

PENDEKATAN ALGORITMA GENETIKA DALAM UPAYA OPTIMALISASI PENJADWALAN DI PT. NUANSA INDAH

Haider Ali Hatim, Fandi Ahmad

Teknik Industri, Universitas Islam Jakarta,
Jalan Balai Rakyat No.64, Utan Kayu, Jakarta Timur, 13120
Email: ali.xvr@outlook.com

ABSTRAK

Dari hasil observasi diketahui penjadwalan proses produksi pada industri Pengecatan di PT. Nuansa Indah memiliki kendala, terutama dalam melakukan pengaturan dan penjadwalan pekerjaan sehingga masih ditemuinya kesulitan dalam memenuhi tenggat waktu pengiriman yang diinginkan konsumen. dengan variasi jenis barang mencapai 30 jenis. Setiap jenis barang akan melalui 15 proses yang terkelompok dalam 4 tahapan yang harus dilakukan secara berurut. Adanya limitasi fleksibilitas proses pada keempat tahapan ini menyebabkan masalah penjadwalan menjadi kompleks.

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan menerapkan dua metode *dispatching rule*, yaitu SPT (*shortest processing time*) dan EFT (*earliest finish time*). Kombinasi kedua metode ini dituangkan ke dalam suatu algoritma *multiproduct-multistage* dan diaplikasikan pada inialisasi solusi. Dari inialisasi solusi ini dihasilkan penjadwalan awal untuk masing-masing tahapan. Dari hasil penelitian diketahui bahwa optimasi penjadwalan menggunakan pendekatan *Genetic Algorithm* menunjukkan pengurangan *makespan* sebesar 17090 detik atau 20.2385%.

Kata kunci: Penjadwalan, *Flexible Flow Shop*, *Multiproduct*, *Multistage*, *Dispatching Rule*, Algoritma Genetika

ABSTRACT

From the observation, it is known that the scheduling of the production process in the Painting industry at PT. Nuansa Indah has problems, especially in managing and scheduling work, so she still encounters difficulties in meeting the delivery deadlines that consumers want. with a variety of types of goods reaching 30 types. Each type of goods will go through 15 processes that are grouped into 4 stages that must be carried out sequentially. The limitation of process flexibility at these four stages causes the scheduling problem to be complex.

This study uses a qualitative approach by applying two dispatching rule methods, namely SPT (shortest processing time) and EFT (earliest finish time). The combination of these two methods is poured into a multiproduct-multistage algorithm and applied to the initialization of the solution. From the initialization of this solution, the initial scheduling for each stage is generated. From the research results, it is known that the scheduling optimization using the Genetic Algorithm approach shows a reduction in makespan of 17090 seconds or 20.2385%.

Keywords: *Scheduling, Flexible Flowshop, Multi Product, Multistage, Dispatching Rule, Genetic Algorithm*

1. PENDAHULUAN

Latar belakang

Persaingan di dunia perindustrian manufaktur saat ini tidak hanya berputar pada masalah mutu dan harga, namun juga pada masalah pengiriman. Ketiga faktor ini sering diistilahkan sebagai QCD yang terdiri dari *quality*, *cost* dan *delivery*.

Beberapa masalah yang kerap kali terjadi dan dinilai cukup penting dalam mencapai

kesuksesan perusahaan terdapat pada permasalahan *delivery* yang kuncinya adalah bagaimana mengupayakan aktifitas penjadwalan pekerjaan (*jobs*) dan pengaturan, supaya pesanan yang ada dapat diselesaikan sesuai dengan waktu dan perjanjian yang telah disepakati, lebih lanjut setiap sumber daya yang ada dapat di optimalkan serta dimanfaatkan. Aktivitas yang dapat dijalankan untuk menggapai tujuan yakni dengan

melakukan kegiatan penjadwalan dalam setiap proses yang direncanakan. Penjadwalan proses produksi bisa dikatakan optimal ketika dapat meminimalisir waktu diam (*idle time*) yang terjadi pada sektor atau divisi dalam proses dan mengecilkan jumlah aliran produk yang pada tahap pengerjaan (*work in process*).

