

# PENERAPAN ALGORITMA ANT COLONY PADA PENJADWALAN PRODUKSI

Nurul Imamah, S.Si<sup>1</sup>, Dr.Imam Mukhlis, S.Si, MT<sup>2</sup>

Jurusan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Institut Teknologi  
Sepuluh Nopember Surabaya

Kampus ITS Keputih, Sukolilo, Surabaya 60111

Email: [nurul.imamah86@gmail.com](mailto:nurul.imamah86@gmail.com)

## Abstrak

Algoritma *Ant Colony* merupakan algoritma yang diperoleh berdasarkan pengamatan terhadap kemampuan semut dalam mengindera lingkungan yang kompleks untuk mencari makanan. Jurnal ini mengkaji tentang implementasi algoritma *Ant Colony* pada penjadwalan produksi baja dengan 2 job 3 mesin dan 3 job 3 mesin pada perusahaan PT Hanil Jaya Steel untuk minimisasi *makespan time* dari keseluruhan job. Pada akhir pembahasan akan dikaji implementasi dari algoritma *Ant Colony* pada program MATLAB dengan hasil penjadwalan berdasarkan *makespan time terkecil* tahap I adalah 71 menit dan tahap II 100 menit.

Kata Kunci: *Algoritma Ant Colony, makespan time*

## I. PENDAHULUAN

Proses produksi adalah suatu cara, metode ataupun teknik menambah kegunaan suatu barang dan jasa dengan menggunakan faktor produksi yang ada. Tingkat produksi optimal atau adalah sejumlah produksi tertentu yang dihasilkan dengan meminimumkan total waktu atau total biaya. (Al-Hakim,2004)

Salah satu perusahaan yang bergerak dibidang produksi adalah PT Hanil Jaya Steel Surabaya, PT Hanil Jaya Steel adalah perusahaan yang memproduksi baja dengan dua variasi produk yaitu baja polos dan baja ukir, dalam memproduksi baja tersebut waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan konsumen adalah 24 jam berturut-turut dengan menggunakan metode *first come first served* (FCFS), dengan sistem tersebut perusahaan tidak menggunakan prioritas dalam memproduksi baja, bahan dioperasikan pada mesin yang kosong, sedangkan mesin lain dalam keadaan (*idle*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari alternatif penjadwalan terbaik berdasarkan *makespan time* terkecil yang dibutuhkan dalam proses produksi, sehingga diharapkan waktu 24 jam dapat digunakan untuk memproduksi dengan siklus produksi yang lebih optimal. Karena tujuan dari penjadwalan adalah agar kinerja proses produksi dapat optimal, untuk mengetahui apakah sistem penjadwalan yang dihasilkan optimal dapat diukur dengan beberapa kriteria berikut:



1. Waktu penyelesaian seluruh *job* (*Makespan*)

Kriteria ini diukur dengan menghitung total waktu yang dibutuhkan untuk penyelesaian seluruh *job*. Semakin kecil nilai *makespan* maka produktivitas perusahaan akan semakin baik.

2. Rata-rata *flow time* (*Average Flow Time*)

Rata-rata *flow time* digunakan untuk menghitung rata-rata waktu penyelesaian setiap *job*. Semakin kecil rata-rata *flow time*, maka produktivitas semakin baik.

Adapun algoritma yang akan digunakan untuk menganalisa penjadwalan pada perusahaan PT Hanil Jaya adalah algoritma *Ant Colony*. Algoritma ini diperkenalkan oleh Moyson dan Manderick dan secara meluas dikembangkan oleh Marco Dorigo. Algoritma ini merupakan teknik probabilistik untuk menyelesaikan masalah komputasi dengan menemukan jalur terbaik yang diambil berdasarkan analogi perilaku semut dalam menemukan jalur dari koloninya menuju makanan. (Mindraputra, 14).

## II. METODA PENELITIAN

Adapun metoda yang dilakukan dalam pengerjaan penelitian ini diurutkan dalam beberapa langkah, yaitu:

1. Pengumpulan data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data-data yang berkaitan dengan penjadwalan produksi baja pada perusahaan.

2. Menganalisa penjadwalan produksi dengan menggunakan algoritma *Ant Colony*

Analisa penjadwalan produksi dilakukan dengan algoritma *Ant Colony* untuk mendapatkan penjadwalan produksi agar hasil produksi maksimal dengan kriteria miinimisasi *makespan time*.

