



## Usulan Penjadwalan Produksi Menggunakan Metode *Algoritma Tabu Search* dan *Ant Colony Optimization* Untuk Meminimasi *Makespan* di PT. Raja Ampat Indotim

Andika Prima Putra<sup>a\*</sup>, Zeny Fatimah Hunusalela<sup>a</sup>, Hermanto<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Departemen Teknik Industri, Universitas Indraprasta PGRI, Jakarta, Indonesia

\*Corresponding Author: [andikaprima@gmail.com](mailto:andikaprima@gmail.com)

### Article Info

#### Article history

Received : 16 Agustus 2022

Revised : 30 Desember 2022

Accepted : 31 Desember 2022

#### Keywords:

Penjadwalan produksi;

*Makespan*;

*Algoritma tabu search*;

*Algoritma ant colony optimization*

### ABSTRACT

Pentingnya penjadwalan produksi untuk mendapatkan waktu penyelesaian pekerjaan yang optimal, yaitu waktu yang dibutuhkan secara wajar oleh pekerja normal untuk menyelesaikan suatu pekerjaan yang dijalankan dalam sistem kerja terbaik. Terdapat suatu permasalahan yang sering terjadi pada PT. Raja Ampat Indotim seperti nilai *makespan* perusahaan terlalu tinggi pada pembuatan mesin parutan kelapa, pelet lokal dan pemipil jagung dengan nilai *makespan* sebesar 757,97 menit. Sehingga menyebabkan terlambatnya target pemesanan produk. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari alternatif penjadwalan terbaik untuk mengurangi *makespan* selama proses produksi, sehingga dalam sehari didapatkan waktu proses yang lebih optimal. Metode yang digunakan *Algoritma Tabu Search* (TS) dan *Algoritma Ant Colony Optimization* (ACO). Hasil penelitian yang didapatkan dari metode yang digunakan yaitu metode *Algoritma Tabu Search* pada *job* 3-1-2 dengan nilai *makespan* sebesar 621,11 menit. Kemudian metode *Algoritma Ant Colony Optimization* didapatkan hasil pada *job* 3-1-2 dengan total *makespan* terendah yaitu 683,27 menit. Dengan demikian perusahaan dapat menggunakan penjadwalan produksi menggunakan metode *Algoritma Tabu Search* guna untuk mengatasi target keterlambatan produk pada penjadwalan produksinya.



9 772656 776004



Open Access license  
CC-BY-NC-SA

DOI: <https://doi.org/10.37721/kalibrasi.v5i2.1022>

## 1. Pendahuluan

Perkembangan zaman modern seperti saat ini persaingan industri semakin ketat bagi sebuah perusahaan manufaktur, salah satunya dalam aspek yang terkait yaitu manajemen manufaktur adalah dibidang penjadwalan produksi yang merupakan tindakan bergerak untuk lebih menguntungkan dalam dunia industri pada saat ini. Kegiatan penjadwalan produksi, dapat menerapkan sistem untuk menentukan waktu yang optimal dengan cara mengurangi nilai *makespan* yang terlalu besar pada penjadwalan produksi. Penjadwalan merupakan masalah pengalokasian mesin ke pekerjaan yang bersaing dari waktu ke waktu selanjutnya tergantung pada batasanya (Suci, 2021).