Kegiatan penyusunan jadwal (*scheduling*) merupakan upaya pengidentifikasian langkah dari suatu produk yang dilakukan secara menyeluruh yang didalamnya melibatkan lebih dari satu mesin. memperkacil *makespan* akan berimplikasi pada minimnya waktu diam (*idle time*) ketika saat produksi berjalan sehingga nantinya barang yang dihasilkan akan selesai dengan kurun waktu lebih singkat. Kategori baik tidaknya pelaksanaan penjadwalan baiknya didasarkan pada tujuan dalam upaya memuaskan pelanggan dan juga menciptakan efektifitas biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan (Latif et al,2017). Algoritma Genetika mencoba untuk terus mengoptimalkan proses dan juga meminimalisir terjadinya hambatan pada proses, total waktu dari langkah produksi dan total waktu keseluruhan produksi, waktu alir produksidan waktu produksi. Dengan adanya pemanfaatan serta perumusan jadwal yang dilakukan secara efektif diharapkan keseluruhan penjadwalan dikerjakan dengan lebih tepat waktu serta didukung oleh sumber daya yang efisien (Alfiando,2017).

PT. Nuansa Indah merupakan perusahaan pengecatan yang memproduksi cover body sepeda motor Honda tipe Supra X 125. Dan sejak tahun 2014 PT. Nuansa Indah dipercaya oleh Astra Daihatsu untuk melakukan pengecatan pada *side body moulding* (SBM) dan part *Guand frt bumper* fp d22d depan belakang. Seiring berjalan waktu, PT. Nuansa Indah mendapatkan permintaan membuat *front body* pada motor Honda Beat sampai saat ini. Sebagai perusahaan manufaktur yang bergerak pada segmentasi pengecatan, PT. Nuansa Indah memiliki permasalahan dalam penjadwalan produksi sehingga sering kesulitan dalam memenuhi tenggat waktu pengiriman yang diinginkan konsumen dan sampai sekarang, tidak ada pendekatan metode baku dimanfaatkan untuk menyusun jadwal produksi. Karena pada kenyataan dilapangan bagian produksi menjadwalkan kegiatan produksinya hanya

secara *trial and error* atau berdasarkan pengalaman. Hal tersebut berimpikasi pada timbulnya masalah terutama pada saat penguraian beban tugas dan pembagian besaran sumber daya karena tidak mengindahkan kemampuan sumber daya (*resource*) dengan teliti dan rasional. Permasalahan ini diperparah adanya kompleksitas antara beberapa proses yang memiliki karakter proses dan kemampuan berproduksi yang berbeda di dalam satu lini antrean proses.

Kemudian hal lain yang dihadapi adalah keterbatasan fleksibilitas dalam proses produksi. Pada tahapan kesatu, yaitu proses persiapan, proses produksi dilakukan dengan bantuan seperangkat peralatan. Setiap tipe barang memiliki spesifikasi yang mempunyai keunikan antara dengan tipe lainnya. Demikian pula dengan proses di tahapan ketiga, yaitu proses pengeringan, yang memiliki suhu yang mempunyai diferensiasi untuk tiap jenis barang. Pergantian alat maupun set mesin akan mengakibatkan bertambahnya waktu *idle* sehingga berpotensi menimbulkan keterlambatan apabila pengaturan pergantian tipe barang tidak dilaksanakan. Jumlah pesanan yang bervariasi dan waktu proses yang berbeda antara satu tipe dengan tipe yang lain dan perbedaan waktu proses antara tahapan yang satu dengan tahapan yang lain membuat penjadwalan sulit untuk dilakukan.

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mendapatkan suatu penjadwalan produksi yang tepat guna optimasi penggunaan sumber daya (*resource*) yang dimiliki sesuai dengan kesepakatan waktu pengiriman yang telah ditetapkan. Perhitungan dan penyusunan jadwal produksi akan dilakukan dengan memanfaatkan metode Algoritma Genetika yang diaplikasikan dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB R2016b. dan diharapkan dari penelitian dapat membuat suatu model penjadwalan produksi yang tepat dan sesuai. Kemudian membuat suatu penjadwalan produksi yang terintegrasi untuk semua produk dalam semua proses produksi, sehingga mempercepat dilakukannya penjadwalan produksi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penjadwalan (*scheduling*) merupakan, pendefinisian langkah dalam pemrosesan

produk yang dilakukan dengan menyeluruh kemudian di proses dengan mesin mesin yang lain. Perancangan jadwal juga dapat diartikan sebagai langkah pemberian besaran sumber daya untuk menjadwalkan beberapa tugas dalam kurun waktu periode tertentu (Tampubolon, 2021).

