

# Optimasi Penjadwalan Produksi *Injection Mould Base Frypan Handle* Menggunakan Metode Algoritma Genetika

Fitri Annisa<sup>1\*</sup>, Rina Sandora<sup>2</sup>, Thina Ardliana<sup>3</sup>

Program studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*,3</sup>

Program studi Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

E-mail: fitriannisa14@student.ppps.ac.id<sup>1\*</sup>

---

**Abstract** – Scheduling is an important aspect in the company to manage the length of production process time so as not to experience delays. Moulding Company is a manufacturing industry company with a production flow of job shop. The company's scheduling system on the manufacture of *Injection Mould Base Frypan Handle* is delayed where there is a non-achievable duration between actual production and planned production, to be able to obtain a solution to this problem, the proposed method, namely the Genetic Algorithm. The Genetic Algorithm method was chosen because this method does not have special criteria found in other heuristic algorithms, so the computation time is relatively shorter. Calculations on the Genetic Algorithm method using Microsoft Excel and MATLAB R2016a media. The calculation of the Genetic Algorithm method produces the optimal job operation flow, namely : 6-17-7-21-15-24-23-14-1-8-10-22-18-11-20-2-13-16-5-19-4-12-9-3. In addition, costs of Genetic Algorithm method decreased by 44% or Rp. 3,401,891, - more economical than company scheduling.

**Keywords:** Genetic Algorithm, Job Shop, Makespan, Mould, Scheduling.

---

## Nomenclature

<b>P</b>	populasi
<b>f</b>	nilai kesesuaian
<b>q</b>	nilai probabilitas kumulatif
<b>P</b>	nilai probabilitas bertahan hidup
<b>F</b>	nilai total keseluruhan dari kesesuaian
<b>P<sub>crossover</sub></b>	persentase <i>crossover</i>
<b>P<sub>mutasi</sub></b>	persentase mutasi

## 1. PENDAHULUAN

Perusahaan *Moulding* merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri manufaktur pembuatan *moulding* (cetakan). Perusahaan ini mengkhususkan pada pengerjaan jenis *injection moulding* dengan aliran sistem produksi *job shop*. Dalam memenuhi permintaan pelanggan, perusahaan menggunakan sistem produksi *Make-To-Order* (MTO) pada pengerjaan produk *mould*. Penjadwalan pengiriman order pada perusahaan ini dianalisa oleh *Production Planning and Inventory Control* (PPIC) berdasarkan metode *First Come First Serve* (FCFS). Pada metode ini dimana order yang masuk terlebih dahulu maka akan dikerjakan lebih dulu. Namun dari sistem tersebut seringkali terjadi keterlambatan. Produksi komponen penyusun *mould base* yang tinggi menjadikan peran penjadwalan dari PPIC sangatlah berpengaruh terhadap kesuksesan produksi, karena keterlambatan proses produksi komponen akan berimbas pada pengerjaan *mould* yang tidak

sesuai dengan target penyelesaian, sehingga mengakibatkan proses *assembly* atau bahkan dalam proses pengiriman pada konsumen terlambat. Seperti halnya permasalahan pada salah satu proses pembuatan *Injection Mould Base Frypan Handle*, dimana terdapat ketidaktercapaian durasi antara produksi aktual dengan produksi yang telah direncanakan. Faktor keterlambatan tersebut bisa disebabkan sistem penjadwalan yang tidak sesuai dengan rencana maupun sumber daya lainnya. Sedangkan untuk waktu penyelesaian *mould*, karena setiap komponen penyusun produk *moulding* memiliki tingkat kesulitan dan waktu penyelesaian yang berbeda. Perusahaan harus memiliki perencanaan dan pengendalian yang baik mengenai penjadwalan. Tujuan dari penelitian ini diharapkan dapat memperoleh urutan penjadwalan yang tepat pada proses produksi *Injection Mould Base Frypan Handle* dan meminimalisir biaya upah. Hal tersebut diupayakan untuk mengoptimalkan proses produksi dan mengetahui urutan penjadwalan *job shop* secara optimal pada proses manufaktur *Injection Mould Base* produk *Frypan Handle* menggunakan metode Algoritma Genetika.