3. Analisa

Pada tahap ini dilakukan analisa efektifitas penjadwalan dengan *Ant Colony* dengan melihat *makespan time* yang dihasilkan.

4. Penarikan Kesimpulan



### III. HASIL PENELITIAN

#### 3.1 Kajian Pustaka

Beberapa penelitian mengenai penjadwalan pada aliran produksi telah dilakukan. Brucker (2006) dalam bukunya *Scheduling Algorithms* menyebutkan tentang masalah penjadwalan *general shop* yang terdiri dari *open shop*, *flow shop*, dan *job shop*. Mindaputra (2009) dalam tugas akhirnya yang menggunakan Algoritma *Ant Colony* dalam *Traveling Salesman Problem* (TSP) dalam aktivitas *order picking* untuk mendapatkan rute yang paling pendek.

Pada penelitian ini penulis memperluas aplikasi algoritma *Ant Colony* pada penjadwalan produksi baja yang mengacu pada penelitian Rajendran (2002) tentang algoritma *Ant Colony* pada penjadwalan permutasi *flow shop* untuk mencari *makespan time* terkecil atau total *flow time* dari beberapa *job*. Hasil akhir dari penelitian ini didapatkan urutan penjadwalan produksi pada perusahaan dengan kriteria *makespan time* terkecil, dengan *makespan time* adalah maksimum waktu penyelesaian dari keseluruhan *job* yang dinotasikan dengan  $\max C_i$ .

Adapun langkah-langkah algoritma *Ant Colony* sebagaimana yang diungkapkan oleh Rajendran (2002) yaitu:

- a. Inisialisasi setiap parameter
- b. Penyusunan rute kunjungan setiap *ant* ke setiap node
- c. Perhitungan *makespan time* pada setiap *ant*
  - a.  $Z_{best} = \max\{C_i, i = 1, 2, \dots, n\}$
  - b.  $C_i = q(\sigma_i, m)$
  - c.  $q(\sigma_i, j) = \max\{q(\sigma, j); q(\sigma_i, j - 1)\} + t_{ij}$
- d. Perhitungan perubahan probabilitas intensitas jejak *ant* antar node .

$$P_{ij}(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ij}(t)]^\beta}{\sum_{i=1}^n [\tau_{ij}(t)]^\alpha \cdot [\eta_{ij}(t)]^\beta}$$

- e. Perhitungan update intensitas jejak kaki *ant* antar node untuk siklus berikutnya.

Update pheromone lokal

- a.  $\tau_{ij} \leftarrow (1 - \rho) \cdot \tau_{ij} + \rho \cdot \Delta \tau_{ij}$
- b. dengan

$$\Delta\tau_{ij} = \frac{1}{P_{ij} \cdot c}$$

Dimana:

$P_{ij}$  = waktu *job i* pada mesin *j*

$c$  = jumlah lokasi

$\rho$  = parameter dengan nilai 0 sampai 1

$\Delta\tau_{ij}$  = perubahan *pheromone*

f. *Update pheromone global*

$$\tau_{ij} \leftarrow (1-\alpha) \cdot \tau_{ij} + \alpha \cdot \Delta\tau_{ij}$$

$$\Delta\tau_{ij} = \begin{cases} P_{gb}^{-1} & \text{jika } ij \in \text{tur\_terbaik} \\ 0 & \text{lainnya} \end{cases}$$

$\tau_{ij}$  = nilai *pheromone* akhir setelah mengalami pembaharuan lokal

$P_{gb}$  = waktu tercepat pada akhir siklus

$\alpha$  = parameter dengan nilai antara 0 sampai 1

$\Delta\tau_{ij}$  = perubahan *pheromone*

g. Jika pemberhentian terpenuhi atau jumlah maximum iterasi sudah selesai, ambil urutan *job*/operasi yang memiliki *makespan time* terkecil, jika tidak kembali ke langkah ke-2.