Menurut Sirait & Ginting (2019) penjadwalan berfungsi sebagai alat pengambilan keputusan, penjadwalan merupakan teori yang berisi prinsip-prinsip dasar, model, teknik, dan kesimpulan logis dalam pengambilan keputusan. Keterlambatan produk dalam perusahaan bisa terjadi karena kurang optimalnya penjadwalan proses produksi yang diterapkan oleh perusahaan sehingga dapat berdampak kepada operator dengan adanya penambahan waktu kerja maupun konsumen yang dapat kecewa dikarenakan produk yang dipesan melewati batas yang ditentukan. Penjadwalan produksi sangat mempengaruhi kinerja bagi perusahaan, jika nilai *makespan* terlalu tinggi dapat menghambat proses produksi juga mengurangi keuntungan pihak perusahaan dikarenakan dapat membatasi order yang diterimanya. Pentingnya penjadwalan produksi karena untuk mendapatkan waktu penyelesaian pekerjaan yang optimal, yaitu waktu yang dibutuhkan secara wajar oleh pekerja normal untuk menyelesaikan suatu pekerjaan yang dijalankan dalam sistem kerja terbaik (Ahmad et al., 2021). PT. Raja Ampat Indotim termasuk kedalam BJ Group yang di kenal sebagai produsen alat atau mesin pertanian, perindustrian, perkebunan, peternakan dan perikanan merupakan perusahaan yang dapat membuat atau merekayasa alat mesin-mesin. Pada saat ini BJ Group sendiri sudah menambah tempat produksi dan pemasaran di beberapa wilayah diantaranya Cileungsi, Bekasi dan Bogor. PT. Raja Ampat Indotim sendiri membuat seluruh permintaan dari material untuk pemesanan produk yang ada disekitar Pulau Jawa.

Terdapat satu permasalahan yang sering terjadi di PT. Raja Ampat Indotim yaitu lambatnya pembuatan produk pada proses pembuatan 3 (tiga) tipe produk mesin yaitu Parutan Kelapa, Pelet Lokal, Pemipil Jagung. Prosesnya menggunakan mesin dan jumlah mesin yang berbeda-beda yang sedang diproduksinya dikarenakan keterlambatan produk dalam perusahaan bisa terjadi karena kurang optimalnya penjadwalan proses produksi. Oleh karena itu untuk menyelesaikan masalah di perusahaan ini, penelitian dilakukan mengusulkan penjadwalan produksi dengan metode Algoritma *Tabu Search* (TS) dan Algoritma *Ant Colony Optimization* (ACO) berguna untuk mendapatkan waktu *makespan* yang optimal di PT. Raja Ampat Indotim. Adapun data terealisasi dari perusahaan pada penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Data produksi

Periode	Tipe	Target	Realisasi	Selisih
September	Parutan Kelapa	14	12	2
	Pelet Lokal	14	13	1
	Pemipil Jagung	13	10	3

Sumber: PT. Raja Ampat Indotim

Tabel 2. Data waktu proses produksi

Job	Mesin/Menit						Total <i>Makespan</i>
	1	2	3	4	5	6	
1	64,12	34,06	41,12	0,00	40,15	30,16	209,61
2	98,32	35,12	60,42	31,21	60,15	0,00	285,22
3	62,16	40,15	35,06	60,34	0,00	65,43	263,14
Total <i>Makespan</i>	224,6	109,33	136,6	91,55	100,3	95,59	757,97

