

MINIMASI MAKESPAN PADA JOB SHOP SCHEDULING MENGGUNAKAN ALGORITMA ARTIFICIAL IMMUNE SYSTEM DI PT MITRA REKATAMA MANDIRI

Yohanes Anton Nugroho, Suswanto
Program Studi Teknik Industri, Universitas Teknologi Yogyakarta
yohanesanton@uty.ac.id

ABSTRACT

Scheduling in PT Mitra Rekatama Mandiri is using make to order approach, so they uses job shop manufacturing. Based on an initial analysis, obtained makespan 1964 minutes to order completion on March 2016. The study tries to minimize makespan in job shop scheduling for March 2016 in Machine Unit at PT Mitra Rekatama Mandiri. The results of the production scheduling with algorithm Artificial Immune System (AIS) produces a new sequence of jobs 2 – 3 – 4 – 1 and amount of makespan 1651 minute, so this method can reduce makespan 313 minutes.

Keywords: scheduling, Artificial, Immune, System, Makespan

ABSTRAK

Penjadwalan (*scheduling*) di PT Mitra Rekatama Mandiri menggunakan pendekatan *make to order*, sehingga menggunakan strategi produksi *job shop*. Berdasarkan analisis awal, didapatkan kebutuhan *makespan* sebesar 1964 menit untuk penyelesaian order pada bulan Maret 2016. Penelitian ini mencoba melakukan minimasi *makespan* dengan menggunakan *job shop scheduling* untuk bulan Maret 2016 di Unit Permesinan PT Mitra Rekatama Mandiri. Hasil penjadwalan produksi dengan algoritma *Artificial Immune System (AIS)* menghasilkan urutan pekerjaan (*sequence*) job 2 – 3 – 4 – 1 dan *makespan* sebesar 1651 menit, sehingga didapatkan minimasi *makespan* sebesar 313 menit.

Kata kunci: penjadwalan, *Artificial, Immune, System*, *makespan*

PENDAHULUAN

PT Mitra Rekatama Mandiri adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang industri manufaktur pengecoran logam di Klaten. Produk utamanya adalah komponen alat untuk pertambangan, alat pertanian dan alat konstruksi. PT Mitra Rekatama Mandiri menggunakan strategi produksi *make to order*, sehingga produksinya dilakukan secara *job shop*. Masalah yang dihadapi perusahaan adalah waktu pemenuhan pesanan masih tinggi, karena penjadwalan produksi belum dilakukan secara sistematis dan hanya dilakukan berdasarkan urutan kedatangan (*First Come First Serve*).

Berdasarkan permasalahan yang dihadapi perusahaan, maka penelitian ini mencoba untuk memperbaiki penjadwalan produksi yang ada. Metode penjadwalan

produksi yang akan coba dianalisis adalah menggunakan algoritma *Artificial Immune System (AIS)*. AIS merupakan suatu algoritma yang dikembangkan berdasarkan fungsi, mekanisme dan prinsip sistem kekebalan tubuh, yang kemudian dimodelkan menjadi model pencarian solusi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Engin dan Doyen (2004), Ginting dan Ginting (2006), Bondal (2008), Perdana (2011), Weckhamet *al* (2012), Astuti (2013), AIS dapat membantu meminimalkan *makespan* dalam penjadwalan produksi berbasis *job shop* ataupun *flow shop*. Berdasarkan hasil tersebut penelitian ini digunakan AIS dengan tujuan mengoptimasi penjadwalan produksi yang optimal, di mana didapatkan optimasi jumlah *makespan*.

Tujuan yang hendak dicapai dari penjadwalan di PT Mitra Rekatama Mandiri

adalah minimasi *makespan* pada jadwal produksi yang berbasis *job shop scheduling*. Pendekatan *Artificial Immune System* dipilih karena mampu menghasilkan jadwal yang sistematis dengan *makespan* kecil. Penjadwalan produksi pada unit kerja permesinan pada bulan Maret 2016, dengan *makespan* menggunakan metode perusahaan sebesar 1964 menit.