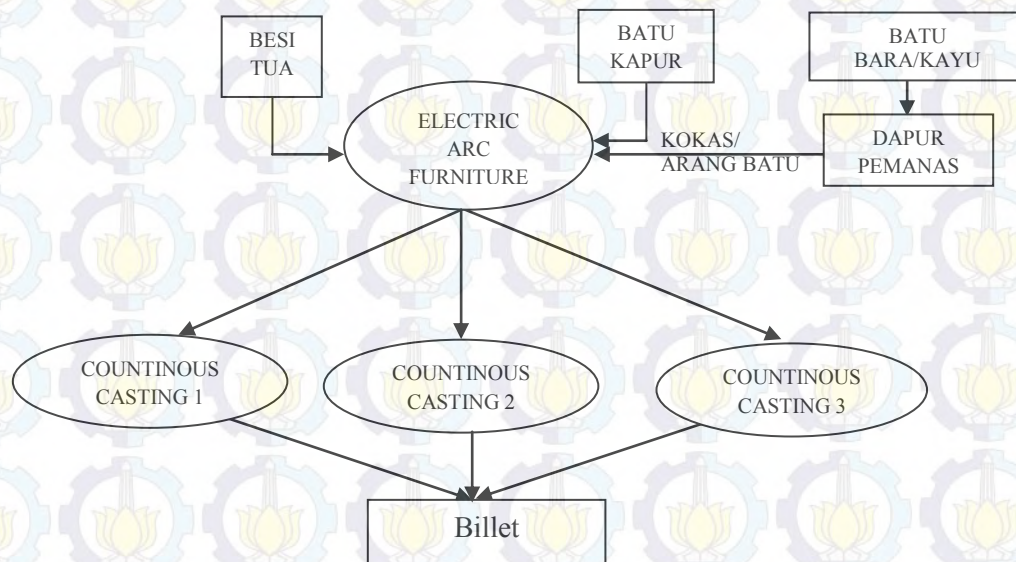
### 3.2 Analisis Hasil dan Pembahasan

#### Pengumpulan Data

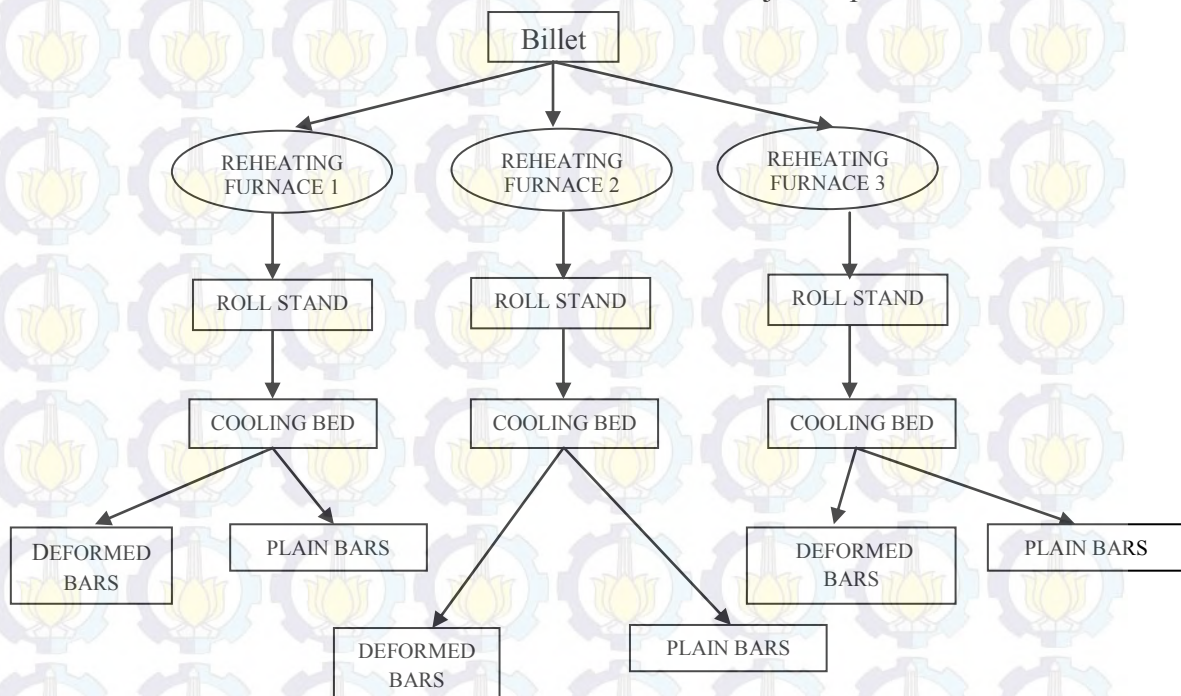
Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada perusahaan PT Hanil Jaya Terdapat dua tahapan proses produksi pada perusahaan PT Hanil Jaya Steel. Tahap I adalah proses produksi dari bahan mentah menjadi bahan setengah jadi (*billet*), pada tahap I ini terdapat 2 *job* dengan 3 mesin artinya setiap *job* memiliki 3 mesin pemroses. Tahap II adalah proses produksi baja dengan menjadi baja polos dan baja ukir menggunakan 3 *job* dengan 3 mesin, artinya setiap *job* memiliki 3 mesin pemroses. Adapun data-data yang diperlukan meliputi proses produksi baja dengan waktu pada tiap pemrosesan (*Processing time*) digunakan untuk mencari *makespan time* terkecil.



