

Penjadwalan *Job Shop* pada Empat Mesin Identik dengan Menggunakan Metode *Shortest Processing Time* dan *Genetic Algorithm*

Ari Setiawan^{#1}, Susan^{#2}, Eka Kurnia Asih^{#3}

[#]*Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Harapan Bangsa
Jl. DipatiukurNo.80 Bandung, Indonesia*

¹ari_setiawan@ithb.ac.id

²sasuke_hunter@rocketmail.com

³eka@ithb.ac.id

Abstrak - PT. DI merupakan suatu perusahaan yang bergerak dalam bidang industri pembuatan komponen pesawat terbang belum dapat mengoptimalkan sumber daya yang dimilikinya karena penjadwalan mesin yang dilakukan belum efisien. Penjadwalan mesin tidak sesuai dengan penjadwalan produksi yang telah ditetapkan dan selalu memprioritaskan pengerjaan *part* yang memiliki waktu proses yang lebih panjang. Metode penjadwalan mesin yang tepat sangat diperlukan maka pada penelitian ini berfokus pada perbandingan metode penjadwalan yang dapat meminimasi waktu penyelesaian dari sejumlah pekerjaan yaitu metode *Shortest Processing Time* (SPT) dan *Genetic Algorithm* (GA). Rata-rata *flow time* dari metode SPT adalah 251 menit, sementara rata-rata *flow time* pada generasi terbaik yang dihasilkan dengan menggunakan metode GA yaitu sebesar 264 menit. Hal ini terjadi karena jumlah iterasi dan parameter percobaan pada metode GA yang belum memadai, dimana kemungkinan GA akan memberikan hasil yang lebih baik.

Katakunci: Penjadwalan, *Jobshop*, SPT, *Genetic Algorithm*, Rata-rata *FlowTime*

Abstract - PT.DI, as an aircraft industry, has not optimize the resources since they has not implement optimization in production scheduling. It is proposed in this paper, that the *Shortest Processing Time* (SPT) and *Genetic Algorithm* (GA) are the methods to minimize the mean flow time. The mean flowtime from the SPT methode is 251 minutes, meanwhile GA gives 264 minutes. GA has longer mean flow time, because of the parameter and interation is not suffiecient.

Keywords: Scheduling, *Jobshop*, SPT, *Genetic Algorithm*, Mean *FlowTime*

I. PENDAHULUAN

PT. DI merupakan suatu perusahaan yang bergerak dalam bidang industri pembuatan komponen pesawat terbang berdasarkan permintaan dari konsumen. PT. DI merencanakan dan merancang penjadwalan produksinya dengan menggunakan metode *backward scheduling* untuk menentukan kapan suatu produksi harus dimulai berdasarkan tanggal penerimaan di tangan konsumen. Penjadwalan

produksi terutama penjadwalan mesin pada PT. DI direncanakan dan dirancang oleh Bagian *Production Control*.

PT. DI belum dapat mengoptimalkan sumber daya yang dimilikinya karena belum dapat merancang penjadwalan yang baik dari sejumlah mesin yang digunakannya untuk meminimasi *flow time* dan biaya pengiriman yang dikeluarkannya. Salah satu hal yang memegang peranan penting dalam keterlambatan penyelesaian produk adalah penjadwalan produksi yang dilakukan.

Penjadwalan mesin kurang efisien dan belum optimal karena tidak mengikuti metode produksi yang telah ditetapkan dan selalu memprioritaskan pengerjaan *part* yang memiliki waktu proses yang lebih panjang. *Production Control* masih melakukan penjadwalan mesin secara manual yaitu hanya dengan memproses dan memasukan perencanaan penjadwalan mesin ke dalam *Microsoft Excel* dengan hanya melihat data *due date* dari setiap operasi dan status aktual dari operasi yang terjadi di lantai produksi. Penjadwalan mesin menjadi tidak efisien dan efektif karena penjadwalan terus-menerus diubah secara manual dan membutuhkan waktu yang lama.

II. TEORI PENDUKUNG

Penjadwalan produksi merupakan suatu cara untuk mengalokasikan sumber daya produksi (material, mesin, dan operator) yang tersedia, untuk menentukan waktu dimulainya operasi dan kapan operasi tersebut harus selesai dalam mengerjakan sejumlah pekerjaan (*job*). Dengan adanya penjadwalan yang baik diharapkan dapat menyelesaikan pesanan produk tepat pada waktunya, memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan bersama, maksimasi *throughput*, minimasi biaya produksi, pengurangan makespan, mengurangi WIP (*Work in Process*), peningkatan utilisasi fasilitas produksi serta untuk maksimasi pendapatan [1].