LANDASAN TEORITIS

Sistem kekebalan tubuh (*immune system*) merupakan suatu sistem kompleks yang terdiri atas sel, molekul dan organ yang mewakili suatu mekanisme pengidentifikasian yang dapat mengamati dan menyerang gangguan fungsi dari sel-sel dalam diri (*sel infeksi*) dan gerakan mikroorganisme infeksi dari luar (infeksi bukan dari diri sendiri) seperti virus, bakteri dan parasit lain (Jerne, 1974). Model *immune system* dicoba untuk diterapkan untuk menyelesaikan beberapa permasalahan dalam dunia industri, salah satunya adalah untuk meminimalisir waktu pengerjaan *job* pada penjadwalan produksi.

Algoritma *Artificial Immune System* (AIS) adalah sistem adaptif yang diterapkan untuk pemecahan yang telah berasal dari prinsip-prinsip, model dan fungsi sistem kekebalan tubuh manusia. Pengembangan AIS dipublikasikan Farmer *et al* (1986) dengan sebutan *The Immune System, Adaptation and Machine Learning*. Hoffman (1986) memperkenalkannya dengan sebutan dengan nama *Neural Network Model Based on the Analogy with the Immune System*.

Beberapa terminologi yang digunakan dalam *Algoritma Immune System* (AIS) antara lain adalah (Bondal, 2008):

1. *Antibody*

Pada teori tentang imunologi, *antibody* adalah suatu sel pada tubuh manusia, semacam sel T dan sel B yang melawan virus atau infeksi yang

menyerang kekebalan tubuh. Model *antibody* dalam AIS diadopsi sebagai solusi potensial yang dapat dihasilkan.

2. *Antibody Library*

Sistem kekebalan tubuh melepaskan sel T dan sel B untuk melawan infeksi atau virus. Sel tersebut tidak memiliki struktur atau komposisi yang unik. Sel B memiliki beragam bentuk dan ukuran, karena infeksi yang menyerang tubuh bervariasi, kompleks dan tidak dapat diprediksi, maka sel B memiliki bentuk dan struktur yang kompleks. Dalam AIS, *antibody library* berisi kumpulan kombinasi bentuk sel yang kompleks.

3. *Antigen*

Antigen dapat diartikan sebagai sel asing, infeksi, atau virus yang harus dihilangkan dari tubuh. Antigen dalam AIS dapat diartikan sebagai masalah yang akan diatasi.

4. Komponen

Komponen merupakan kelompok dari sejumlah gen, suatu solusi (*antibody*) terdiri dari kombinasi komponen pada setiap *library* yang berbeda.

5. Gen (*Genes*)

Gen merupakan level terendah dan merupakan elemen fundamental dari suatu antibodi. Suatu *cluster* (kelompok) gen membentuk suatu komponen dalam *antibody library*.

Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam penyelesaian menggunakan algoritma AIS (Berlianty dan Arifin, 2013):

1. Pembentukan Populasi Antibodi Awal
2. Perhitungan Intensitas Kombinatorial
3. Proliferasi Klon dan Aktivitas Perhitungan
4. Seleksi Antibodi Donor
5. Konstruksi *germ-line* DNA
6. Penyusunan kembali fragmen gen
7. Mekanisme Diversifikasi Antibodi

METODE PENELITIAN

Subjek dalam penelitian ini adalah bagian *machining* PT Mitra Rekatama Mandiri, yang berlokasi di Jl. Kop. Baja No. 2 Ceper, Klaten, Jawa Tengah. Objek penelitian yang dilakukan adalah meneliti tentang penjadwalan produksi yang dilakukan di PT. Mitra Rekatama Mandiri pada bulan Maret 2016.

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode penelitian kuantitatif. Penelitian kuantitatif dipilih karena penelitian ini merupakan penelitian ilmiah yang bertujuan untuk mengembangkan model-model matematis yang terkait dengan penjadwalan produksi pada perusahaan.

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara dan pengukuran

langsung di lapangan. Berdasarkan hasil pengumpulan data, didapatkan waktu produksi yang dibutuhkan pada masing-masing mesin produksi. Selain melalui pengumpulan data secara langsung, juga dilakukan pengumpulan data sekunder melalui pengumpulan data produksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

PT Mitra Rekatama Mandiri melakukan proses produksi melalui 2 divisi yaitu, divisi *casting* dan divisi *machining*. Divisi *casting* merupakan divisi yang memproduksi produk yang berhubungan dengan pengecoran logam, sedangkan divisi *machining* merupakan divisi kerja yang melakukan proses permesinan. Jumlah mesin yang digunakan dan proses yang dikerjakan pada masing-masing mesin ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1. Jenis dan Jumlah Mesin