Masalah penjadwalan sangat erat kaitannya dengan keterlibatan sejumlah komponen yang terkadang lebih sering disebut dengan ungkapan *job*. *Job* sendiri masih merupakan kumpulan dari beberapa elemen dasar aktivitas atau operasi. Pada setiap kegiatan atau operasi membutuhkan jumlah sumber daya tertentu didalam suatu periode tertentu yang lebih dikenal dengan waktu proses, sumber daya yang dimaksud dalam hal ini juga melingkupi elemen lain diantaranya waktu tunggu, mesin, transportasi, dan elemen pendukung lain.

Kurang akurat nya penjadwalan adalah suatu hal yang biasa terjadi, terutama dalam organisasi atau perusahaan dimana kenyataannya masih terdapat sejumlah sumber daya yang terbatas namun seakan dipaksa untuk menyelesaikan beberapa pekerjaan sekaligus, namun optimalisasi dalam proses produksi bukanlah suatu keniscayaan, salah satunya dengan memanfaatkan *Flexible Job Shop* (FJSP) yang merupakan pengembangan dari *job shop* yang didalam konsepnya terdapat beberapa mesin yang digunakan secara bersamaan untuk memproses suatu pekerjaan (Tampubolon, 2021) & (Krisnanti & Sudiarso, 2012).

Dari beberapa definisi sebelumnya, maka dapat dikatakan terdapat dua elemen pada saat kegiatan penjadwalan berlangsung, yakni langkah-langkah pekerjaan (*sequence job*) yang menginformasikan jalan keluar terbaik serta pembagian besaran sumber daya (*resources*). Jenis sumber daya yang dimaksud merupakan jenis kualitatif dan kuantitatif, yaitu terdiri dari tipe apa serta banyaknya sumber daya yang dimiliki. Permintaan proses (*job order*) yang didapatkan kemudian diuraikan dalam model kebutuhan dari sumber daya, waktu proses, waktu dimulai hingga kepada waktu berakhirnya proses.

Suatu alur proses pekerjaan didalam perusahaan pada intinya adalah saling terkait dan dapat diterjemahkan dalam suatu bentuk prosedur yang di taati bersama. Dengan harapan jika setiap pegawai dapat melakukan pekerjaannya sesuai penjadwalan yang telah

ditetapkan dan sesuai dengan tahapan, harapannya dapat mendukung perusahaan dalam upaya memenangkan persaingan dengan cara menghasilkan barang terbaik sesuai penjadwalan (Putri et al., 2018).

Adanya masalah dalam upaya penyusunan jadwal merupakan fenomena yang hanya bersumber dari pengalokasian dan dengan pendekatan model matematis diharapkan dapat membantu dalam menentukan jalan keluar yang paling optimal. jenis serta model penjadwalan yang nantinya akan menghasilkan suatu strategi perumusan masalah yang sistematis, ditambah dengan jalan keluar yang diharapkan, dalam menyelesaikan masalah penjadwalan dapat memanfaatkan pendekatan yang dikenal sebuah model sederhana serta umum digunakan pemanfaatannya secara luas yakni peta *Gantt* (*Gantt chart*) dimana gambar grafik tersebut merupakan keterkaitan antara alokasi sumber daya yang di bandingkan dengan waktu yang tersedia.

Penjadwalan yang kurang optimal terutama dalam konsep *make to order* dapat diakibatkan karena kurang tepatnya tataletak terutama dalam penempatan fasilitas proses produksi yang pada akhirnya mengakibatkan produktifitas menjadi tidak sesuai dengan target (Havi et al., 2018), hal ini dapat ditemui karena terjadi ketidak lancar alur proses pada saat produk di produksi , maka perumusan penjadwalan menjadi hal yang *urgent* untuk dilakukan dalam upaya menciptakan optimalisasi (Adiyanto & Clistia, 2020). Dalam penyusunan penjadwalan yang optimal, suatu organisasi atau perusahaan dapat memanfaatkan pendekatan algoritma genetika, yang langkahnya dapat dimulai dengan mencoba menginisialisasi data yang membentuk individu. Untuk selanjutnya mencoba menghitung nilai *fitness* yang terdapat pada tiap individu, untuk kemudian diseleksi untuk memilih *fitness* terbaik yang ada pada individu (Satriyanto, 2017) & (Muhammad Fachrie, 2021).