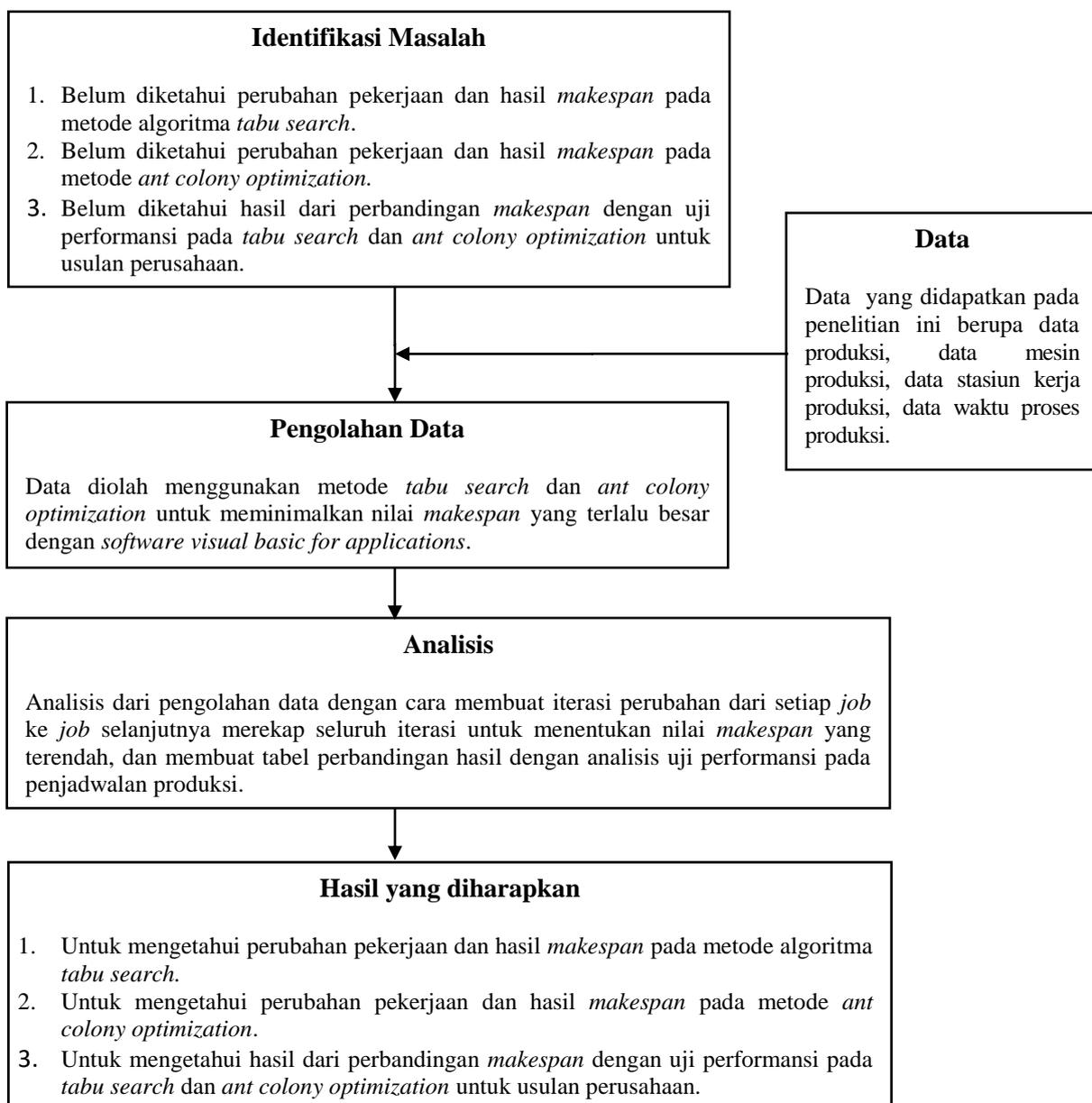
Sumber: PT. Raja Ampat Indotim

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan target perusahaan yang tidak tercapai dengan terealisasinya perusahaan berdasarkan tiga pekerjaan tersebut. PT. Raja Ampat Indotim melakukan penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Algoritma *Tabu search* dan metode Algoritma *Ant Colony Optimization* dengan bantuan *Software Visual Basic for Applications* (VBA). Dengan menggunakan metode tersebut maka dapat mengetahui hasil yang lebih optimal untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan yang belum optimal dengan cara meminimalkan nilai *makespan* yang terlalu besar pada penjadwalan produksi 1 (Panjaitan & Ginting, 2019). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari alternatif penjadwalan terbaik untuk mengurangi *makespan* selama proses produksi, sehingga dalam sehari dapat diharapkan waktu proses dapat digunakan lebih optimal.