Namun ada beberapa batasan masalah pada penelitian ini antara lain analisa yang dilakukan hanya pada pembuatan *mould* yang sudah siap *assembly* dan *trial and error*, data yang digunakan periode Juni – Agustus 2020, tidak ada perubahan jumlah variabel proses serta hanya mengacu berdasarkan *Time Ticket*.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Algoritma Genetika

Algoritma genetik terinspirasi dari prinsip genetika dan seleksi alam (teori Darwin) yang ditemukan di Universitas Michigan, Amerika Serikat oleh John Holland melalui sebuah penelitian dan dipopulerkan oleh salah satu muridnya, David Goldberg menghasilkan buku berjudul "*Adaption in Natural and Artificial Systems*" pada tahun 1975. Konsep dasar algoritma genetika sebenarnya dirancang untuk mensimulasikan proses-proses dalam sistem alam yang diperlukan untuk evolusi, khususnya teori evolusi alam yang dicetuskan oleh Charles Darwin, yaitu *survival of the fittest*. Menurut teori ini, di alam terjadi persaingan antara individu-individu untuk memperebutkan sumber daya alam yang langka sehingga makhluk yang kuat mendominasi makhluk yang lemah [4]. Penggunaan algoritma ini adalah untuk mencari ukuran performansi yang lebih baik dengan melakukan pencarian titik - titik baru, seperti halnya pencarian generasi baru yang lebih baik sesuai dengan teori genetik. Dari suatu populasi awal, individu - individu melakukan beberapa operasi genetik tertentu. Kemudian daya tahan setiap individu tersebut dinilai untuk menentukan apakah individu - individu tersebut dapat dipilih pada generasi berikutnya atau tidak [1].

### 2.2 Langkah - Langkah Optimasi dengan Metode Algoritma Genetik

#### 1. Tahap Kodifikasi

Tahap kodifikasi dilakukan dengan menggunakan permutasi *encoding* tahap ini dilakukan untuk menentukan permasalahan pengurutan data. Kemudian dilakukan tahap inialisasi populasi awal dengan membentuk kromosom, pada kromosom tersebut dibentuk gen-gen secara acak. Kromosom merupakan kumpulan dari beberapa gen yang merepresentasikan operasi pada setiap mesin dari keseluruhan job. Setelah dilakukan perhitungan dengan inialisasi awal populasi maka tahap selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *fitness* pada tiap kromosom sesuai dengan fungsi tujuan awal.

#### 2. Tahap Dekodifikasi

Proses dekodifikasi merupakan proses mengubah kromosom menjadi solusi, sehingga kromosom dapat dievaluasi nilai kesesuaiannya, pada tahap penelitian ini dilakukan untuk mentransformasikan kromosom ke dalam bentuk *gant chart* [3].

#### 3. Tahap Fungsi Kesesuaian (*fitness function*)

Pada tahap fungsi kesesuaian atau *function fitness* merupakan fungsi tujuan dari penelitian Algoritma Genetika yang mengindikasikan seberapa baik suatu solusi dan seberapa dekat individu dengan solusi optimal. Setelah dilakukan

tahap proses dekodifikasi kemudian dapat dilakukan evaluasi menggunakan fungsi kesesuaian seperti berikut :

$$f_p = \left( \frac{1}{h+a} \right) \quad (2.1)$$

Catatan : Formula fungsi kesesuaian dapat diubah sesuai dengan tujuan penelitian yang dicari.