Algoritma genetika termasuk dalam kategori rumpun *Evolutionary Algorithm*. GA lebih berdasarkan kepada konsep genetika serta fenomena seleksi. Tiap elemen dasar genetika alam adalah: mutasi reproduksi dan *crossover*, setiap elemen ini yang dimanfaatkan dalam prosedur GA. Pendekatan algoritma banyak dimanfaatkan, terutama dalam upaya penyelesaian masalah kombinatorial seperti TSP, VRP, *crew scheduling* untuk *airline*

hingga kepada penyelesaian permasalahan kontrol. GA merupakan *pioneer* dalam pendekatan *Metaheuristik*. Banyak algoritma yang belakangan muncul mengadopsi beberapa langkah dari GA.

Pada pendekatan *evolution-based* normalnya berupa pembangkitan beberapa populasi yang terdapat dalam masalah optimasi yang dijadikan solusi awal. Dengan langkah-langkah tertentu seperti mutasi, seleksi, dan *crossover* pada akhirnya akan menghasilkan keluaran dari problem optimasi yang dihadapi. GA termasuk temuan penting dalam bidang optimasi, di mana suatu algoritma diciptakan dengan meniru mekanisme evolusi dalam perkembangan makhluk hidup. Dalam GA prosedur pencarian hanya didasarkan pada nilai fungsi tujuan, tidak ada pemakaian gradient atau teknik kalkulus.

Dasar dari pendekatan algoritma genetika dapat dimanfaatkan untuk mencari nilai tertinggi dari parameter dengan cangkupan yang lebih besar dengan pemilihan parameter yang lebih optimal yaitu dengan cara pemanfaatan algoritma genetika (Wang et al, 2013 dalam Alfandianto et al, 2017). Meskipun begitu bukan berarti pendekatan ini sempurna, Algoritma genetika mempunyai sejumlah kekurangan, seperti ketika memilih parameter yang kurang tepat maka akan berimplikasi pada lemahnya keakuratan data yang disajikan. Permasalahan lain yang cap kali terjadi pada algoritma genetika ialah ketika mendapatkan cara atau cara lain yang baik setelah beberapa tahapan langkah selanjutnya dilakukan pengulangan, konsep ini diharapkan dapat meminimalisir kerugian dengan cara memilih parameter yang tepat. (Alfandianto et al, 2017) menyebutkan beberapa hal dalam kegiatan menyusun algoritma genetika yaitu:

1. Inisialisasi populasi awal ialah suatu metode dalam upaya mendapatkan kromosom-kromosom awal. nilai keseluruhan individu yang terdapat dalam populasi awal merupakan masukan dari pengguna. Setelah nilai keseluruhan individu pada populasi awal didapatkan, kemudian dibangkitkan inisialisasi kepada kromosom yang ada pada populasi tersebut.
2. Melakukan Pengkodean Individu karena beberapa pendefinisian penting perlu diperhatikan dalam upaya menginterpretasikan setiap individu untuk

- membangun penyelesaian masalah dengan pendekatan algoritma genetika
3. Kegunaan kegiatan evaluasi dalam pendekatan algoritma genetika adalah sebuah upaya yang didalamnya memberikan penilaian terhadap kromosom agar selanjutnya dijadikan dasar dalam upaya mencari nilai optimasi terbaik pada algoritma genetika
4. Nilai *fitness* yang dikembangkan dalam proses seleksi memanfaatkan roda rolet, atau dengan langkah menghitung nilai fungsi objektif kemudian dibagi dengan total fungsi objektif.
5. Melakukan Proses Seleksi dimana didalamnya merupakan proses penentuan induk untuk kemudian dilakukan pengulangan.
6. *crossover* atau Pindah silang didalamnya terdapat proses dalam upaya menghasilkan kromosom baru yang berasal dari dua kromosom induk dengan cara mengkombinasikan tiap bagian informasi dari kromosom. Kromosom baru dihasilkan dari *crossover* yang disebut anak kromosom.
7. Mutasi ialah kegiatan merubah dengan cara *random* besaran nilai dari satu maupun beberapa gen yang terdapat didalam suatu kromosom. Mutasi merupakan operator algoritma genetika dengan tujuan untuk membentuk individu yang baik atau memiliki kualitas dibandingkan dengan individu yang lain. Mutasi dikombinasikan dengan anak kromosom yang terbentuk dengan jumlah gen setiap kromosom, dengan harapan terdapat kromosom yang berasal dari dari gen pada populasi yang akan bermutasi.
8. Total keseluruhan kromosom yang mengalami mutasi pada suatu populasi bergantung pada oleh parameter *mutation rate*. Dimana didalamnya dikerjakan dengan cara mensubstitusi gen dengan suatu nilai baru yang didapatkan setelah *offspring*.

