

**USULAN PENJADWALAN MESIN PARALEL IDENTIK UNTUK MEMINIMASI TOTAL TARDINESS DENGAN MENGGUNAKAN METODE ALGORITMA GENETIKA PADA WORKCENTER MESIN FRAIS DI CV.XYZ**

**PROPOSED SCHEDULING OF IDENTIC PARALLEL MACHINE TO MINIMIZE TOTAL TARDINESS USING GENETIC ALGORITHM METHOD AT WORKCENTER FRAIS MACHINE IN CV XYZ**

**Desti Rizki Artini<sup>1</sup>, Dida Diah Damayanti<sup>2</sup>, Murni Dwi Astuti<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

<sup>1</sup> [destirizki12@gmail.com](mailto:destirizki12@gmail.com), <sup>2</sup> [didadiah@telkomuniversity.ac.id](mailto:didadiah@telkomuniversity.ac.id), <sup>3</sup> [murnidwiastuti@telkomuniversity.ac.id](mailto:murnidwiastuti@telkomuniversity.ac.id)

---

### Abstrak

Pada era sekarang ini segala sesuatu telah mengalami perkembangan dengan cukup cepat, salah satu diantaranya yang mengalami perkembangan yang cukup cepat adalah dunia manufaktur. Setiap perusahaan yang ada saling bersaing untuk membuat suatu proses produksi yang efisien dan efektif. Penjadwalan merupakan salah satu aspek penting yang diperlukan untuk pengambilan keputusan untuk menghasilkan suatu proses produksi yang efisien dan efektif. Hal ini dikarenakan penjadwalan digunakan dalam menentukan kapan waktu yang tepat untuk menjalankan suatu proses produksi. Penjadwalan yang dilakukan perusahaan belum optimal sehingga masih menyebabkan keterlambatan dalam pengerjaan suatu *job*. Pada penelitian ini membahas mengenai usulan penjadwalan untuk meminimasi *tardiness* pada  $n$  *jobs*  $m$  mesin identik paralel. Untuk menyelesaikan masalah tersebut *Earliest Due Date dispatching rule* digunakan sebagai solusi awal lalu metode Algoritma Genetika digunakan untuk mencari solusi yang lebih optimal. Jumlah *job* dan mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah 203 *job* dan 9 mesin paralel identik yang memiliki performansi dan karakteristik yang sama. Penjadwalan usulan dengan menggunakan metode Algoritma Genetika yang dilakukan dapat mengurangi *tardiness* hingga 87,9%.

**Kata Kunci:** Penjadwalan, Mesin Paralel Identik, Tardiness, Algoritma Genetika, *Earliest Due Date*

---

### Abstract

All has grown very rapidly in this era, one of which is experiencing a relatively rapid development is the manufacturing environment. Every current company is competing to establish an efficient and effective production process. Scheduling is one of the factor requires for decision making in order to create an efficient and effective production process. It is because scheduling used to decide when a production process will run in the right time. The company's scheduling is not optimum, so it's make the job delays. This research discusses about scheduling for reducing tardiness in  $n$  jobs  $m$  identical parallel machines. The Earliest Due Date dispatching rule is used as an initial solution to this problem and then the Genetic Algorithm approach is used to find a more optimal solution. The number of jobs and machines used in this research is 203 jobs and 9 identical parallel machines which have the same performance and characteristics. Proposed scheduling using Genetic Algorithm can reduce tardiness up to 87,9%.