Pengurutan pekerjaan (*job*) dalam urutan dari waktu proses yang tidak menurun dikenal dengan pengurutan *Shortest Processing Time* (SPT) untuk alasan yang jelas, tetapi ini juga dikenal dengan variasi nama yang lain seperti *Shortest Operation Time* [2].

Algoritma genetika adalah algoritma komputasi yang diinspirasi teori evolusi yang kemudian diadopsi menjadi algoritma komputasi yang biasa digunakan untuk

memecahkan suatu pencarian nilai dalam sebuah masalah optimasi. Algoritma ini didasarkan pada proses genetik yang ada dalam makhluk hidup yaitu perkembangan generasi dalam sebuah populasi yang alami, secara lambat laun mengikuti prinsip seleksi alam atau “siapa yang kuat, dia yang bertahan (*survive*)”. Dengan meniru teori evolusi ini, algoritma genetika dapat digunakan untuk mencari solusi permasalahan-pemmasalahan dalam dunia nyata.

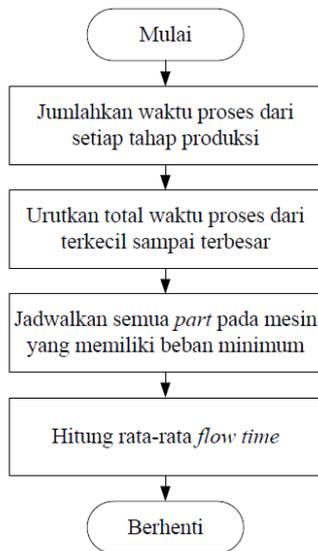
III. METODOLOGI PENELITIAN

Proses perancangan penjadwalan mesin dengan metode SPT pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan proses yang dapat dilihat pada Gambar 1.

Proses perancangan penjadwalan mesin dengan metode GA pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan proses yang dapat dilihat pada Gambar 2.

IV. DATA PENGAMATAN DAN PENGOLAHAN

Objek yang diamati pada penelitian dalam penelitian ini adalah *part-part* pesawat terbang yang melalui atau akan diproses pada empat mesin identik. *Part-part* tersebut akan mengalami proses pemotongan kasar untuk pembentukan profil utama dengan berbagai spesifikasi untuk menghasilkan *part* dengan ukuran dan bentuk yang diinginkan. Tahap satu merupakan tahap pembentukan profil bagian kanan atau STBD, tahap kedua merupakan tahap pembentukan profil bagian kiri atau *port*, dan tahap ketiga merupakan tahap pembentukan profil bagian samping. Tabel 1 berisi data-data *part-part* pesawat terbang yang melalui dan akan diproses pada empat mesin identik yang diperlukan untuk melakukan pengolahan data.



Gambar 1 Metodologi Penelitian

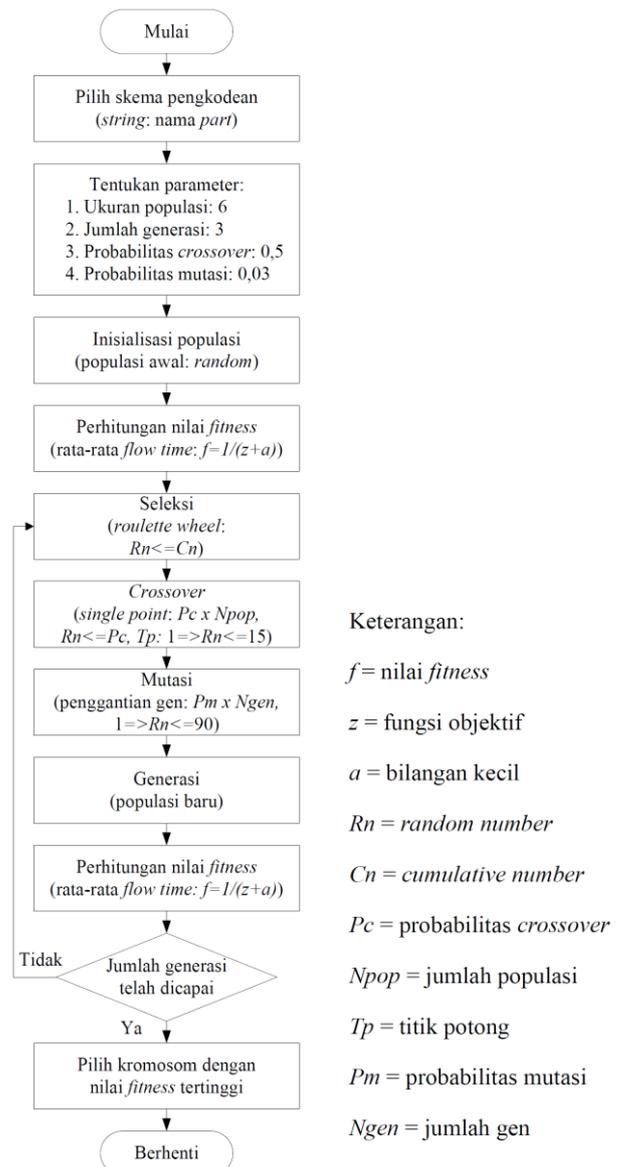
Shortest Processing Time (SPT)