9. METODE PENELITIAN

Peneliti menggunakan pendekatan kualitatif, dimana didalamnya mencoba

mengumpulkan data serta fenomena riil hasil temuan pada saat observasi lapangan seperti data pesanan konsumen, data kapabilitas mesin, workstation, waktu baku produksi serta waktu penyetelan saat penggantian job. kemudian dilengkapi dengan studi literatur, dan berdasarkan data yang ada peneliti mencoba membuat model algoritma untuk permasalahan yang diteliti untuk kemudian data tersebut diolah dengan menggunakan bantuan software MATLAB dan selanjutnya membandingkan penjadwalan yang dilakukan saat inisialisasi solusi dengan penjadwalan baru yang menggunakan metode Algoritma Genetika. Sehingga dapat diketahui penjadwalan yang paling optimal. Sebagai rujukan bagi perusahaan.

10. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini memiliki tipe pekerjaan *flexible flow shop* di mana barang yang diproses harus melalui beberapa tahapan (stage) dengan mesin-mesin yang disusun secara paralel. Fungsi tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan *minimum makespan* (Cmax). *Makespan* adalah rentang waktu yang dibutuhkan untuk memproses pekerjaan yang dimulai pada waktu RT dan diselesaikan pada waktu FT.

Untuk penelitian ini, data pemesanan diambil dari data pemesanan untuk pengiriman bulan Agustus. Proses produksi terhadap pesanan ini dilakukan pada akhir bulan Juli dan awal bulan Agustus di mana total hari kerja normal yang tersedia berjumlah 31 hari. Data pemesanan selengkapnya dapat dilihat pada tabel.

Tabel 1. Jumlah Pesanan pada Agustus

Tipe Produk	Jumlah Pesanan
1	100
2	10
3	160
4	120
5	115
6	65
7	27
8	25

9	25
10	45
11	106
12	90

Sumber: Data diolah

Dari data pemesanan yang ada, dilakukan inisialisasi solusi untuk mendapatkan penjadwalan awal yang akan dioptimasi pada langkah selanjutnya. Pada tahap inisialisasi solusi ini, jumlah pemesanan setiap jenis barang dibagi dan diambil secara sampling yang merepresentasikan jumlah barang yang akan diproses selama 5 hari kerja. Angka pada data tersebut dibulatkan ke angka terdekat.

Kondisi yang digunakan pada penjadwalan adalah sebagai berikut:

1. Setiap mesin/*workstation* hanya mengerjakan satu unit barang pada satu waktu dan tidak dapat diselingi oleh pekerjaan lain (*non preemptive*).
2. Tidak ada kendala dalam ketersediaan material.
3. Kondisi mesin dianggap stabil.
4. Waktu proses (*processing time*) sudah termasuk waktu *set up*.

Tahapan yang dilakukan dalam melakukan inisialisasi solusi adalah sebagai berikut:

1. Menetapkan metode penjadwalan.
2. Menyusun penjadwalan.
3. Menghitung *makespan*.

Tabel 2. Data Pesanan Untuk Inisialisasi Solusi

Tipe Produk	Jumlah Pesanan
1	7
2	1
3	12
4	5
5	10
6	3
7	4
8	4
9	6
10	8

11	11
12	5

Sumber: Data diolah

Dari algoritma inialisasi solusi ini akan dibuatkan program penjadwalan dan perhitungan sebagai dasar penetapan nilai *fitness* fungsi tujuan pada program yang menggunakan *Genetic Algorithm*.

Verifikasi Program

Tujuan dari verifikasi program adalah untuk memastikan bahwa program telah dibuat dengan benar sesuai dengan algoritma yang ditetapkan dengan cara:

1. Verifikasi program ini hanya dilakukan terhadap algoritma yang digunakan pada inialisasi solusi.
2. Verifikasi program dilakukan dengan membandingkan penjadwalan dan perhitungan yang dilakukan secara manual dengan penjadwalan dan perhitungan yang dihasilkan oleh program Penjadwalan dan perhitungan manual dilakukan dengan menggunakan piranti Microsoft Excel.