## 2. Metodologi

Sumber data yang diperoleh pada penelitian ini adalah data pemesanan pada bulan Oktober 2020 sampai bulan September 2021. Data yang didapat dengan melakukan pengamatan secara langsung ke lapangan seperti mengamati proses produksi serta wawancara kepada pihak karyawan di perusahaan tersebut (Sugiyono, 2017). Data yang diperoleh baik data produksi, data mesin produksi, data stasiun kerja produksi, dan data waktu proses produksi. Sedangkan data sekunder yang diperoleh secara tidak langsung biasanya menggunakan studi kepustakaan. Selain itu, data sekunder antara lainnya berasal dari dokumen-dokumen yang dimiliki oleh suatu perusahaan, ataupun hasil penelitian terdahulu, dan sebagainya.

Teknik analisis data adalah metode dalam memproses data menjadi informasi. Pemecahan masalah perlu menganalisis data agar data tersebut didapatkan hasil. Analisis data juga diperlukan agar kita mendapatkan solusi atas permasalahan penelitian yang sedang dikerjakan. Adapun langkah-langkah dalam menganalisis data dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 2. Kerangka berpikir

## 2.1. Algoritma *Tabu Search*

Menurut Falih (2021) Ide dasar dari *tabu search* adalah memanfaatkan ingatan selama eksplorasi bagian dari solusi masalah, yang terdiri dari perpindahan berulang-ulang dari satu solusi ke solusi tetangga. Tahap pertama pada algoritma *tabu search* yaitu menentukan ukuran daftar *tabu* dan menetapkan solusi awal menjadi solusi terbaik saat ini, kemudian memasukkan solusi awal kedalam daftar *tabu*. Melakukan pengolahan data dengan menggunakan *software visual basic for applications*, jika sudah melakukan iterasi sampai iterasi maksimal maka dapat menghasilkan nilai *makespan* terendah dan memperbarui solusi terbaik dari daftar *tabu*. Berdasarkan literatur yang ada, algoritma *Tabu Search* (TS) terbukti lebih cepat dari pada algoritma yang lain dalam menyelesaikan masalah penjadwalan *job shop* dan *flow shop*. *Tabu Search* merupakan suatu jenis algoritma yang termasuk ke dalam jenis algoritma sub-optimal, jenis algoritma yang memberikan suatu solusi yang mendekati optimal (Iskandar et al., 2018).

## 2.2. Algoritma *Ant Colony Optimization*

Tahap kedua menggunakan algoritma *ant colony optimization* dengan cara melakukan permutasi terhadap *ant* seperti 5 kelompok *ant* dan 3 urutan *job* dengan perubahan *job*, dalam setiap *job* akan diproses oleh mesin tersebut, juga melakukan pengolahan data dengan menggunakan *software visual basic for applications*, setelah *colony* permutasi diolah tahap selanjutnya melakukan pemilihan *makespan* terendah dari *makespan* keseluruhan untuk membandingkan dengan nilai *pheromone* dari perusahaan. Secara alamiah koloni semut mampu menemukan rute terpendek dalam perjalanan dari sarang ke tempat-tempat sumber makanan. Koloni semut mampu menemukan rute terpendek antara sarang dan sumber makanan berdasarkan jejak kaki pada lintasan yang telah dilalui (Risqiyanti et al., 2019).

## 2.3. Uji Performansi Penjadwalan

Pada tahapan ini setelah mendapatkan hasil dari pengolahan menggunakan metode *tabu search* dan metode *ant colony optimization* maka selanjutnya melakukan analisis hasil dari *makespan* terendah menggunakan uji performansi penjadwalan dengan *efficiency index*, *relative error*, dan analisis sensitivitas yang bertujuan untuk membandingkan nilai waktu proses produksi terendah dari setiap metode yang digunakan (Hasana & Maharany, 2017).