Metoda SPT terdiri atas tiga langkah sederhana sebagai berikut:

Langkah 1: Jumlahkan waktu proses dari setiap tahap pada semua *job*.

Langkah 2: Urutkan total waktu proses dari semua *part* mulai dari waktu proses terkecil sampai terbesar.

Langkah 3: Jadwalkan semua *part* pada mesin yang memiliki beban minimum atau mesin yang memiliki total waktu proses yang lebih kecil dari mesin yang lainnya. Hasil pengolahan data dengan SPT ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 2 Perancangan Penjadwalan Mesin Menggunakan Metoda GA

TABEL 1
JOB DAN WAKTU PROSES TIAP STAGE

No.	Part Number (j)	Waktu Proses (menit) (ti)			Total Waktu Proses (menit) (ti)
		Stage 1	Stage 2	Stage 3	
1	PN-01	80	0	0	80
2	PN-02	60	60	0	120
3	PN-03	70	70	40	180
4	PN-04	60	30	0	90
5	PN-05	90	0	0	90
6	PN-06	100	0	0	100
7	PN-07	60	50	30	140
8	PN-08	60	30	0	90
9	PN-09	70	70	50	190
10	PN-10	60	60	40	160
11	PN-11	40	60	60	160
12	PN-12	80	50	0	130
13	PN-13	60	50	0	110
14	PN-14	90	0	0	90
15	PN-15	80	0	0	80

Langkah 4: Hitung rata-rata *flow time* keseluruhan dari setiap mesin yang telah dijadwalkan. Contoh dari *flow time* tiap *job* pada mesin ke-1 ditunjukkan pada Tabel 2. Rata-rata *flow time* dari keseluruhan mesin yang diperoleh dengan menggunakan metode SPT yaitu sebesar 251 menit

Genetic Algorithm (GA)

Genetic Algorithm (GA) merupakan algoritma kedua yang digunakan untuk meminimasi rata-rata *flow time* pada mesin-mesin paralel yaitu pada penelitian ini adalah empat mesin yang identik. Gambar 4 menjelaskan *flowchart* atau bagan alir GA merupakan bagan yang menggambarkan tahapan-tahapan kegiatan yang dilakukan dalam melakukan penjadwalan empat mesin identik dari awal sampai menghasilkan penjadwalan mesin yang memiliki rata-rata *flow time* yang minimum.

Langkah 1: Inisialisasi Populasi

Populasi awal dibentuk dengan melakukan penyusunan terhadap urutan *part number* secara acak sehingga didapatkan beberapa kromosom yang memiliki urutan *part number* yang berbeda satu sama lain.

Langkah 2: Perhitungan Nilai *Fitness*

Fungsi obyektif untuk menghitung nilai *fitness* pada penelitian tentang penjadwalan mesin di dalam Tugas Akhir ini yaitu:

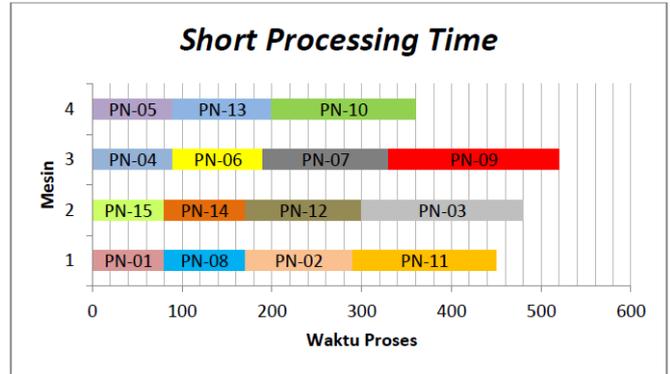
$$\min z = \frac{\sum (F_{j1} + \dots + F_{jn})}{n_m} \quad (1)$$