Penjadwalan dan Perhitungan Manual

Penjadwalan tahapan 1

Penjadwalan tahapan 1 dimulai dengan menghitung total waktu proses setiap job. Total waktu proses adalah jumlah perkalian antara jumlah unit pesanan pada job tertentu dengan standard time job tersebut.

Tabel 3. Data total waktu proses pada tahap I

Job	Jumlah	Waktu Baku	Total Waktu Proses
(i)	(Jm)	(Sti)	(Pti=Sti*Jm)
(1)	7	2331	16317
(2)	1	1684	1684
(3)	12	2538	30456
(4)	5	2276	11380
(5)	10	1790	17900
(6)	3	2895	8685

(7)	4	1829	7316
(8)	4	1527	6108
(9)	6	1629	9774
(10)	8	1856	14848
(11)	11	2238	24618
(12)	5	2856	14280

Sumber: Data diolah

Verifikasi Program

Dari data pada lampiran 2, dilakukan pemeringkatan job berdasarkan total waktu proses dimulai dari total waktu proses terkecil seperti pada tabel dibawah ini

Tabel 4. Peringkat Job berdasar total waktu proses pada tahapan 1

Job	Jumlah	Waktu Baku	Total Waktu Proses
(i)	(Jm)	(Sti)	(Pti=Sti*Jm)
(2)	1	1684	1684
(8)	4	1527	6108
(7)	4	1829	7316
(6)	3	2895	8685
(9)	6	1629	9774
(4)	5	2276	11380
(12)	5	2856	14280
(10)	8	1856	14848
(1)	7	2331	16317
(5)	10	1790	17900
(11)	11	2238	24618
(3)	12	2538	30456

Sumber: data diolah

Berdasarkan data tabel 4 diatas selanjutnya dilakukan penugasan job pada setiap workstation dimulai dari job dengan urutan pertama untuk workstation m1, urutan kedua untuk workstation m2, urutan ketiga untuk workstation m3, urutan keempat untuk

workstation m1 dan seterusnya. Hasil penugasan job pada setiap mesin seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. Urutan Pengerjaan Job Pada Tahapan 1

Workstation	Urutan Pengerjaan Job			
m1	2	6	12	5
m2	8	9	10	11
m3	7	4	1	3

Sumber: Data diolah

Penjadwalan Tahap 2

Untuk menyusun penjadwalan tahapan 2, terlebih dahulu dilakukan pemeringkatan terhadap FT semua unit yang dikerjakan oleh workstation m1, m2 dan m3 pada tahapan 1. Pemeringkatan dimulai dari unit dengan nilai FT terkecil seperti pada lampiran 5. Langkah selanjutnya adalah memasukkan lima unit yang memiliki FT terkecil ke workstation m1, m2, m3, m4 dan m5 seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 6. Urutan Pengerjaan Job Pada Tahapan 2

No	Job, Unit	FT Tahap 1	Workstation
1	(8,1)	1527	m1
2	(2,1)	1684	m2
3	(7,1)	1829	m3
4	(8,2)	3054	m4
5	(7,2)	3658	m5

Sumber: Data diolah

Langkah selanjutnya adalah menghitung FT tahapan 2 untuk setiap job yang sudah terjadwal. Finish time (FT) unit ke-1 dari setiap workstation pada tahapan 2.

Tabel 7. Finish Time Unit ke-1 Pada Tahap 2

Job,	FT	Standard	FT	Workstation
------	----	----------	----	-------------

Unit	Tahap 1	Time (ijk2)	(ijk2)	
(8, 1)	1527	1245	2772	m1
(2, 1)	1684	1298	2982	m2
(7, 1)	1829	1376	3205	m3
(8, 2)	3054	1245	4299	m4
(7, 2)	3658	1376	5034	m5

Sumber: Data diolah

Berdasarkan hasil pemeringkatan di atas, dapat dilihat bahwa workstation m1 lebih dahulu menyelesaikan pekerjaannya diikuti oleh workstation m2, m3, m4 dan m5. Untuk unit kedua yang akan dikerjakan di workstation m1, diambil unit kedelapan dari lampiran 5, unit keenam untuk m2, unit ketujuh untuk m3, unit kedelapan untuk m4, dan unit ketujuh untuk m5. Setelah itu, hasil perhitungan FT tersebut diurutkan kembali seperti untuk mendapatkan unit ketiga yang akan dikerjakan. Pengulangan kegiatan ini dilakukan sampai semua unit terjadwal.