## 2.4. Usulan Perbaikan Penjadwalan Produksi

Setelah ditemukannya total *makespan* dari perusahaan yang terlalu tinggi, maka dapat diidentifikasi PT. Raja Ampat Indotim belum optimal dalam proses produksinya. Maka dari itu untuk meminimasi nilai *makespan* pada perusahaan dibutuhkan metode algoritma *tabu search* dan algoritma *ant colony optimization* dikarenakan dapat menganalisis perbaikan nilai *makespan* yang terlalu besar pada proses produksi di perusahaan dengan cara menentukan perbandingan hasil *makespan* terendahnya.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Analisis Data

Pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan data yang sudah didapatkan dari perusahaan dengan cara menghitung menggunakan *Microsoft Excel* dengan bantuan *Software Visual Basic for Applications* (VBA) untuk mengetahui hasil yang lebih efektif dari permasalahan penjadwalan produksi yang belum optimal dengan meminimasi nilai *makespan* yang terlalu besar pada penjadwalan produksi di PT. Raja Ampat Indotim. Dimana aplikasi yang menggunakan VBA disebut *Host application. Macro* atau yang biasa dikenal dengan istilah *Visual Basic for Application* (VBA) merupakan rangkaian perintah-perintah dan fungsi yang tersimpan dalam modul *Microsoft Visual Basic Editor* yang dapat dialankan sewaktu-waktu.

1. Menentukan banyaknya iterasi yang akan dilakukan pada metode Algoritma *Tabu Search* (TS) dengan rumus:

$$\frac{n(n+1)}{2} - 1 = \frac{3 \text{ job}(3 \text{ job} + 1)}{2} - 1 = 5 \text{ Kali Iterasi} \quad (1)$$

Keterangan:  $n$  = Total pekerjaan (*job*)

2. Menentukan ukuran daftar *tabu* solusi dengan rumus:  
 $\text{Tabu Solusi} = \sqrt{3} = 1,73 \quad (2)$
3. Menetapkan solusi awal menjadi solusi terbaik saat ini, serta memasukkan solusi awal ke dalam daftar *tabu*. Solusi Terbaik Awal dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3. Solusi terbaik awal

Daftar <i>Tabu</i>	
Iterasi	0
Urutan <i>Job</i>	1
	2
	3

4. Melakukan pengolahan data dengan menggunakan *software visual basic for applications* (VBA).
5. Memasukan solusi awal ke daftar *tabu*.
6. Melakukan iterasi sampai iterasi max yang menghasilkan nilai *makespan* terkecil dan memperbarui daftar *tabu* hingga iterasi selesai dilakukan. Rekapitulasi iterasi dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi iterasi daftar *tabu*

Rekapitulasi Iterasi Daftar <i>Tabu</i>						
<i>Resume</i>	Iterasi 0	Iterasi 1	Iterasi 2	Iterasi 3	Iterasi 4	Iterasi 5
Solusi	1	3	2	3	1	2
Lokal	2	1	1	2	3	3
Terbaik	3	2	3	1	2	1
<i>Makespan</i>	710,80	621,11	635,19	655,31	674,74	633,23

Sumber: Pengolahan data

7. Berdasarkan iterasi yang telah dilakukan didapatkan solusi terbaik yaitu pada dengan urutan *job* 3-1-2 memiliki nilai *makespan* terendah dengan total 621,11 menit.
8. Solusi terbaik daftar *tabu*. Setelah didapatkan solusi terbaik berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan kemudian dimasukkan kedalam daftar *tabu* yang terdiri dari urutan *job* 3 – *job* 1 – *job* 2 pada iterasi ke-1. Solusi terbaik daftar *tabu* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Solusi terbaik daftar *tabu*

Daftar <i>Tabu</i>	
Iterasi	1
Urutan <i>Job</i>	3
	1
	2

9. Melakukan analisis menggunakan uji performansi penjadwalan menggunakan *Efficiency Index*, *Relative Error*.

- a. *Efficiency Index* (EI), jika lebih besar dari 1, maka algoritma *tabu search* memiliki *performance* yang lebih baik dibandingkan dengan algoritma yang digunakan perusahaan. Apabila *Efficiency Index* lebih kecil dari 1 maka algoritma yang digunakan perusahaan memiliki *performance* yang lebih baik dibandingkan algoritma *tabu search*.

$$EI = \frac{\text{Makespan Perusahaan}}{\text{Makespan Tabu Search}} = \frac{757,92}{621,11} = 1,22 \quad (3)$$

Berdasarkan dari nilai *Efficiency Index* yang didapatkan yaitu  $1,22 > 1$ . Menunjukkan bahwa penjadwalan dengan metode *tabu search* lebih baik dibandingkan metode yang digunakan perusahaan.