**Keywords:** Scheduling, Identical Parallel Machine, Tardiness, Genetic Algorithm, Earliest Due Date

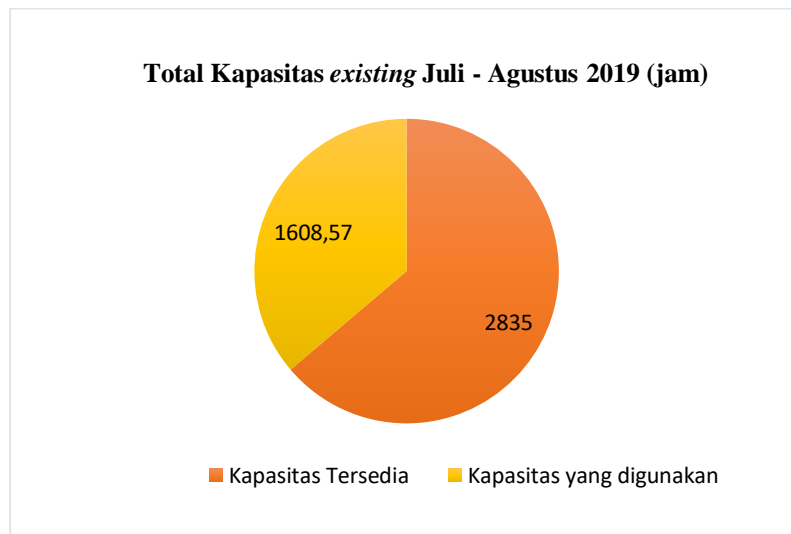
---

## 1. PENDAHULUAN

Dalam dunia manufaktur, penjadwalan merupakan salah satu aspek penting yang diperlukan untuk mengambil keputusan untuk penentuan waktu dan urutan terkait pengerjaan *job*. Hal ini dikarenakan pada perusahaan yang memiliki departemen produksi penjadwalan digunakan sebagai langkah dalam mengambil keputusan untuk menentukan kapan waktu yang tepat untuk menjalankan proses produksi.

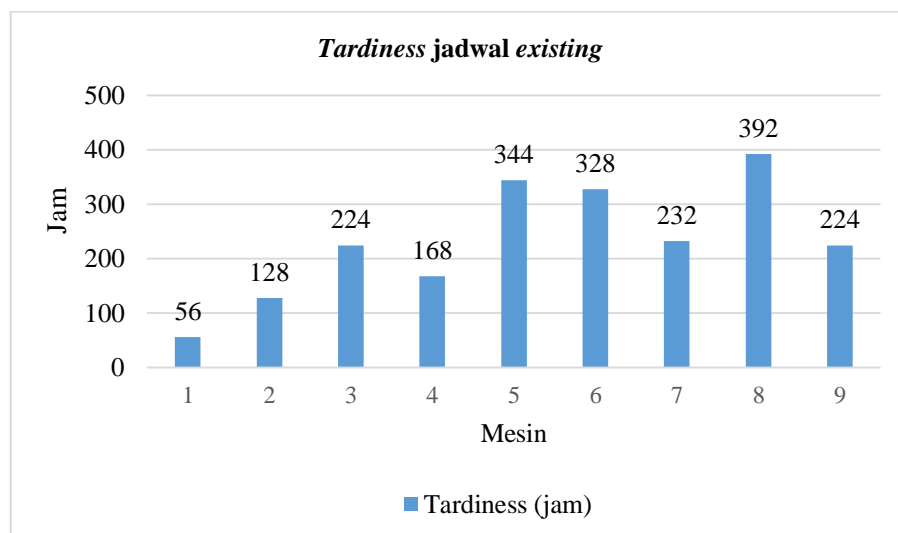
CV. XYZ merupakan perusahaan yang memproduksi alat pendukung pendidikan untuk konsumen dalam dan luar negeri. Untuk memenuhi permintaan yang ada, *workcenter* frais pada setiap bulannya memiliki ratusan *job* yang harus dikerjakan. Akan tetapi CV.XYZ memiliki permasalahan keterlambatan dalam mengerjakan sejumlah *job* yang ada. Pada gambar 1 menunjukkan kapasitas yang tersedia dan dibutuhkan oleh *workcenter* mesin frais. Kapasitas yang ada pada *workcenter* mesin frais memiliki kapasitas yang cukup, akan tetapi masih ada

keterlambatan yang terjadi dikarenakan penjadwalan yang dilakukan oleh perusahaan belum optimal. Untuk itu diperlukan penjadwalan usulan untuk mengurangi keterlambatan yang ada.