KodeMesin	NamaMesin	Proses yang dikerjakan	Jumlah
M1	MesinBubut	<i>Facing, Turning dan Grooving</i>	8
M2	MesinBor	<i>Drilling</i>	2
M3	MesinGerinda	Gerinda (Menghaluskan)	2

Sumber: PT Mitra Rekatama Mandiri

Berdasarkan data produksi diperoleh dari PT Mitra Rekatama Mandiri pada bulan Maret 2016, didapatkan data seperti dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Produksi BulanMaret

No	JenisProduk	Produksi (Item)
1	Engine Pulley YST	1400
2	Main Pulley YST	1400
3	WingNut	10.000
4	Greating 700x600x40	100
TOTAL		12.900

Sumber: PT Mitra Rekatama Mandiri

Masing-masing produk dikerjakan di PT Mitra Rekatama Mandiri diproses melalui proses peleburan, pengecoran dan pembersihan permukaan benda kerja (*blasting*) yang dilakukan pada unit kerja *casting*, namun proses permesinannya dilakukan sesuai dengan bentuk dan desain yang diberikan oleh pemesan. Adapun proses permesinan yang dikerjakan pada masing-masing produk ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Aliran Proses Permesinan

No	Produk	Proses Permesinan
1	<i>Engine Pulley YST</i>	Pembubutan→Pengeboran→Gerinda
2	<i>Main Pulley YST</i>	Pembubutan→Gerinda
3	<i>WingNut</i>	Pengeboran→Gerinda
4	<i>Greating700x60x40</i>	Gerinda

Berdasarkan hasil pengukuran waktu baku dan waktu *set-up* yang dilakukan Suswanto (2016), selanjutnya dilakukan penentuan rencana kebutuhan waktu produksi

pada masing-masing mesin berdasarkan urutan nomer operasinya seperti Tabel 4.

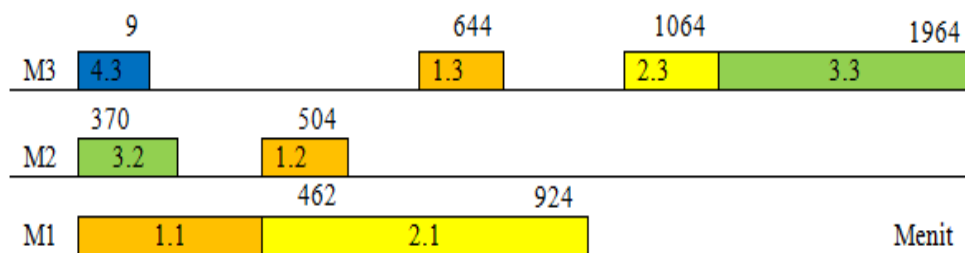
Tabel 4. Alokasi waktu per job

Job/Produk	Job	Operasi 1	Operasi 2	Operasi 3
Enggine pulley YST	J1	(M1) 462	(M2) 42	(M3) 140
Mainpulley YST	J2	(M1) 462	(M3) 140	-
WingNut	J3	(M2) 370	(M3) 900	-
Greating 700x600x40	J4	(M3) 9	-	-

Setelah diketahui alokasi waktu per job, selanjutnya dapat dilakukan penjadwalan menggunakan algoritma Artificial Immune System dengan menggunakan langkah berikut:

Pembentukan populasi antibodi awal dilakukan dengan menggunakan urutan (*sequence*) yang sudah dijalankan oleh perusahaan dengan *sequence*1 - 3 - 4 - 2, dengan urutan pekerjaan seperti ditunjukkan pada Gambar 1.

Langkah 1. Pembentukan Populasi Antibodi Awal



Gambar 1. Gantt Chart Berbasis Mesin

Langkah 2. Representasi antibodi dan klasifikasi gen

rantai berat (*heavy*), dimana rantai ringan diberikan kode L dan rantai berat diberikan kode H. Rantai ringan diberikan untuk mesin yang berada pada akhir suatu pekerjaan. Hasil representasi antibodi dan klasifikasi gen ditunjukkan pada Tabel5.