- b. *Relative Error* (RE), digunakan untuk mengetahui seberapa jauh perbedaan *makespan* algoritma heuristik dengan algoritma yang dibandingkan.

$$RE = \frac{\text{Makespan Perusahaan} - \text{Makespan Tabu Search}}{\text{Makespan Perusahaan}} \times 100\% \quad (4)$$

$$RE = \frac{757,92 - 621,11}{757,92} \times 100\% = 18,05\%$$

Berdasarkan nilai *Relative Error* yang didapatkan menunjukkan penghematan nilai *makespan* yang diperoleh antara algoritma *tabu search* dengan metode perusahaan sebesar 18,05%.

10. Melakukan permutasi terhadap *ant* seperti 5 kelompok *ant* dan 3 urutan job yang dapat dijelaskan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Permutasi populasi *ant*

<i>Ant</i>				
<i>Colony1</i>	<i>Colony2</i>	<i>Colony3</i>	<i>Colony4</i>	<i>Colony5</i>
3	2	3	1	2
1	1	2	3	3
2	3	1	2	1

Sumber: Pengolahan data

Tabel 6 menunjukkan setiap kolom mempunyai urutan *job* masing-masing yaitu *job* 3-1-2, *job* 2-1-3, *job* 3-2-1, *job* 1-3-2 dan *job* 2-3-1.

11. Perhitungan *makespan* setiap *job* menggunakan *software visual basic for applications* (VBA). Pemilihan *makespan* terendah pada *ant* (*job*) yang telah dijadwalkan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Nilai *makespan colony* keseluruhan

<i>Colony ke-</i>	<i>Job</i>			<i>Makespan</i>
<i>Colony 1</i>	3	1	2	683,27
<i>Colony 2</i>	2	1	3	733,51
<i>Colony 3</i>	3	2	1	717,47
<i>Colony 4</i>	1	3	2	738,76
<i>Colony 5</i>	2	3	1	731,55

Sumber: Pengolahan Data

Setelah nilai *makespan* diolah dari masing-masing *ant* selanjutnya memilih *ant* terbaik atau dengan nilai *makespan* terendah, berdasarkan data diatas maka nilai *makespan* terendah yaitu pada urutan *job* 3-1-2 memiliki nilai *makespan* terendah dengan total 683,27.

12. Melakukan analisis dengan uji performansi penjadwalan menggunakan *Efficiency Index*, *Relative Error*, dan Uji Analisis Sensitivitas.

a. *Efficiency Index* (EI)

$$EI = \frac{\text{Makespan Perusahaan}}{\text{Makespan Ant}} EI = \frac{757,97}{683,27} = 1,109 \quad (5)$$

Berdasarkan dari nilai *Efficiency Index* yang didapatkan yaitu  $1,109 > 1$ . Menunjukkan bahwa penjadwalan dengan metode *ant colony optimization* lebih baik dibandingkan metode yang digunakan perusahaan.

b. *Relative Error* (RE)

$$RE = \frac{\text{Makespan Perusahaan} - \text{Makespan Ant}}{\text{Makespan Perusahaan}} \times 100\% \quad (6)$$

$$RE = \frac{757,97 - 683,27}{757,97} \times 100\% = 9,85\%$$

Berdasarkan nilai *Relative Error* yang didapatkan menunjukkan penghematan nilai *makespan* yang diperoleh antara algoritma *tabu search* dengan metode perusahaan sebesar 9,85%.