Dari data tersebut, dipilih tiga unit dari tiga job berbeda yang memiliki nilai FT terkecil. Ketiga unit tersebut dimasukkan ke mesin m1, m2 dan m3 seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 8. Penetapan Unit Pertama Pada Tahap 3

Job, Unit	FT (ijk2)	Workstation
(8,1)	2772	m1
(2,1)	2982	m2
(7,1)	3205	m3

Sumber: Data diolah

Tujuan dari metode di atas adalah untuk menempatkan unit dari job yang sama pada mesin-mesin di tahapan 3 secara berurut. Pengulangan langkah ini Job (i), dilakukan sampai semua unit terjadwal.

Langkah selanjutnya adalah menghitung FT tahapan 3 sesuai dengan persamaan 5.2 untuk setiap job yang sudah terjadwal. Nilai

FT_{ijk3} tersebut dibandingkan dengan FT unit selanjutnya dengan job yang sama dari tahapan 2 atau FT_{i(j+1)k2}.

Penjadwalan Tahap 3

Untuk penjadwalan tahapan 3, dilakukan pemeringkatan terhadap FT semua unit yang dikerjakan oleh workstation m1, m2, m3, m4 dan m5 pada tahapan 2. Pemeringkatan dimulai dari unit dengan nilai FT terkecil.

Penjadwalan Tahap 4

Untuk menyusun penjadwalan tahapan 4, terlebih dahulu dilakukan pemeringkatan terhadap FT semua unit yang dikerjakan oleh workstation m1, m2 dan m3 pada tahapan 3. Pemeringkatan dimulai dari unit dengan nilai FT terkecil.

Menghitung Makespan

Langkah selanjutnya dilakukan perhitungan *makespan* terhadap inisialisasi solusi. Diketahui:

- ☐ $\text{Max}\{FT_{ijk4m}\} = 84443$ (pada unit ke-12 dari job ke-3 pada tahapan 4)
- ☐ $\text{Min}\{RT_{ijk4m}\} = 83579$ (pada unit ke-12 dari job ke-3 pada mesin m1 di tahapan 3)
- ☐ $\text{Min}\{RT_{ijk3m}\} = 2772$ (pada unit ke-1 dari job ke-8 pada mesin m1 di tahapan 3)
- ☐ $\text{Min}\{RT_{ijk2m}\} = 1527$ (pada -1 dari job ke-8 pada mesin m1 di tahapan 2)
- ☐ $\text{Min}\{RT_{ijmk1}\} = 0$

Maka

$$\text{☐ } C_{\text{max}} = (84443 - 83579) + (83579 - 2772) + (2772 - 1527) + (1527 - 0) = 84443 \text{ detik}$$

Hasil penjadwalan dan perhitungan secara manual ini dibandingkan dengan hasil penjadwalan dan perhitungan dengan menggunakan program. Data keluaran dari program dapat dilihat pada lampiran 9. Untuk selanjutnya, program ini akan menjadi

algoritma awal pada program penjadwalan dengan *Genetic Algorithm*.

Inisialisasi solusi, dilakukan optimasi dengan menggunakan metode *Genetic Algorithm* (GA). Pada penelitian ini, penerapan *Genetic Algorithm* hanya dilakukan pada penjadwalan tahapan 1, untuk penjadwalan tahapan 2, tahapan 3 dan tahapan 4 akan mengikuti penjadwalan hasil GA sesuai dengan algoritma pada butir 4.2.2. Optimasi GA ini akan menggunakan piranti lunak MATLAB R2016b.