Adapun aliran proses pembuatan baja ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2 berikut ini:



Gambar 3.1 Aliran Proses Pembuatan Baja tahap I



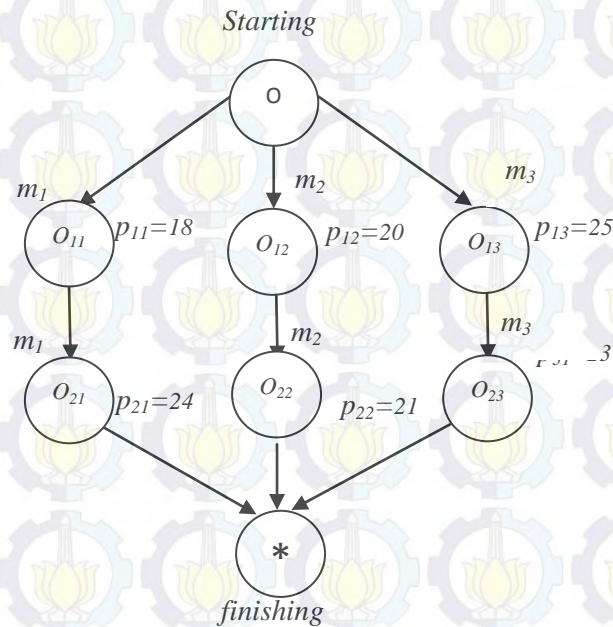
Gambar 3.2 Aliran Proses Pembuatan Baja Tahap II

### Representasi *digraph* proses produksi

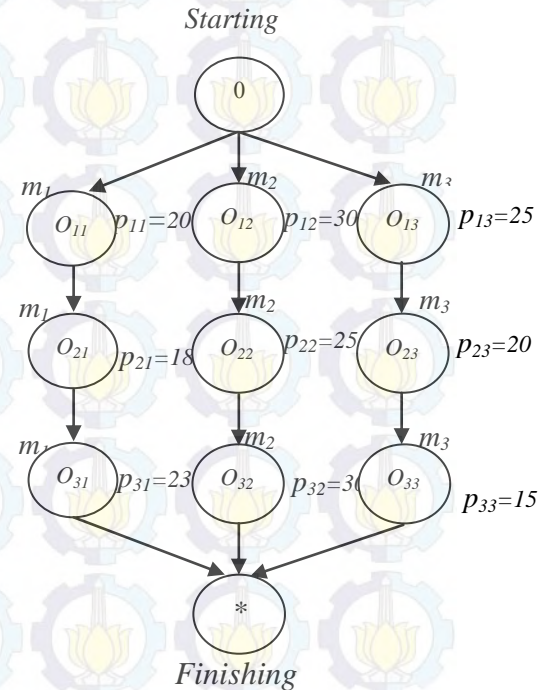
Aliran proses produksi pada perusahaan PT Hanil Jaya termasuk pada produksi *flow shop*, Langkah awal sebelum memasuki penjadwalan dengan algoritma *Ant Colony* adalah adalah merepresentasikan proses produksi dalam bentuk graf berarah atau *digraph*. Brucker (2006) dalam bukunya *Scheduling Algorithms* menjelaskan bahwa model *disjunctive graph* dapat digunakan untuk merepresentasikan penjadwalan pada



masalah *shop* secara umum, karena pada dasarnya fungsi penjadwalan adalah untuk mendefinisikan perintah antar operasi yang terkait dengan menggunakan sisi *disjunctive* yang berarah. berikut ini representasi graf berarah (*digraph*) dari proses produksi pada PT Hanil Jaya Steel dimulai dari *starting* hingga *finishing* beserta waktu yang dibutuhkan dalam tiap proses:



Gambar 3.3 *Digraph* Proses produksi Tahap I



Gambar 3.4 *Digraph* Proses Produksi Tahap II

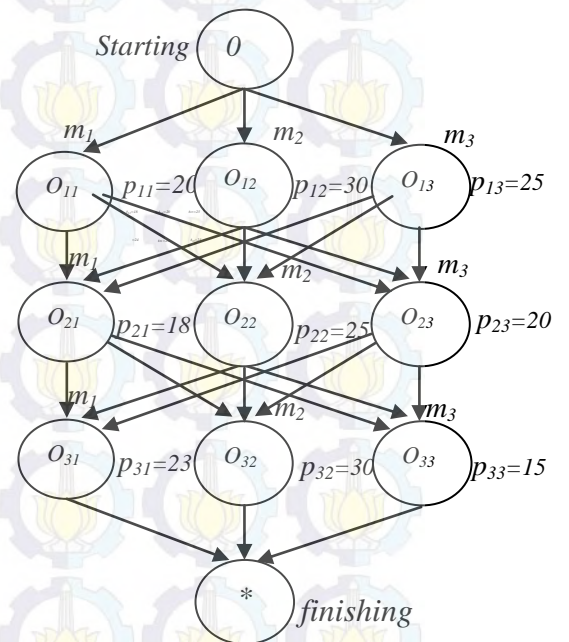
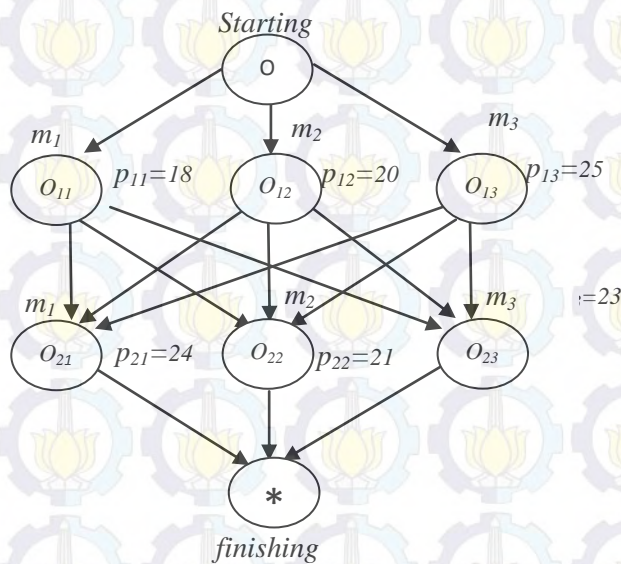
Gambar 3.3 menunjukkan gambar *digraph* proses produksi dimulai dengan  $0 \in V$  yang menyatakan *starting* atau mesin belum memproses, kemudian  $* \in V$  menyatakan *finishing* atau proses produksi telah selesai, titik-titik  $m_1, m_2, m_3$  pada baris kedua menunjukkan mesin *continous casting* yang mempunyai fungsi *job 1* yaitu untuk pencetakan, titik-titik  $m_1, m_2, m_3$  pada baris ketiga menunjukkan mesin *continous casting* yang mempunyai fungsi *job 2* yaitu untuk pemotongan menjadi billet. Adapun model *digraph* untuk aliran proses produksi baja tahap II yaitu:

Gambar 3.4 menunjukkan *digraph* proses produksi tahap II dengan titik-titik  $m_1, m_2, m_3$  pada baris kedua adalah mesin *Reheating Furnace* yang mempunyai fungsi *job 1* yaitu untuk pemanasan. Titik-titik  $m_1, m_2, m_3$  pada baris ketiga: adalah mesin *Roll Stand* yang mempunyai fungsi *job 2* yaitu untuk pencetakan. Sedangkan  $m_1, m_2, m_3$  pada baris keempat adalah mesin *Cooling bed* yang mempunyai fungsi *job 3* yaitu untuk pendinginan.