Gambar 1 Perbandingan kapasitas work center mesin frais

Total *job* yang ada pada *workcenter* mesin frais pada bulan Juli-Agustus 2019 adalah 203 *job* dengan jumlah mesin yang ada adalah 9 mesin yang memiliki karakteristik yang sama. Berdasarkan Gambar 2 total keterlambatan yang terjadi pada *workcenter* mesin frais adalah 2096 jam, dengan jumlah *job* yang terlambat adalah 46 *job*.



Gambar 2 Data keterlambatan masing-masing mesin

Dalam dunia manufaktur, untuk menjalankan suatu proses produksi yang memiliki kompleksitas yang tinggi diperlukan sistem penjadwalan yang efektif [1].

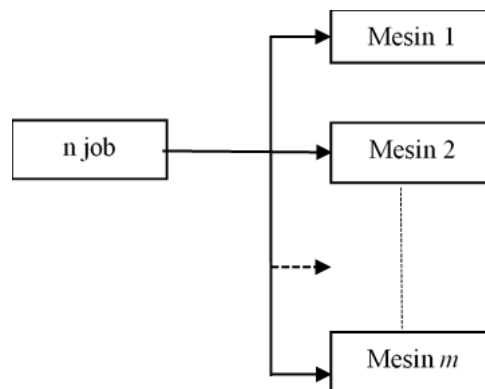
## 2. DASAR TEORI

### 2.1 Penjadwalan

Penjadwalan merupakan suatu proses untuk menentukan kapan suatu proses produksi dapat diselesaikan dengan sejumlah prosedur yang ada [2]. Dalam melakukan proses penjadwalan diperlukan penentuan alokasi sejumlah sumber daya yang ada untuk mengerjakan sejumlah *job* untuk dapat menghasilkan tujuan yang optimal [3].

### 2.2 Parallel Machine

Penjadwalan pada mesin paralel *single stage* yang ditujukan pada *n jobs* *m* mesin yang dapat dioperasikan secara bersama – sama tanpa saling terkait, Dimana pada *single stage* mesin paralel setiap *job* yang ada hanya perlu melalui satu mesin.



Gambar 3 Alur mesin paralel

Penjadwalan pada mesin paralel menjadi sedikit lebih kompleks jika dibandingkan dengan penjadwalan *single* mesin [4]. Hal ini dikarenakan penjadwalan pada mesin paralel harus menentukan pekerjaan mana yang harus dikerjakan terlebih dahulu sekaligus mesin mana yang akan mengerjakan pekerjaan tersebut.

### 2.3 Earliest Due Date

Metode *Earliest Due Date* termasuk metode heuristik dalam permasalahan penjadwalan yang memiliki alur penjadwalan sebagai berikut [5] :

1. Melakukan pengurutan *job* yang ada, dengan urutan *job* dengan *due date* terkecil hingga *due date* terbesar
2. Menjadwalkan masing – masing *job* yang ada dengan cara mengalokasikan pada mesin yang memiliki beban kerja paling kecil

### 2.4 Algoritma Genetika

Algoritma Genetika merupakan suatu algoritma yang menggunakan prinsip Darwin mengenai evolusi biologis dan prinsip ini dikenalkan oleh John Holland pada tahun 1975. Prinsip ini banyak digunakan sebagai optimasi penyelesaian suatu permasalahan [6]. Penjadwalan menggunakan Algoritma Genetika memiliki tahapan sebagai berikut [7]:

1. *Generate initial population*  
Penentuan populasi awal yang digunakan sebagai dasar penjadwalan dengan Algoritma Genetika
2. *Perhitungan nilai fitness*  
Perhitungan nilai *fitness* pada masing – masing kromosom yang ada berdasarkan fungsi tujuan yang ingin dicapai.
3. *Crossover*  
*Crossover* merupakan seleksi dari dua *parents* untuk membentuk *offspring (child solution)* yang dilakukan dengan perpindahan secara silang dari masing – masing *parents*.
4. *Mutation*  
Mutasi gen merupakan suatu proses operasi pada 1 kromosom yang melakukan perpindahan urutan atau tempat suatu gen yang dilakukan pada individu itu sendiri.
5. *Selection*  
Penentuan kromosom terbaik berdasarkan kromosom yang memiliki nilai *fitness* paling besar

### 2.5 Model Matematika

Pada penelitian ini menggunakan beberapa notasi untuk menyusun model matematika dan mendefinisikan permasalahan yang ada, yaitu :

$n$	Nomor dar job, $n = 1, 2, \dots n$
$m$	Nomor dari mesin paralel, $m = 1, 2, \dots m$
$i$	<i>Job index</i>
$k$	<i>Machine index</i>
$p_i$	Waktu proses dari job $i$
$C_i$	<i>Completion time</i> dari job $i$
$d_i$	<i>Due date</i> dari job $i$
$t_i$	<i>Tardiness</i> dari job $i$ , dimana $t_i = \max(C_i - d_i)$
$S_i$	<i>Starting time</i> job $i$

Adapun model matematika yang digunakan untuk meminimasi keterlambatan pada mesin paralel identik [8] adalah sebagai berikut :

1. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan pada penelitian ini adalah untuk meminimalkan jumlah *job* yang terlambat.

$$\text{Minimize } T = \sum_{i=1}^n t_i \quad (2.1)$$

2. Fungsi Kendala

a. Semua *job* tersedia pada waktu 0

$$S_i = 0 \quad (2.2)$$

b. Setiap *job* hanya memiliki satu operasi dan tidak dapat diproses pada mesin yang berbeda di waktu yang sama

$$\sum_{k=1}^m u_{(k,i,x)} = 1 \quad (2.3)$$

c. Semua dijadwalkan hanya sekali

$$\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^{\text{index}} u_{(k,i,x)} = 1 \quad (2.4)$$

d. *Tardiness* pada *job* *i* harus di minimasi

$$C_i - d_i \leq T_i \quad (2.5)$$

e. Karakteristik variabel

$$u_{(k,i,x)} \in \{0,1\} \quad \begin{array}{l} i= 1,2, \dots, M \\ k= 1,2, \dots, N \\ x= 1,2, \dots, \text{index} \end{array} \quad (2.6)$$

### 3. PEMBAHASAN

#### 3.1 Jadwal *Existing*

Pada penjadwalan *existing* yang dilakukan perusahaan terdapat keterlambatan pengerjaan *job* yang terjadi pada *workcenter* mesin FRAIS. Adapun keterlambatan pengerjaan *job* pada masing – masing mesin dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Data keterlambatan semua mesin

Mesin	<i>Tardiness</i> (jam)
1	56
2	128
3	224
4	168
5	344
6	328
7	232
8	392
9	224

Pada Tabel 1 dapat diketahui bahwa pada masing – masing mesin memiliki keterlambatan yang berbeda – beda, sedangkan untuk melihat jadwal *existing* dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut :

Tabel 2 Data *existing* mesin 8

Nomor Job	Plan Finish	Act Finish	Processing Time (jam)	Due date (jam)	Tardiness (hari)
7	4-Jul-19	2-Jul-19	3,92	40	-2
16	4-Jul-19	3-Jul-19	5,73	40	-1
25	5-Jul-19	11-Jul-19	3,01	48	6
34	3-Jul-19	3-Jul-19	6,42	32	0
43	8-Jul-19	8-Jul-19	4,13	56	0
52	4-Jul-19	4-Jul-19	2,56	40	0
61	5-Jul-19	9-Jul-19	6,25	48	4
70	4-Jul-19	2-Jul-19	3,63	40	-2
79	11-Jul-19	11-Jul-19	3,18	80	0
88	16-Jul-19	26-Jul-19	24,35	104	10
97	24-Jul-19	18-Jul-19	4,23	160	-6
106	26-Jul-19	29-Jul-19	3,86	176	3
115	17-Jul-19	30-Jul-19	54,78	120	13
124	1-Aug-19	26-Jul-19	3,79	208	-6
133	8-Aug-19	8-Aug-19	3,12	248	0
142	19-Jul-19	16-Jul-19	79,00	136	-3
151	14-Aug-19	10-Aug-19	4,22	280	-4
160	14-Aug-19	20-Aug-19	1,46	280	6
169	26-Aug-19	12-Aug-19	3,70	344	-14
178	26-Aug-19	2-Sep-19	3,98	344	7
187	16-Aug-19	16-Aug-19	5,51	296	0
196	12-Aug-19	9-Aug-19	0,03	264	-3

Pada Tabel 2 mesin 8 memiliki 22 *job*, dari 22 *job* yang ada terdapat 7 *job* yang mengalami keterlambatan. Total *tardiness* pada mesin 8 adalah 392 jam.

### 3.2 Dispatching rule

Untuk penjadwalan dengan menggunakan Algoritma Genetika, akan memperoleh hasil penjadwalan yang lebih baik ketika menggunakan *initial solution* dengan menggunakan *Earliest Due Date rule*, sehingga *job* yang ada diurutkan berdasarkan *job* yang memiliki *due date* terkecil. Berdasarkan Tabel 3 urutan pengerjaan *job* diurutkan berdasarkan *job* yang memiliki waktu yang paling kecil sebagai berikut :

Tabel 3 *Earliest due date rule* mesin 8

Nomor Job	Processing Time (jam)	Due date (jam)
1	6,42	32
7	3,92	40
16	5,73	40
52	2,56	40
70	3,63	40
25	3,01	48
61	6,25	48
43	14,13	56
79	3,18	80
88	24,35	104
115	54,78	120
142	79,00	136
97	4,23	160
106	3,86	176
124	3,79	208
133	3,12	248
196	0,03	264
151	4,22	280
160	1,46	280
187	5,51	296

169	3,70	344
178	3,98	344

### 3.3 Penjadwalan dengan Metode Algoritma Genetika

#### 1. Parameter yang digunakan

Adapun parameter yang digunakan untuk melakukan penjadwalan dengan menggunakan Algoritma Genetika adalah sebagai berikut :

1. *Population size* : 65
2. *Crossover probability* : 0,65
3. *Mutation probability* : 0,005
4. Jumlah mesin : 9
5. Jumlah job : 203

#### 2. Hasil Penjadwalan dengan GA

Setelah dilakukan penjadwalan dengan menggunakan metode Algoritma Genetika, terjadi pengurangan keterlambatan yang terjadi pada mesin 8. Dimana hasil penjadwalan pada mesin 8 dengan menggunakan Algoritma Genetika dapat dilihat pada Tabel 4 berikut

Tabel 4 Hasil penjadwalan mesin 8 dengan metode GA

<i>Job</i>	<i>Waktu Proses</i>	<i>Due Date</i>	<i>Completion Time</i>	<i>Tardiness</i>
77	14,78	48	14,78	0
16	5,73	40	20,51	0
36	11,77	48	32,28	0
43	4,13	56	36,40	0
12	4,62	40	41,03	1,03
72	3,82	40	44,85	4,85
31	1,50	48	46,35	0
14	5,73	48	52,07	4,07
32	10,01	88	62,08	0
158	42,00	104	104,08	0,08
107	2,96	192	107,04	0
119	12,27	120	119,31	0
96	2,26	144	121,57	0
124	3,79	208	125,36	0
128	4,93	216	130,29	0
129	4,93	224	135,22	0
172	1,98	336	137,20	0
146	3,42	256	140,62	0
196	0,03	264	140,65	0
153	3,04	280	143,68	0
167	5,13	288	148,81	0
162	6,77	296	155,58	0

Setelah dilakukan penjadwalan dengan metode Algoritma Genetika total keterlambatan pada mesin 8 menjadi 10,03 jam dengan total keterlambatan pada semua mesin menjadi 253,53 jam. Pengurangan keterlambatan yang terjadi pada mesin 8 adalah sebesar 97,4 %.