Keterangan:

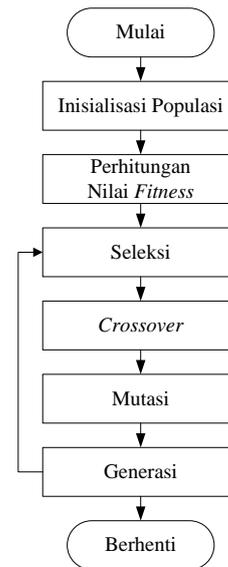
- $\min z$ = fungsi tujuan minimasi
- F_{jn} = *flow time* untuk *job* ke-n
- n_j = jumlah *job*
- n_m = jumlah mesin

TABEL 2
RATA-RATA *FLOW TIME* SPT PADA MESIN KE-1

M1		
Job	Waktu Proses	Flow time
PN-01	80	80
PN-08	90	170
PN-02	120	290
PN-11	160	450
Total		990
Rata-Rata		247,5



Gambar 3 Penjadwalan *Job* pada Empat Mesin Menggunakan Metoda SPT.



Gambar 4 Perancangan Penjadwalan Mesin Menggunakan Metoda GA

Persamaan matematis untuk mendapatkan nilai *fitness* pada penelitian tentang penjadwalan mesin di dalam penelitian ini adalah:

$$\max f = \frac{1}{(1+z)} \quad (2)$$

Keterangan:

- $\max f$ = fungsi tujuan maksimasi nilai *fitness*
- z = nilai fungsi obyektif

Hasil perhitungan nilai *fitness* dari pengolahan data disusun pada Tabel 3.

Langkah 3: Seleksi

Seleksi *Roulette Wheel* dilakukan dengan menghitung total nilai *fitness* yang telah didapatkan pada proses sebelumnya kemudian nilai *fitness* dari setiap kromosom diubah ke dalam bentuk persentase atau probabilitas lalu persentase atau probabilitas dari setiap kromosom dibuat ke dalam bentuk nilai kumulatif dan bangkitkan bilangan acak dari 0 sampai 1 sebanyak jumlah kromosom. Seleksi *Roulette Wheel* dilakukan dengan memilih kromosom-kromosom yang memiliki persentase atau probabilitas kumulatif yang menjadi area dimana bilangan acak tersebut berada atau bilangan acak tersebut terletak di area atau rentang dari persentase atau probabilitas kumulatif dari kromosom tersebut. Tabel 4 menjelaskan pengolahan nilai *fitness* dan seleksi yang dilakukan pada setiap kromosom pada populasi awal.

Pembagian area dalam bentuk persentase dari setiap kromosom ditunjukkan pada Gambar 5. Gambar 6 menunjukkan penggantian kromosom lama menjadi kromosom baru dimana kromosom 6 akan menggantikan kromosom 1 dan seterusnya sampai semua kromosom lama digantikan dengan kromosom baru sesuai dengan yang ditunjukkan pada Tabel 4.

TABEL 3

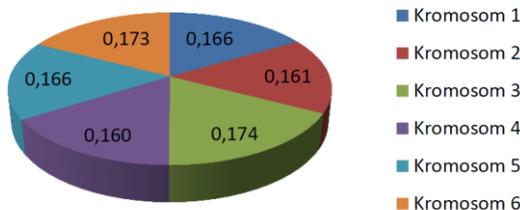
NILAI FITNESS POPULASI AWAL

Kromosom	Fungsi	<i>Fitness</i>
Kromosom 1	277	0,00360
Kromosom 2	286	0,00348
Kromosom 3	264	0,00377
Kromosom 4	288	0,00346
Kromosom 5	276	0,00360
Kromosom 6	265	0,00376

TABEL 4

HASIL SELEKSI POPULASI AWAL

Kromosom	Fungsi	<i>Fitness</i>	Persentase	Kumulatif	<i>Random Number</i>
Kromosom 1	277	0,00360	0,166	0,166	0,913
Kromosom 2	286	0,00348	0,161	0,327	0,019
Kromosom 3	264	0,00377	0,174	0,501	0,837
Kromosom 4	288	0,00346	0,160	0,660	0,331
Kromosom 5	276	0,00360	0,166	0,827	0,067
Kromosom 6	265	0,00376	0,173	1,000	0,760
Total		0,02167	1,000		