### Penjadwalan dengan algoritma *Ant Colony*

Berdasarkan proses produksi pada PT Hanil Jaya maka didapatkan proses produksi secara umum dengan keadaan mesin pada suatu *job* memiliki fungsi yang sama. Proses produksi secara umum juga dapat direpresentasikan dalam bentuk graf berarah, pada graf berarah ini *job* pada suatu mesin dapat berpindah pada mesin lain yang berfungsi sama, sehingga penjadwalan proses produksi secara umum Tahap I dan Tahap II dapat dilihat pada Gambar 3.5 dan 3.6 berikut ini:



Gambar 3.5 Digraf Produksi Secara Umum Tahap I

Gambar 3.6 Digraf Produksi Secara Umum Tahap II

Pada penjadwalan produksi dengan *Ant Colony* diperlukan beberapa parameter antara lain:  $\alpha = 0.25$ ,  $\beta = 0.5$  dan  $\rho = 0.75$ . Dari hasil pembahasan menggunakan algoritma *Ant Colony* didapatkan tabel hasil perhitungan keseluruhan *makespan time* tahap I dibawah ini:

Tabel 3.2 *Makespan Time* Tahap I

Jadwal	Urutan proses	Flow time ( $C_i$ )	Makespan ( $Max(C_i)$ )
J1	[ $m_1 m_2 m_3; m_1 m_2 m_3$ ]	{57,64,73,59,61,74}	73
J2	[ $m_1 m_2 m_3; m_2 m_1 m_3$ ]	{57,64,73,60,68,71}	<b>71</b>
J3	[ $m_1 m_2 m_3; m_3 m_2 m_1$ ]	{59,61,74,64,62,61}	74
J4	[ $m_1 m_2 m_3; m_2 m_1 m_3$ ]	{57,63,73,60,66,71}	73
J5	[ $m_1 m_2 m_3; m_1 m_2 m_3$ ]	{57,64,73,59,61,74}	73



J6	$[m_1 m_2 m_3; m_1 m_3 m_2]$	$\{60,63,71,65,64,64\}$	<b>71</b>
J7	$[m_1 m_2 m_3; m_3 m_2 m_1]$	$\{57,61,74,62,62,67\}$	74
J8	$[m_1 m_2 m_3; m_1 m_3 m_2]$	$\{60,63,71,65,64,68\}$	<b>71</b>
J9	$[m_1 m_2 m_3; m_1 m_2 m_3]$	$\{60,61,73,65,62,66\}$	73

Berdasarkan tabel 3.2 didapatkan *makespan time* terkecil yang diperlukan dalam proses produksi tahap I adalah 71 menit. Sedangkan untuk tabel *makespan time* tahap II sebagai berikut:

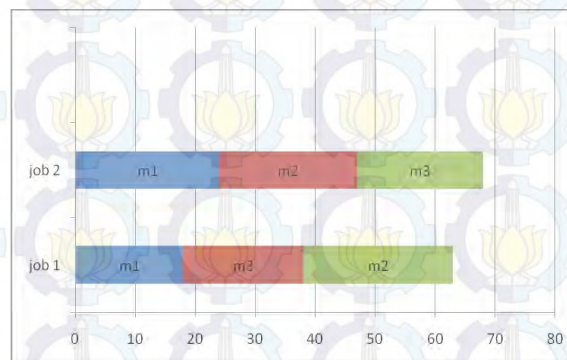
Tabel 3.3 *Makespan Time* Tahap II

Jadwal	Urutan proses	Flow time ( $C_i$ )	Makespan ( $Max(C_i)$ )
J1	$[m_1 m_2 m_3; m_1 m_2 m_3; m_1 m_2 m_3]$	$\{81,115,85;79,110,80;91,108,75\}$	115
J2	$[m_1 m_2 m_3; m_1 m_2 m_3; m_2 m_1 m_3]$	$\{88,100,93;86,90,88;91,95,73\}$	<b>100</b>
J3	$[m_1 m_2 m_3; m_1 m_2 m_3; m_3 m_2 m_1]$	$\{73,108,100;71,103,95;76,108,90\}$	108
J4	$[m_1 m_2 m_3; m_2 m_3 m_1; m_2 m_1 m_3]$	$\{88,110,83;86,105,78;91,110,73\}$	110
J5	$[m_1 m_2 m_3; m_2 m_3 m_1; m_2 m_3 m_1]$	$\{95,95,91;93,90,86;98,95,81\}$	98
J6	$[m_1 m_2 m_3; m_2 m_3 m_1; m_3 m_1 m_2]$	$\{80,108,98;78,103,93;83,108,93\}$	108
J7	$[m_1 m_2 m_3; m_3 m_1 m_2; m_1 m_2 m_3]$	$\{83,115,90;81,110,85;86,115,90\}$	115
J8	$[m_1 m_2 m_3; m_3 m_1 m_2; m_2 m_3 m_1]$	$\{90,93,100;88,88,93;93,93,88\}$	100
J9	$[m_1 m_2 m_3; m_3 m_1 m_2; m_2 m_3 m_1]$	$\{75,101,108;73,96,100;78,101,95\}$	108
J10	$[m_2 m_3 m_1; m_1 m_2 m_3; m_1 m_2 m_3]$	$\{91,105,75;79,105,75;84,110,70\}$	105
J11	$[m_2 m_3 m_1; m_1 m_2 m_3; m_2 m_1 m_3]$	$\{108,90,93;96,90,93;101,95,88\}$	108
J12	$[m_2 m_3 m_1; m_1 m_2 m_3; m_3 m_2 m_1]$	$\{93,98,90;81,96,90;86,109,85\}$	109
J13	$[m_2 m_3 m_1; m_2 m_3 m_1; m_2 m_1 m_3]$	$\{108,100,73;96,98,73;101,105,68\}$	108
J14	$[m_2 m_3 m_1; m_2 m_3 m_1; m_2 m_3 m_1]$	$\{115,85,81;103,83,81;108,90,70\}$	115
J15	$[m_2 m_3 m_1; m_2 m_3 m_1; m_3 m_1 m_2]$	$\{100,93,88;88,91,98;93,98,83\}$	100
J16	$[m_2 m_3 m_1; m_3 m_1 m_2; m_1 m_2 m_3]$	$\{103,98,80;91,96,80;96,103,75\}$	103
J17	$[m_2 m_3 m_1; m_3 m_1 m_2; m_2 m_3 m_1]$	$\{110,83,88;98,91,88;103,88,83\}$	110
J18	$[m_2 m_3 m_1; m_3 m_1 m_2; m_2 m_3 m_1]$	$\{95,91,95;83,89,95;88,100,90\}$	100
J19	$[m_3 m_1 m_2; m_1 m_2 m_3; m_1 m_2 m_3]$	$\{96,90,85;84,98,85;89,105,80\}$	105
J20	$[m_3 m_1 m_2; m_1 m_2 m_3; m_2 m_1 m_3]$	$\{98,80,103;91,85,93;103,75,96\}$	103
J21	$[m_3 m_1 m_2; m_1 m_2 m_3; m_3 m_2 m_1]$	$\{98,80,103;91,85,93;103,75,96\}$	103
J22	$[m_3 m_1 m_2; m_2 m_3 m_1; m_2 m_1 m_3]$	$\{98,90,93;91,95,83;103,85,86\}$	103

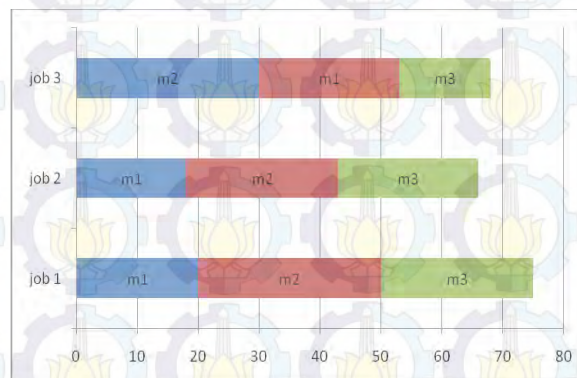


J23	$[m_3 \ m_1 \ m_2; m_2 \ m_3 \ m_1; m_2 \ m_3 \ m_1]$	$\{95,75,101,88,80,91;100,70,94\}$	101
J24	$[m_3 \ m_1 \ m_2; m_2 \ m_3 \ m_1; m_3 \ m_1 \ m_2]$	$\{90,93,108,83,98,98;95,88,101\}$	108
J25	$[m_3 \ m_1 \ m_2; m_3 \ m_1 \ m_2; m_1 \ m_2 \ m_3]$	$\{93,88,100,86,93,90;98,83,93\}$	100
J26	$[m_3 \ m_1 \ m_2; m_3 \ m_1 \ m_2; m_2 \ m_3 \ m_1]$	$\{95,83,108,88,78,108;100,68,101\}$	108
J27	$[m_3 \ m_1 \ m_2; m_3 \ m_1 \ m_2; m_2 \ m_3 \ m_1]$	$\{85,81,115,78,86,105;90,75,108\}$	115