3.2. Uji Performansi Penjadwalan

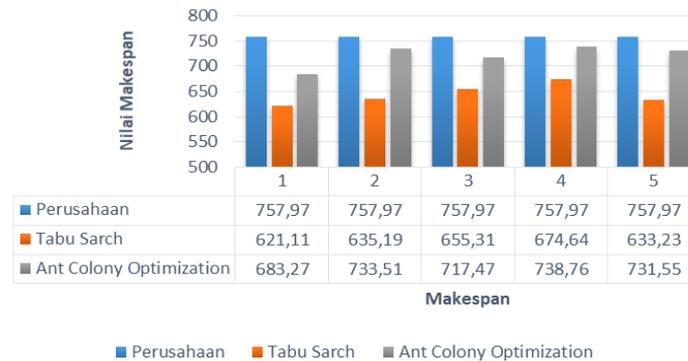
Penjadwalan produksi ini menggunakan metode Algoritma *Tabu Search* dan Algoritma *Ant Colony Optimization*. Pembahasan ini menjelaskan tentang langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk menyelesaikan masalah yang ada pada PT. Raja Ampat Indotim. Berdasarkan data waktu yang terdiri dari 3 *job* (Parutan Kelapa, Pelet Lokal, Pemipil Jagung) dan 6 mesin (Mesin Cutting, Mesin Las, Mesin Gerinda, Mesin Bor, Mesin Bubut, dan Mesin Pengecatan). Total *makespan* yang diperoleh perusahaan masih sangat tinggi yang dapat menyebabkan keterlambatan dalam penyelesaian produk juga target yang tidak tercapai dalam pemesanannya, maka dari itu diperlukannya suatu metode yang bertujuan untuk meminimalkan nilai *makespan* perusahaan tersebut. Berikut ini adalah tabel perbandingan *makespan* perusahaan dengan *tabu search* dan *ant colony optimization*.

Tabel 8. Perbandingan nilai *makespan*

Metode	Urutan <i>Job</i>	<i>Makespan</i>
Perusahaan	1-2-3	757,97
<i>Tabu Search</i>	3-1-2	621,11
<i>Ant Colony Optimization</i>	3-1-2	683,27

Sumber: Pengolahan data

Berdasarkan Tabel 8 didapatkan hasil yang diperoleh nilai dari *efficiency index* 1,22 juga dari nilai *relative error* 18,05%, dan dari metode *ant colony optimization* mendapatkan nilai dari *efficiency index* 1,109 juga dari nilai *relative error* 9,85%. Gambar 2 dapat dilihat dengan adanya perubahan *job* waktu produksi untuk setiap proses, maka peneliti dapat meminimasi *makespan*, perusahaan seharusnya melakukan tahapan meminimasi nilai *makespan* dengan cara mengurangi atau menghilangkan aktivitas yang tidak memiliki nilai tambah.