#### 4. Tahap Proses Seleksi

Pada tahap seleksi digunakan untuk memilih calon induk baru dari proses *crossover* dan mutasi. Jika diketahui ukuran populasi adalah P, maka jumlah kromosom yang akan diseleksi adalah ukuran populasi dikurangi dengan satu kromosom (*elitisme*) atau (P-1). Proses seleksi berisi Daftar Calon Induk (DCI) yang berisi (P - 1) kromosom *crossover* dan mutasi [3]. Tahap seleksi ini menggunakan metode *roulette wheel*, metode *roulette wheel* merupakan metode yang digunakan untuk menghitung nilai probabilitas bertahan hidup [3]. Jika  $P_p$  merupakan nilai probabilitas bertahan hidup individu p,  $f_p$  merupakan nilai kesesuaian individu p, dan F merupakan nilai total keseluruhan dari kesesuaian semua individu dalam satu populasi.  $P_p = \frac{f_p}{F}$

kemudian untuk nilai probabilitas kumulatif ( $q_p$ ) dapat dihitung berdasarkan  $P_p$  setiap individu. Individu p terseleksi jika nilai variabel random berdistribusi uniform (0,1) berada diantara  $q_{p-1}$  dan  $q_p$ . Pada kasus minimasi kemungkinan besar individu dengan nilai kesesuaian kecil memiliki peluang lebih besar untuk dipilih. Hal ini berarti individu dengan nilai kesesuaian kecil memiliki peluang untuk diganti dengan menggunakan *crossover* dan mutasi.

#### 5. Tahap Elitis

Proses elitis atau elitisme merupakan proses pemilihan nilai kesesuaian terbaik disuatu populasi. Individu yang memiliki nilai kesesuaian terbaik akan masuk dan dikumpulkan pada Daftar Individu Elit (DIE). Kemudian satu individu dalam DIE akan diacak secara random sehingga dapat dipilih dan dimasukkan ke dalam Daftar Induk Baru (DIB). Tujuan dari dilakukan pemilihan individu elit secara acak untuk DIB adalah mempertahankan individu terbaik terhadap populasi / generasi berikutnya dan memiliki setidaknya sama dengan populasi / generasi sebelumnya.

#### 6. Tahap Proses *Crossover*

Proses *crossover* merupakan proses pindah silang antara dua induk untuk menghasilkan dua individu anakan yang saling membagi karakteristik induk mereka [5]. Hal kritis pada tahap *crossover* adalah penentuan operator *crossover*. Pemilihan *crossover* yang salah akan berakibat pada turunnya kualitas individu anakan. Selain itu operator *crossover* harus menghasilkan operator yang layak. Individu yang mengalami *crossover* diambil dari Daftar Calon Induk (DCI).

Kemudian dua induk diambil secara acak dengan syarat induk 1 dan induk kedua tidak sama. Jika  $P_c$  adalah persentase *crossover* dalam satu populasi,  $P_{crossover}$  adalah jumlah kromosom yang mengalami *crossover* dan  $P$  adalah ukuran populasi, sehingga dapat diketahui sebagai berikut :

$$P_{crossover} = \text{Integer} (P - 1) * P_c \quad (2.2)$$

Apabila  $P_{crossover} \text{ Mod } 2 = 0$ , maka  $P_{crossover}$  dapat langsung digunakan. Sedangkan, apabila  $P_{crossover} \text{ Mod } = 1$ , maka  $P_{crossover}$  harus dikurangi satu sehingga menghasilkan bilangan genap.

Operator yang digunakan pada penelitian ini adalah *Partially Matched Crossover* (PMX). Operator ini memiliki prinsip yaitu menukarkan nilai gen – gen yang berada diantara dua titik *crossover* yang dipilih secara acak. Operator (PMX) merupakan modifikasi dari operator dua titik yang dilanjutkan dengan prosedur tambahan. Karakteristik representasi kromosom yang dapat menggunakan *crossover* PMX adalah tidak dibolehkan dalam satu *string* atau satu kromosom memiliki nilai gen yang sama.