Tabel 3.3 menunjukkan bahwa *makespan* terkecil pada tahap II adalah 100 menit dengan urutan penjadwalan yang dibentuk dalam Gantt Chart berikut:



Gambar 3.5 Gantt Chart Penjadwalan produksi tahap I



Gambar 3.6 Gantt Chart Penjadwalan produksi tahap II

### Analisa Hasil

Melalui implementasi algoritma pada program MATLAB diperoleh minimum *makespan time* proses produksi tahap pertama 71 menit dan tahap kedua adalah 100 menit Sedangkan rata-rata *makespan time* pada perusahaan adalah 103.13 menit. Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa algoritma *Ant Colony* mampu meminimumkan *makespan time* sebanyak 20.13 menit tahap I dan meminimumkan *makespan* tahap II sebanyak 3.13 menit



#### IV. KESIMPULAN

1. Penjadwalan dengan algoritma *Ant Colony* dapat digunakan sebagai alternatif penjadwalan proses produksi berdasarkan nilai *makespan time* terkecil.
2. Hasil *makespan time* terkecil pada tahap I adalah 71 menit dan tahap II 100 menit. *Makespan time* yang didapatkan dengan *Ant Colony* tersebut dapat meminimumkan *makespan time* rata-rata pada perusahaan sebanyak 20.13 menit tahap I dan meminimumkan *makespan* tahap II sebanyak 3.13 menit.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Alhakim, S., (2004), Algoritma semut pada penjadwalan *Job shop*. Media Informatika, Vol. 2, No. 2, hal75-81.
- Brucker, P., (2006), *Scheduling Alghorithms*. Universitas Osnabruck Fachbereich Mathematik/Informatik, Germany.
- Dorigo, M and Thomas S., (2004), *Ant Colony Optimization*. MIT Press Cambridge, Massachusetts, London, England.
- Mindaputra, E., (2009), Penggunaan Algoritma Ant Colony System dalam Traveling Salesman Problem (TSP) pada PT. Eka Jaya Motor. Universitas Diponegoro, Semarang.
- Putri, Luh. 2009. *Penjadualan Flow Shop Menggunakan Algoritma Koloni Semut*. ITS:Surabaya
- Putri, L., (2009), *Penjadwalan Flow Shop Menggunakan Algoritma Koloni Semut*. ITS, Surabaya.
- Rajendran. C dan Hans, Z., (2002), *Ant-Colony Algorithms for Permutation Flowshop Scheduling to Minimize Makespan/Total Flowtime of Jobs*. University of Passau, Germany.
- Shofianah, N., (2009), *Analisis Kedinamikaan Sistem pada Penjadwalan Flow Shop Menggunakan Aljabar Max-Plus*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, ITS Surabaya.



## FORMULIR PENDAFTARAN

Nama : Nurul Imamah AH  
Instansi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya  
Alamat : Jl. Perumahan Dosen ITS blok R6  
Tlp. : 081931994013  
Email : [nurul.imamah86@gmail.com](mailto:nurul.imamah86@gmail.com)  
Profesi: (pilih salah satu)

- ☐ Dosen ☐ Umum ☐ Mahasiswa S3  
☐ Guru ☒ Mahasiswa S2 ☐ Mahasiswa S1

Saya mendaftar sebagai: (pilih salah satu)

- ☒ Pemakalah dengan judul makalah:  
Algoritma *Ant Colony* Pada Penjadwalan Produksi Baja  
☐ Peserta non-pemakalah

### Catatan:

1. *Formulir pendaftaran dikirimkan sebagai lampiran ke [hobri.fkip@unej.ac.id](mailto:hobri.fkip@unej.ac.id). Jika Bapak/Ibu mendaftar sebagai pemakalah, maka abstrak makalah juga dikirimkan sebagai lampiran*
2. *Bukti pembayaran dibawa pada saat pendaftaran ulang.*