Apabila pekerjaan dilakukan dalam mesin, suatu antibodi berisi m x n gen. Pada setiap pengulangan gen (bilangan integer) terdapat operasi yang unik dan memiliki karakteristik yang berbeda pada masing-masing operasi. Penentuan rantai dilakukan dengan melihat proporsi gen rantai ringan (*light*) terhadap gen

Tabel 5. Representasi Antibodi dan Klasifikasi Gen

Antibodi	Mesin	Waktu proses	Jenisrantai
1	1	462	H
2	1	462	H
3	2	370	H

4	3	9	L
1	2	42	H
1	3	140	L
2	3	140	L
3	3	900	L

Langkah 3. Proliferasi Klon dan Aktivitas Perhitungan

Pengembangbiakan *clone* dilakukan untuk mencari ruang yang lebih luas dan pertukaran waktu. Pengembangbiakan *clone* terjadi pada rantai ringan (L), dimana dilakukan

penyusunan ulang jadwal mesin yang didasarkan pada populasi awal.

Pengembangbiakan *clone* dilakukan dengan mendonor rantai ringan menjadi rantai berat, sehingga menjadi seperti Tabel 6.

Tabel 6. Donor Terpilih

Donor	1	1	1	2	2	3	3	4
Mesin	1	2	3	1	3	2	3	3
	H	H	L	H	L	H	L	L

Langkah 4. Seleksi untuk antibodi-antibodi donor

Pengambilan antibodi donor dilakukan menggunakan beberapa sampel yang dirasa

dapat menggantikan gen rantai tipis yang ada pada *job* sebelumnya. Semakin banyak daftar pengerjaan suatu *job* pada mesin maka akan semakin banyak donor yang bisa didapat.

Benih	1	2	3	4	1	1	2	3
Mesin	1	1	2	3	2	3	3	3
Donor	1	1	1	2	2	3	3	4
Mesin	1	2	3	1	3	2	3	3
	H	H	L	H	L	H	L	L
Antibodi	1	2	3	2	1	1	4	3
Mesin	1	1	2	3	2	3	3	3
Jenis Rantai	H	H	H	H	H	H	H	H

Gambar 2. Pencarian Antibodi untuk Perbaikan Mesin 3

Dari benih yang ada didapat donor dari bilangan acak yang menghasilkan rangkaian baru yang mengandung *order* yang lebih kecil. Penambahan donor gen rantai tipis (L) terdapat pada mesin 3 tiap *job* agar gen rantai tipis menjadi gen rantai tebal (H). Hal ini untuk

memungkinkan *diversifikasi* gen yang hanya bisa dilakukan pada gen rantai tebal (H).

Langkah 5. Konstruksi *germ-line* DNA

Pada langkah ini dilakukan pembentukan garis yang dianggap memenuhi asumsi perhitungan *job* yang ada. Sebagai asumsi diambil

perbaikan pada job yang mengalami penggunaan mesin terbanyak, sehingga didapatkan rangkaian dari pembentukan

antibodi baru berdasarkan donor yang diujikan seperti Tabel 7.

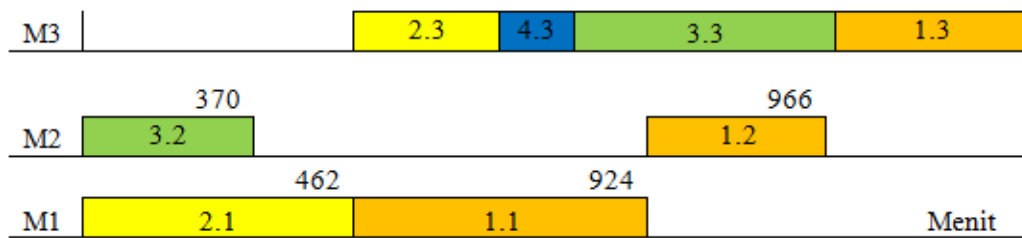
Tabel 7. Konstruksi *Germ-Line* Baru

Antibodi	1	2	3	2	1	1	4	3
Mesin	1	1	2	3	2	3	3	3
JenisRantai	H	H	H	H	H	H	H	H

Langkah 6. Penyusunan kembalifragmen gen Pengaturan ulang fragmen gen dilakukan berdasarkan pengaturan berbasis mesin, dimana pengaturan ulang penjadwalan ini tidak dilakukan karena asumsi untuk perbaikan pada penjadwalan mesin 3 hasilnya sudah lebih kecil dari *order* sebelumnya, sehingga dilanjutkan kelangkah berikutnya.