### 3.4 Hasil Perbandingan Penjadwalan

Pada Tabel 5 menunjukkan total keterlambatan semua mesin pada penjadwalan *existing* adalah 2096 jam, sedangkan dengan menggunakan metode *Earliest Due Date* keterlambatan yang terjadi sebesar 301,66 jam dan total keterlambatan penjadwalan semua mesin pada penjadwalan dengan menggunakan metode Algoritma Genetika sebesar 253,53 jam.

Tabel 5 Hasil perbandingan penjadwalan

Mesin	Tardiness (jam)		
	<i>Existing</i>	EDD	GA
1	56	55,75	52,25
2	128	24,54	13,2
3	224	61,84	0
4	168	17,93	47,8
5	344	42,18	4,39
6	328	29,53	26,39
7	232	36,06	15,22
8	392	21,64	10,03
9	224	12,19	84,25

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan jika dibandingkan dengan penjadwalan *existing*, penjadwalan dengan menggunakan metode Algoritma Genetika dapat mengurangi keterlambatan pengerjaan *job* sebesar 87,9%.

#### 4.KESIMPULAN dan SARAN

##### KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang didapat adalah penjadwalan dengan menggunakan metode usulan dapat mengurangi jumlah keterlambatan yang terjadi pada perusahaan. Setelah dilakukan penjadwalan dengan metode usulan keterlambatan yang terjadi pada *workcenter* mesin frais di semua mesin yang ada adalah 253,53 jam. Jika dibandingkan dengan keterlambatan pada penjadwalan *existing* yaitu sebesar 2096 jam, maka pengurangan total keterlambatan yang terjadi adalah 87,9%.

##### SARAN

Pada penelitian ini, terdapat beberapa saran yang ditujukan untuk perusahaan dan penelitian selanjutnya, yaitu :

- Perusahaan dapat mengevaluasi lebih dalam terkait dengan penjadwalan usulan yang telah dilakukan untuk dijadikan perbandingan dan digunakan untuk menjadwalkan pengerjaan sejumlah *job* yang ada
- Pada penelitian ini hanya berfokus tentang keterlambatan pengerjaan *job* yang terjadi pada *workcenter* mesin FRAIS, untuk penelitian selanjutnya bisa dipertimbangkan mengenai *job early* dan masalah biaya untuk membuat keputusan mana yang lebih baik untuk diambil.
- Dapat menggunakan algoritma penjadwalan yang berbeda untuk dijadikan perbandingan lainnya.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] A. Azami, K. Demirli and N. Bhuiyan, "Scheduling in aerospace composite manufacturing system: a two-stage hybrid flow shop problem," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, pp. 3259-3274, 2017.
- [2] S. A. Kumar and N. Suresh, *Production and Operations Management*, New Delhi: New Age Publishers, 2008.
- [3] M. L. Pinedo, *Scheduling Theory, Algorithms, and Systems* 5th edition, New York: Springer, 2016.
- [4] H. Kusuma, *Manajemen Produksi : Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, Yogyakarta: Andi, 2004.
- [5] R. Ginting, *Penjadwalan Mesin*, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2009.
- [6] S. N. Sivanandam and S. Deepa, *Introduction to Genetic Algorithms*, Berlin: Springer, 2008.
- [7] L. Haldurai, T. Madhubala and R. Rajalakshmi, "A Study on Genetic Algorithm and its Application," *International Journal of Computer Science and Engineering*, pp. 139-143, 2016.
- [8] I. A. Chaudhry and I. A. Q. Elbadawi, "Minimisation of total tardiness for identical parallel machine scheduling using genetic algorithm," *Indian Academy of Science*, 2016.