#### 7. Tahap Proses Mutasi

Proses mutasi memiliki peran untuk membuat perubahan kecil secara acak terhadap solusi. Perubahan ini akan menambahkan beberapa karakteristik baru pada populasi secara bertahap. Selain itu proses mutasi dilakukan guna suatu solusi yang dihasilkan tidak terjebak dalam lokal optimal. Individu yang akan mengalami mutasi diambil dari Daftar Calon Induk (DIC). Kemudian individu yang digunakan merupakan individu yang tidak terpilih untuk proses *crossover*. Jika  $P_{crossover}$  adalah jumlah kromosom yang mengalami *crossover*  $P$  adalah ukuran populasi,  $P_{mutasi}$  adalah jumlah individu yang mengalami mutasi. Sehingga rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$P_{mutasi} = P - 1 - P_{cro} . \quad (2.3)$$

#### 8. Tahap Kondisi Terminasi

Proses terminasi merupakan populasi dilakukan hingga mencapai kondisi terminasi [5]. Kondisi penelitian tercapai apabila mengalami *Steady State* telah terpenuhi. *Steady State* berarti memiliki pengulangan nilai *fitness* terbaik sebanyak beberapa kali. Pada penelitian ini dilakukan penetapan pengulangan untuk mencapai nilai *steady* sebanyak tiga puluh kali.

#### 9. Tahap Penyelesaian

Penyelesaian dilakukan dengan menggunakan *software Microsoft Excel* dan *MATLAB R2016a*. Tahap ini dilakukan dengan cara membuat *coding* berdasarkan tahapan yang telah dijelaskan di atas. Tahap berikutnya adalah dilakukan validasi kesesuaian data dengan model yang diharapkan, berdasarkan fungsi yang ditetapkan.

### 2.3 Ketentuan Perhitungan Upah

Upah merupakan hak setiap pekerja sebagai penghargaan bagi pekerjaan yang telah dilaksanakan oleh pekerja. Upah adalah alasan utama bekerja bagi pekerja. Bahkan bagi beberapa pekerja, upah adalah alasan satu-satunya bekerja. Hal itu dikarenakan upah digunakan untuk menanggung kebutuhannya dan kebutuhan keluarganya [2]. Adanya hubungan kerja berawal dari sebuah perjanjian kerja, dengan adanya hubungan kerja maka akan muncul hak dan kewajiban masing-masing pihak. Salah satunya adalah waktu kerja baik dari pihak pekerja maupun pengusaha. Dalam peraturan perundang-undangan telah ditetapkan tentang ketentuan waktu kerja. Dalam Pasal 77 ayat 3 UU. No. 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja menyebutkan bahwa waktu kerja meliputi:

- a) 7 (tujuh) jam 1 (satu) hari dan 40 (empat puluh) jam 1 (satu) minggu untuk 6 (enam) hari kerja dalam 1 (satu) minggu; atau
- b) 8 (delapan) jam 1 (satu) hari dan 40 (empat puluh) jam 1 (satu) minggu untuk 5 (lima) hari kerja dalam 1 (satu) minggu.

Apabila melebihi waktu kerja normal yang telah ditentukan oleh perundang-undangan maka waktu kerja tersebut yang disebut dengan waktu kerja lembur. Perhitungan upah lembur harus mengikuti ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

- a) Perhitungan upah lembur didasarkan pada upah bulanan.
- b) Cara menghitung upah sejam adalah 1/173 kali upah sebulan. Angka 1/173 merupakan angka pasti berdasarkan keputusan Menakertrans.
- c) Dalam hal upah pekerja/buruh yang dibayar secara harian, maka penghitungan besarnya upah sebulan adalah upah sehari dikalikan 25 (dua puluh lima) bagi pekerja/buruh yang bekerja 6 (enam) hari kerja dalam 1 (satu) minggu, atau dikalikan 21 (dua puluh satu) bagi pekerja/buruh yang bekerja 5 (lima) hari kerja dalam 1 (satu) minggu.
- d) Dalam hal upah pekerja/buruh dibayar berdasarkan satuan hasil, maka upah sebulan adalah upah rata-rata 12 (dua belas) bulan terakhir.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Data Job

Peneliti telah menyediakan data – data yang telah dirangkum dalam sebuah tabel yang menjelaskan informasi mengenai jenis – jenis *part* atau komponen yang dikerjakan, jumlah *job* yang dikerjakan, inisialisasi tiap – tiap *job*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.1, dimana pada tabel tersebut menunjukkan data komponen (*job*) dengan masing-masing kode atau inisial yang digunakan.

