

Stasiun	Waktu Penyelesaian (menit)					
	A	B	C	D	E	F
I	80	60	50	50	60	60
II	70	40	40	40	60	50
III	80	50	70	80	70	70
IV	60	40	50	60	90	80

3. *Waggle dance*

Algoritma *bee colony optimization* bekerja berdasarkan jumlah lebah yang dilepas. Untuk lebah ke-1 penelusuran yang dilakukan adalah penelusuran maju (*forward*). Hal ini berbeda dengan lebah berikutnya. Penelusuran dilakukan dengan cara mengetahui posisi akhir dari lebah sebelumnya (bee – 1) kemudian dilakukan penelusuran mundur (*backward*). Setelah menemukan titik yang memiliki pilihan jalur lebih dari 1 dan ada jalur yang belum dilalui oleh lebah-lebah sebelumnya maka titik asal yang baru ditemukan. Titik asal yang baru ini dijadikan posisi awal (posisiAsal) untuk penelusuran maju bagi lebah yang bersangkutan. Pada saat yang bersamaan terjadi proses penyalinan jalur yang telah dilalui oleh lebah sebelumnya (bee - 1). Penyalinan jalur dimulai dari titik asal yang baru sampai ke titik asal bagi lebah sebelumnya (bee - 1) atau posisi asal perjalanan. Penelusuran maju (*forward*) dilakukan hingga kriteria perhentian ditemukan. dilakukan setelah semua lebah selesai melakukan turnya masing-masing. *Waggle dance* dilakukan oleh lebah-lebah yang berhasil menemukan titik tujuan. Bagi lebah-lebah yang tidak menemukan titik tujuan tidak dibenarkan untuk melakukan *waggle dance*. Durasi *waggle dance* yang menunjukkan bahwa rute yang dilalui lebah bersangkutan adalah rute terpendek

Tabel 5. Hasil percobaan Angka

60	100	150	150	240	150	310
130	170	210	250	240	300	310
200	290	340	370	340	410	340
280	340	410	410	460	410	560
360	420	450	450	510	450	620

Tabel 6. Hasil Makespan

	Trial 1		Trial 2		Average
	1	2	1	2	
<i>Bee Colony</i>					
<i>Makespan (min)</i>	2081	2081	2081	2081	2081

Pada eksperimen *bee colony* disimpulkan bahwa, jumlah panjang *list* solusi, dan interaksinya dengan jumlah lebah dan atau jumlah iterasi memberikan efek yang signifikan terhadap keterlambatan yang dihasilkan. Dengan demikian kombinasi yang dipakai untuk algoritma *bee colony* dipilih Jumlah lebah 4 dan tahap iterasi 4, dengan panjang *list* solusi 2.

Dari beberapa tahap iterasi diatas dapat dilihat bahwa *makespan* berada didalam kisaran 2081-2090 menit. Sehingga dapat dilihat bahwa *makespan* minimal pada perusahaan ini adalah berkisar antara 2081-2090 menit. Untuk mendapat hasil *makespan* yang semakin minimal (optimal), penambahan jumlah lebah dalam satu koloninya perlu dilakukan. Hal ini terjadi karena semakin banyak jumlah lebah dalam satu koloninya, maka ruang solusi yang akan didapatkanpun menjadi semakin luas. Namun hal ini memiliki kelemahan yaitu jika jumlah lebah ditingkatkan maka waktu dan tahap iterasinya akan semakin banyak dan memakan waktu pengerjaan yang lebih banyak karena banyaknya lebah yang dikirim untuk membuat pengaturan solusi. Pemilihan alpha dan beta juga sangat berpengaruh dalam penyelesaian permasalahan penjadwalan *job shop* untuk mencari solusi *makespan* terkecil.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di PT. XYZ dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Untuk mendapat hasil *makespan* yang semakin minimal (optimal), penambahan jumlah lebah dalam satu koloninya perlu dilakukan. Hal ini terjadi karena semakin banyak jumlah lebah dalam satu koloninya, maka ruang solusi yang akan didapatkanpun menjadi semakin luas. Namun hal ini memiliki kelemahan yaitu jika jumlah lebah ditingkatkan maka waktu komputasinya pun akan semakin meningkat.
2. Pada awal perhitungan iterasi dimulai, dilakukan input berupa parameter yaitu ukuran jumlah populasi lebah, jumlah lebah pengintai, dan panjang *list* solusi yang akan dilakukan, serta kriteria berhenti yaitu jumlah iterasi yang dipakai.
3. Dari beberapa tahap iterasi dapat dilihat bahwa *makespan* berada didalam kisaran 2081-2090 menit. Sehingga dapat dilihat bahwa *makespan* minimal pada perusahaan ini adalah berkisar antara 2081-2090 menit dengan menggunakan metode algoritma lebah.
4. Pemilihan nilai parameter sangat berpengaruh dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan *flowshop* khususnya dalam menentukan solusi *makespan* yang dihasilkan.

Dari hasil penulisan laporan maka dapat diambil saran yaitu :

1. Perlunya dilakukan penjadwalan di PT. XYZ untuk memenuhi *due date* yang dijanjikan dengan konsumen.
2. Hasil penjadwalan yang optimal dan akurat didapatkan dengan perhitungan waktu proses yang telah menjadi waktu baku bagi setiap produk yang diproduksi pada perusahaan ini.
3. Sebaiknya perusahaan melakukan keseimbangan lintasan pada mesin untuk meningkatkan target produksi setiap bulan.

Referensi

- [1] Ginting, Rosnani. 2011. *Penjadwalan Mesin*.
- [2] Sinulingga, Sukaria. 2016. *Metode Penelitian*.
- [3] Davidovic, et al. 2010. *Bee colony optimization for scheduling*
- [4] Panjaitan, Maylandari. 2018. *Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Algoritma genetika di PT. sinar Utama Nusantara*.
- [5] Quan Ke Pan. 2010. *A discrete Bee Colony Optimization for flowshop Scheduling Problem*
- [6] Safidah,Naufina.2011. *Implementasi Algoritma Bee Colony Untuk Penjadwalan Job Shop*