Langkah 7. Mekanisme Diversifikasi Antibodi Mekanisme diversifikasi antibodi dilakukan sebagai upaya untuk meminimasi *makespan* yang berdasarkan *order* adalah dengan mutasi titik somasi pada mesin yang memiliki proses

terpanjang dipindahkan penjadwalannya di akhir dari proses produksi. Pada penjadwalan ini *job* 1 memiliki waktu proses terlama, sehingga *job* 1 harus ditempatkan pada akhir proses produksi, Berdasarkan hasil *sequencing* dari AIS, diketahui *makespan* rangkaian yang dibentuk lebih kecil dibandingkan dengan *makespan* rangkaian awal. Adapun *sequence* baru yang dihasilkan dengan urutan pekerjaan 2 – 3 – 4 – 1. Adapun *Ghantt Chart* dari penjadwalan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Ghantt Chart* Baru Berbasiskan Mesin

Berdasarkan perbandingan jumlah *makespan* jadwal produksi perusahaan pada bulan Maret 2016, jadwal yang dibentuk menggunakan AIS didapatkan pengurangan *makespan* sebanggunakan sebesar 313 menit untuk penyelesaian semua proses permesinan. Dimana penjadwalan dengan metode perusahaan membutuhkan waktu *makespan* sebesar 1964 menit, sementara penjadwalan dengan algoritma AIS membutuhkan *makespan* 1651 menit.

SIMPULAN

Algoritma *Artificial Immune System* (AIS) dapat menghasilkan penjadwalan dengan

makespan yang lebih kecil dibandingkan dengan metode yang digunakan perusahaan. Hasil *sequencing* menggunakan AIS menghasilkan urutan pekerjaan (*job*)2 – 3 – 4 – 1, dengan *makespan* 1651 menit, sehingga terdapat minimasi *makespan* sebesar 313 menit dibandingkan metode perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

Berlianty dan Miftahol Arifin, 2010, *Teknik-teknik Optimasi Heuristik*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
 Bondal, *Artificial Immune Systems Applied to Job Shop Scheduling*, Thesis For the degree Master of Science, Faculty of

- The Russ College of Engineering and Technology of Ohio University, USA, March 2008.
- Engin and Doyen, *Artificial Immune Systems Industrial Problem*, Journal of Science, Vol 17, No 1, Hal 71-84.
- Farmer, Kauffman, Packard, and Perelson, A. S. (1987), *Adaptive Dynamic Networks as Models for the Immune System and Autocatalytic Sets*, Annals of the New York Accademc Of Science, Vol 504, Hal 118 – 131.
- Ginting, R., dan Ginting, *Studi Aplikasi Metode Artificial Immune System Dalam Penjadwalan Flow Shop*, Jurnal Sistem Teknik Industri, Vol 7, No 2, Hal 15-21.
- Hoffman, G. W., 1986, *A Neural Network Model Based on the Analogy with the Immune System*, Journal of Theoretical Biology, Vol 122, Hal. 33 – 67.
- Jarne, 1974. *Towards a network theory of the immune system*. Annales d'Immunologie, Vol. 125C, No. 1-2. Hal 373-389.
- Marni, A., 2012, *Studi Penjadwalan Job Shop Untuk Meminimalkan Waktu Keseluruhan Menggunakan Pendekatan Algoritma Artificial Immune System*, Jurnal Angkasa, Vol V, No 1, Hal 19-28.
- Perdana, S.B., 2011, *Aplikasi Algoritma Artificial Immune System (AIS) Pada Penjadwalan Job Shop Dalam Pembuatan Spring Bed (Studi Kasus Pt. Cahaya Kawi Ultra Polyintraco)*, Skripsi, Jurusan Matematika Universitas Jember, Jember.
- Suswanto, 2016, *Usulan Perbaikan Penjadwalan Produksi Dengan Menggunakan Metode Algoritma Artificial Immune System (Studi Kasus Pt Mitra Rekatama Mandiri)*, Tugas Akhir, Program Studi Teknik Industri Universitas Teknologi Yogyakarta, Yogyakarta.
- Weckman, Bondal, Rinder, and Young II, *Applying a Hybrid Artificial Immune Systems to The Job Shop Scheduling Problem*, Neural Computing & Application, Vol 21, No 7, Hal 1465–1475.