Tabel 3.1: Data Job Injection Mould Base Frypan Handle

No	Komponen	Kode job
1	Top Plate	J1
2	Plate Hitter A	J2
3	Core Plate	J3
4	Cavity Plate	J4
5	Plate Hitter B	J5
6	Spacer Block	J6
7	Plate Ejector	J8
8	Ejector Pin	J9
9	Bottom Plate	J10
10	Sandaran Barcket	J11
11	Locating Ring	J12
12	Plate Ejector Support	J13
13	Support Rod	J14
14	Clamp Spacer	J15
15	Sprue Bushing	J16
16	Runner Bushing	J17
17	Baut Runner Pin	J18
18	Backing Plate	J19

6	24	Backing Plate (Q1)
7	23	Baut Runner Pin (Q2)
8	14	Locating Ring (Q1)
9	1	Top Plate (Q1)
10	8	Plate Ejector (Q1)
11	10	Ejector Pin (Q2)
12	22	Baut Runner Pin (Q1)
13	18	Clamp Spacer (Q1)
14	11	Bottom Plate (Q1)
15	20	Runner Bushing (Q1)
16	2	Plate Hitter A (Q1)
17	13	Sandaran Barcket (Q2)
18	16	Support Rod (Q1)
19	5	Plate Hitter B (Q1)
20	19	Sprue Bushing (Q1)
21	4	Cavity Plate (Q1)
22	12	Sandaran Barcket (Q1)
23	9	Ejector Pin (Q1)
24	3	Core Plate (Q1)

Berdasarkan pada Tabel 3.3 didapatkan hasil urutan pengerjaan *job* berdasarkan *running* program dari metode Algoritma Genetika. Urutan *job* tersebut dihasilkan nilai *makespan* minimal yaitu sebesar 174 jam.

### 3.2 Data Mesin Produksi

Tabel 3.2: Inisiasi dan Data Mesin Produksi

Tipe mesin	Nomor Mesin
Cylindrical Grinding	M1
CNC Milling 1	M2
CNC Milling 2	M3
EDM	M4
Lathe 1	M5
Lathe 2	M6
Frais 1	M7
Frais 2	M8
Radial Drilling 1	M9
Radial Drilling 2	M10
Surface Grinding 1	M11
Surface Grinding 2	M12
Surface Grinding 3	M13
Wire Cut	M14
Sand Blasting	M15

### 3.3 Analisa Penjadwalan dengan Urutan Job oleh Algoritma Genetika

Pada tahap analisa ini menggunakan beberapa parameter pengujian untuk mengetahui hasil optimum dari penjadwalan mesin. Seperti yang digunakan pada pengujian validasi program, parameter yang digunakan antara lain ukuran populasi, persentase *crossover*, dan *steady state*. Ukuran populasi yang digunakan yaitu 30 dan 70. Sedangkan persentase *crossover* menggunakan 0,2 dan 0,95. Sementara untuk *steady state* menggunakan parameter yang sama sebesar 30 perulangan. Pada pengujian ini menggunakan 24 *job* yang berjalan di 15 operasi mesin yang berbeda sehingga didapat pengurutan *job* yang disajikan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3: Hasil urutan operasi *job* metode Algoritma Genetika

Urutan ke-	Job ke-	Part
1	6	Spacer Block (Q1)
2	17	Support Rod (Q2)
3	7	Spacer Block (Q2)
4	21	Runner Bushing (Q2)
5	15	Plate Ejector Support (Q1)

### 3.4 Perhitungan Biaya Upah Produksi

#### 1. Upah Produksi Penjadwalan Perusahaan

Tabel 3.4: Hasil perhitungan Total Biaya Upah Penjadwalan Perusahaan

Upah jam kerja Normal	Rp.4.696.804,-
Upah Jam kerja Lembur	Rp.3.066.405,-
<b>Total Biaya Upah</b>	<b>Rp.7.763.209,-</b>

Berdasarkan pada hasil perhitungan Tabel 3.4 total biaya upah produksi untuk penjadwalan perusahaan berdasarkan pada hasil perhitungan Tabel 5 yaitu Rp.7.763.209,-, dengan biaya upah untuk jam kerja normal sebesar Rp.4.696.804,- dan biaya upah untuk jam kerja lembur Rp.3.066.405,-.