Gambar 5. *Roulette Wheel*

Langkah 4: Crossover

Metode *Single Point Crossover* dilakukan dengan membangkitkan bilangan acak dari 0 sampai 1 sebanyak jumlah kromosom seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5. kemudian pilih 3 kromosom yang memiliki bilangan acak yang besarnya kurang dari atau mendekati besar probabilitas crossover seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Lalu bangkitkan bilangan acak dari 1 sampai 15 sebanyak jumlah kromosom yang akan dilakukan crossover dimana bilangan acak tersebut akan menentukan titik persilangan gen yang akan ditukarkan antara 2 kromosom yang akan dikawinkan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6. Jumlah kromosom crossover = $0,5 \times 6 = 3$ kromosom.

Berdasarkan random number yang ditunjukkan pada Tabel 6 maka kromosom induk yang terpilih adalah kromosom 2, 5, dan 6 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

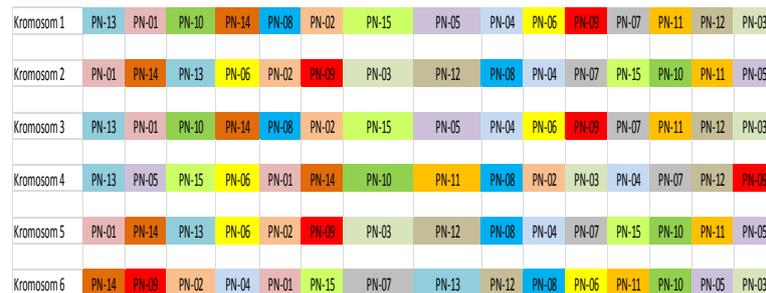
Titik potong yang merupakan titik persilangan antara 2 kromosom induk ditunjukkan dengan garis yang terletak pada 2 kromosom dimana kromosom 2 dan kromosom 5 akan menghasilkan kromosom anak 2 berikut juga dengan perkawinan yang selanjutnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Hasil *crossover* ditunjukkan pada Gambar 9.

TABEL 5
CROSSOVER

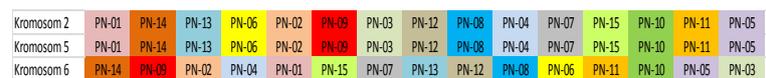
Kromosom	<i>Random Number</i>	Probabilitas Crossover
Kromosom 1	0,913	0,5
Kromosom 2	0,492	0,5
Kromosom 3	0,896	0,5
Kromosom 4	0,921	0,5
Kromosom 5	0,667	0,5
Kromosom 6	0,465	0,5

TABEL 6
SINGLE POINT CROSSOVER

<i>Single point</i>
5
8
12



Gambar 6 Hasil Seleksi Populasi Awal



Gambar 7 Induk Crossover

Langkah 5: Mutasi

Mutasi dilakukan dengan menghitung total gen keseluruhan dari ke-6 populasi kemudian hitung jumlah gen yang akan dimutasi. Lalu bangkitkan bilangan acak dari 1 sampai 90 sebanyak jumlah gen yang akan dilakukan mutasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 7. Bilangan acak tersebut akan menentukan posisi gen yang akan ditukarkan dengan gen yang tepat berada di sebelah kanannya.

Total gen keseluruhan = $15 \times 6 = 90$ gen
 Jumlah gen mutasi = $0,03 \times 90 = 2,7 = 3$ gen

Gen yang terdapat pada Gambar 9 akan bertukar posisi dengan gen yang terdapat pada sebelah kanannya yaitu gen ke-10 akan bertukar posisi dengan gen ke-11 dan seterusnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.

Langkah 6: Generasi

Individu baru yang memiliki nilai *fitness* yang paling tinggi akan terpilih menjadi solusi akhir yang akan diaplikasikan menjadi penjadwalan mesin yang diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan yang menjadi tujuan dari penelitian tentang penjadwalan mesin di dalam tugas akhir ini yaitu untuk meminimasi *flow time* atau menghasilkan penjadwalan mesin dengan *flow time* yang paling kecil. Hasil perhitungan dari setiap generasi ditunjukkan pada Tabel 8. Tiga kromosom terbaik pada masing-masing generasi adalah kromosom 4 pada generasi 1, kromosom 4 pada generasi 2, dan kromosom 1 pada generasi 3.