Gambar 2. Analisis sensitivitas

Setelah perhitungan *makespan* didapatkan maka dapat disimpulkan bahwa metode *tabu search* dan metode *ant colony optimization* memiliki nilai *makespan* terendah sebesar 621,11 dan 683,27 menit. Dari hasil tersebut metode *tabu search* memiliki nilai *makespan* yang lebih optimal sehingga metode *tabu search* dapat diusulkan untuk digunakan pada PT. Raja Ampat Indotim yang bertujuan untuk mengurangi waktu keterlambatan penjadwalan produksinya.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang didapat dari metode algoritma *tabu search* yaitu, mendapatkan hasil penjadwalan produksi yang lebih optimal dengan *job* produksi yang menghasilkan nilai *makespan* paling rendah terdapat pada *job* 3-1-2 memiliki *makespan* sebesar 621,11 menit, dan juga hasil yang didapat dari metode algoritma *ant colony optimization* yaitu, mendapatkan hasil penjadwalan produksi yang lebih optimal dengan *job* produksi yang menghasilkan nilai *makespan* paling rendah terdapat pada *job* 3-1-2 memiliki total *makespan* sebesar 683,27 menit. Dengan demikian hasil yang didapat dari analisis uji performansi kedua metode tersebut memiliki performance lebih baik dibandingkan dengan metode yang digunakan pada perusahaan. Penjadwalan dengan metode *tabu search* didapatkan total waktu proses produksi lebih cepat dari perusahaan berdasarkan uji performansi penjadwalan dengan nilai *efficiency index* sebesar 1,22 dan nilai *relative error* sebesar 18,05%. Sedangkan dengan metode *ant colony optimization* didapatkan total waktu proses produksi lebih cepat dari perusahaan berdasarkan uji performansi dengan nilai *efficiency index* sebesar 1,109 dan nilai *relative error* sebesar 9,85%. Maka metode *tabu search* memiliki nilai yang lebih optimal jika dibandingkan dengan metode *ant colony optimization*, sehingga metode *tabu search* dapat diusulkan untuk digunakan pada PT. Raja Ampat Indotim yang bertujuan untuk mengurangi waktu keterlambatan penjadwalan produksinya.

#### Daftar Pustaka

- Ahmad, A., Agustin, M., & Khairunnisa, A. (2021). Penerapan Manajemen Proyek Untuk Pembangunan Kilang Minyak Dengan Menggunakan Metode PERT (Program Evaluation And Review Technique) di PT. XYZ. *Jurnal KaLIBRASI - Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri.*, 4(1), 1–18. <https://doi.org/10.37721/kalibrasi.v4i1.776>
- Andreas Teddy Sirait, & Rosnani Ginting. (2019). Penjadwalan Produksi Flowshop Dengan Menggunakan Metode Tabu Search Di PT. Jaya Beton Indonesia. *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)*, 2(3). <https://doi.org/10.32734/ee.v2i3.745>
- Asril Habib Panjaitan, & Rosnani Ginting. (2019). Usulan Penjadwalan Produksi Dengan Algoritma Ant Colony (Studi Kasus PT. KLM Medan). *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)*, 2(3). <https://doi.org/10.32734/ee.v2i3.760>
- Falih, M. H. N. (2021). Implementasi Algoritma Tabu Search dalam Penjadwalan Produksi PT Arkha Jayanti Persada untuk Meminimasi Nilai Makespan. *Scientifict Journal of Industrial Engineering*, 2(2), 41–46.

- Hasana, S. N., & Maharany, E. R. (2017). Pengembangan Multimedia Menggunakan Visual Basic for Application (Vba) Untuk Meningkatkan Profesionalisme Guru Matematika. *JPM : Jurnal Pendidikan Matematika*, 3(2), 30. <https://doi.org/10.33474/jpm.v3i2.648>
- Iskandar, D., Masruri Ansori, A., & Saputra, D. (2018). Analisis Penjadwalan Produksi Job Shop Pada Ukm Di Bidang Konveksi Dengan Menggunakan Metode Algoritma Tabu Search (Studi Kasus Di Panca Konveksi). *Jurnal Integrasi : Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 3(2), 21–27. <https://doi.org/10.32502/js.v3i2.1272>
- Risqiyanti, V., Yasin, H., & Santoso, R. (2019). Pencarian Jalur Terpendek Menggunakan Metode Algoritma “Ant Colony Optimization” Pada GUI Matlab (Studi Kasus: PT Distriversa Buana Mas cabang Purwokerto). *Jurnal Gaussian*, 8(2), 272–284. <https://doi.org/10.14710/j.gauss.v8i2.26671>
- Suci, M. (2021). Penjadwalan Produksi Dengan Metode Tabu Search Menggunakan Software VBA Macro Excel Di PT Citra Abadi Sejati. *SIJIE Scientific Journal of Industrial Engineering*, 2(2), 13–20.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* (1st ed.). CV Alfabeta.