#### 2. Upah Produksi Algoritma Genetika

Upah pokok 1 bulan = Rp.4.193.581,-

Upah pokok per hari = Rp.4.193.581,- : 25 hari  
 = Rp.167.743,-/hari

Total biaya upah = Rp.167.743,-/hari x 26 hari  
 = Rp.4.361.318,-

Jadi, total biaya upah yang diperlukan apabila menggunakan metode algoritma genetika yaitu sebesar Rp. 4.361.318,- tanpa memerlukan biaya lembur.

### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis hasil penjadwalan produksi menggunakan metode algoritma genetika dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Penjadwalan menggunakan metode algoritma genetika yang diusulkan untuk diterapkan pada proses manufaktur *Injection Mould Base Frypan Handle* di Perusahaan *Moulding* memiliki urutan operasi *job* beserta detail *job* sebagai berikut :

*Job* 6 (*Spacer Block* Q1) - *Job* 17 (*Support Rod* Q2) - *Job* 7 (*Spacer Block* Q2) - *Job* 21 (*Runner Bushing* Q2) - *Job* 15 (*Plate Ejector*

*Support Q1) - Job 24 (Backing Plate Q1) - Job 23 (Baut Runner Pin Q2) - Job 14 (Locating Ring Q1) - Job 1 (Top Plate Q1) – Job 8 (Plate Ejector Q1) - Job 10 (Ejector Pin Q2) - Job 22 (Baut Runner Pin Q1) - Job 18 (Clamp Spacer Q1) - Job 11 (Bottom Plate Q1) - Job 20 (Runner Bushing Q1) - Job 2 (Plate Hitter A Q1) - Job 13 (Sandaran Barcket Q2) - Job 16 (Support Rod Q1) - Job 5 (Plate Hitter B Q1) - Job 19 (Sprue Bushing Q1) - Job 4 (Cavity Plate Q1) - Job 12 (Sandaran Barcket Q1) - Job 9 (Ejector Pin Q1) - Job 3 (Core Plate Q1)*

2. Biaya upah produksi penjadwalan algoritma genetika mengalami penurunan yang cukup signifikan yakni sebesar 44% atau Rp.3.401.891,- lebih hemat dari penjadwalan perusahaan, dengan detail biaya penjadwalan awal perusahaan sebesar Rp.7.763.209,-, dan biaya penjadwalan usulan sebesar Rp.4.361.318,-.

## 5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada Orang Tua penulis (Bapak Soerjanto dan Ibu Soemartiningsih), Ibu Rina Sandora, S.T., M.T., selaku Dosen

Pembimbing I dan Ibu Thina Ardiana, S.Si., MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan selama pengerjaan Tugas Akhir. Serta semua pihak yang telah memberikan dukungan secara moril maupun materil yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

## 6. PUSTAKA

- [1] Ginting, R. (2009). Penjadwalan Mesin. *Graha Ilmu*, 1-271.
- [2] Kurniati, Y. (2016). Pelaksanaan Ketentuan Upah Kerja Lembur Pekerja PT. Bank Danamon di Kab.Sekadau. *Jurnal Universitas Atma Jaya Yogyakarta*.
- [3] Paksi, A. B. (2014). Penjadwalan Fleksibel Job-Shop dengan Dual-Resource Constraints untuk Meminimasi Tardiness Menggunakan Algoritma Genetika. *Institut Teknologi Bandung*.
- [4] Putra, I. (2018). Penerapan Algoritma Genetika dan Implementasi Dalam Matlab. Tugas Akhir, *Universitas Udayana, Bali*.
- [5] Yulianto, A. (2018). Penjadwalan Pembuatan Inboard Outer Fixed Leading Edge di PT. Dirgantara Indonesia (Persero) Menggunakan Algoritma Genetika. *Tugas*