Gambar 8. *Crossover*

Gambar 9. Hasil *Crossover*

Gambar 10. Hasil Mutasi

V. ANALISIS

Berdasarkan dari hasil perhitungan rata-rata *flow time* dengan menggunakan metode SPT dan GA yang telah dilakukan menunjukkan bahwa rata-rata *flow time* yang dihasilkan dengan menggunakan metode SPT yaitu sebesar 251 menit sedangkan rata-rata *flow time* terbaik pada generasi 1 yang dihasilkan dengan menggunakan metode GA yaitu sebesar 264 menit maka diperoleh selisih rata-rata *flow time* yaitu sebesar 13 menit. Metode SPT yang merupakan metode *heuristic* yang menggunakan aturan prioritas tertentu yaitu mendahulukan pemrosesan *part* yang memiliki waktu proses terkecil lebih baik karena menghasilkan rata-rata *flow time* yang lebih kecil dari metode GA dalam sekali komputasi atau iterasi yang dilakukan. Akan tetapi metode GA melalui berbagai penelitian merupakan metode yang lebih baik dari metode *heuristic* karena algoritma ini membutuhkan banyak iterasi dan akan terus mencari urutan *part* yang dapat menghasilkan rata-rata *flow time* yang minimum dalam beberapa iterasi.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada perancangan penjadwalan mesin di PT. Dirgantara Indonesia, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Rata-rata *flow time* yang dihasilkan dengan menggunakan metode SPT yaitu sebesar 251 menit sedangkan rata-rata *flow time* terbaik pada generasi 1 yang dihasilkan dengan menggunakan metode GA yaitu sebesar 264 menit.
- b. Menurut berbagai penelitian, metode GA merupakan metode yang lebih baik dari metode *heuristic* karena algoritma ini akan terus mencari urutan *part* yang dapat menghasilkan rata-rata *flow time* yang minimum dalam beberapa iterasi. Hal tersebut tidak tercapai pada penelitian di dalam Tugas Akhir ini.

TABEL 7
SINGLE POINT CROSSOVER

Random Number
10
18
86

TABEL 8
HASIL PERHITUNGAN SETIAP GENERASI

Kromosom	Generasi 1		Generasi 2		Generasi 3	
	Fungsi	<i>Fitness</i>	Fungsi	<i>Fitness</i>	Fungsi	<i>Fitness</i>
Kromosom 1	268	0,00372	278	0,00358	265	0,00376
Kromosom 2	277	0,00360	268	0,00372	289	0,00345
Kromosom 3	265	0,00376	275	0,00363	268	0,00372
Kromosom 4	264	0,00377	267	0,00374	266	0,00374
Kromosom 5	280	0,00357	277	0,00360	275	0,00362
Kromosom 6	276	0,00361	268	0,00372	268	0,00372

karena kurangnya jumlah iterasi yang dilakukan dan penentuan ukuran parameter dan nilai probabilitas yang kurang tepat.

Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengembangkan penelitian perancangan penjadwalan mesin ini dengan cara merancang suatu program atau *software* yang dapat melakukan beberapa percobaan atau simulasi terhadap berbagai ukuran parameter dan nilai probabilitas agar dapat menghasilkan penjadwalan mesin yang optimal.

REFERENSI

- [1] Anna, Ika Deefi. 2002. Penjadwalan Produksi dengan Metode Short Processing Time (SPT) Untuk Meminimasi Waktu Alir. Madura: Jurnal TMI, Universitas Trunojoyo.
- [2] Baker, Kenneth R. dan Trietsch. 2009. *Principles of Sequencing and Scheduling*. New York: John Wiley and Sons, Inc.

Ari Setiawan, kelahiran Bandung 27 Mei 1966, menempuh pendidikan S1 Teknik Mesin di ITB dan lulus pada tahun 1990. Gelar Magister Teknik dan Manajemen Industri juga diperoleh di ITB pada tahun 1997. Minat penelitian: Perancangan Produk, Proses Produksi, dan *Maintenance*.

Eka Kurnia Asih, kelahiran Bandung, menempuh pendidikan S1 Teknik dan Manajemen Industri di ITB dan lulus pada tahun 2007. Pendidikan S2 Teknik dan Manajemen Industri juga di ITB dan lulus pada tahun 2014. Minat penelitian pada Perencanaan dan Pengendalian Produksi.

Susan lahir di Bandung pada 27 Mei 1966. Jenjang pendidikan S1 di Teknik Industri ITHB dan lulus 2014. Minat penelitian: penjadwalan.