Penetapan Parameter Algoritma Genetika

Parameter yang dimaksud dalam GA adalah parameter kontrol GA, yaitu ukuran populasi (*popsize*), peluang *crossover* (*pc*) dan peluang mutasi (*pm*). ada beberapa rekomendasi yang bisa digunakan dalam penetapan parameter GA. Rekomendasi parameter tersebut seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 9. Rekomendasi Parameter *Genetic Algorithm*

Kondisi	popsize	pc	Pm	Keterangan
Kawasan solusi cukup besar	50	0,6	0,001	Rekomendasi De Jong
Rata-rata fitness setiap generasi digunakan sebagai indikator	30	0,95	0,01	Rekomendasi Grefenstette
Fitness individu terbaik dipantau setiap generasi	80	0,45	0,01	

Sumber: Data diolah

Di samping itu, ukuran populasi sebaiknya tidak kurang dari 30 dengan argumentasi bahwa sampel mengikuti

distribusi normal. Pada penelitian ini, ukuran populasi yang dipakai merupakan matriks dari jumlah mesin pada tahapan 1 yaitu 3 buah mesin dan jumlah job sebanyak 12, sehingga ukuran populasi adalah 36. Peluang mutasi dan peluang crossover masing-masing adalah 0.95 dan 0.01. Dengan penetapan parameter tersebut, maka penelitian ini menggunakan parameter yang direkomendasikan oleh Grefenstette.

Perhitungan *makespan* pada inialisasi solusi adalah sebesar 84443 detik, sementara itu dengan penggunaan *Genetic Algorithm* dihasilkan 67353 pada iterasi ke 10. Pada iterasi ke-5 nilai *makespan* sudah turun menjadi 67630 atau sudah lebih bagus dari inialisasi awal, akan tetapi saat *running* ke 30, 80 dan sebagian lainnya nilai *makespan* cenderung lebih tinggi dari inialisasi awal.

Hal ini dimungkinkan karena pada inialisasi solusi telah terjadi proses optimasi sehingga peluang untuk berevolusi menjadi kecil. Untuk hal tersebut, perlu dipertimbangkan untuk mengubah parameter operasi genetika dengan parameter lain selain yang direkomendasikan oleh Grefenstette.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian tentang pemodelan penjadwalan untuk proses produksi tipe flexible flow shop dengan algoritma genetika pada industri pengecatan untuk fungsi tujuan menurunkan *makespan* dapat disimpulkan bahwa Inialisasi solusi dilakukan untuk menetapkan metode awal model penjadwalan sebagai dasar optimasi penjadwalan baru yang akan dikembangkan.

Dengan kondisi proses yang memiliki banyak tahapan dan banyaknya variasi tipe barang, penjadwalan produksi dapat dilakukan dengan menggunakan metode dispatching rule yaitu memberikan penjadwalan di muka (*schedule in advance*) untuk memaksimalkan penjadwalan pada tahapan selanjutnya.

Jenis *dispatching rule* dapat dikombinasikan antara satu tahapan dengan tahapan berikutnya atas pertimbangan kondisi dan kendala yang dimiliki. Dalam penelitian ini, penggabungan metode SPT (*shortest processing time*) dan EFT (*earliest finish time*) digunakan secara bersamaan sesuai dengan tujuan penjadwalan yaitu meminimalkan *makespan*. Pengelompokan unit pesanan menjadi sebuah family dilakukan untuk

meminimalkan idle time sebagai akibat dari keterbatasan fleksibilitas proses pada kondisi tertentu. Optimasi penjadwalan terhadap inialisasi solusi dilakukan dengan menggunakan *Genetic Algorithm* untuk mendapatkan penjadwalan yang mendekati optimal.

Hasil optimasi dengan menggunakan *Genetic Algorithm* menunjukkan pengurangan *makespan* sebesar 17090 detik atau 20.2385% dibandingkan dengan hasil penjadwalan pada inialisasi solusi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiyanto, O., & Clistia, A. F. (2020). Perancangan Ulang Tata Letak Fasilitas UKM Eko Bubut dengan Metode Computerized Relationship Layout Planning (Corelap). *Jisi*, 7(1), 49–56.
- Alfandianto, A., Nugroho, Y. A., & Setiafindari, W. (2017). Penjadwalan produksi menggunakan pendekatan algoritma genetika di pt pertani (persero) cabang di yogyakarta. *Jurnal Disprotek*, 8(2).
- Bayani, L., Herlina, L., & Febianti, E. (2017). Usulan Penjadwalan ~~Perencanaan~~ **Penjadwalan Tahap 2** Aliran Flow Shop dengan Algoritma Genetika untuk Meminimasi Makespan. *Jurnal Teknik Industri Untirta*.
- Havi, N. F., Lubis, M. Y., & Yanuar, A. A. (2018). Penerapan Metode 5S Untuk Meminimasi Waste Motion Pada Proses Produksi Kerudung Instan Di Cv . Xyz Dengan Pendekatan Lean Manufacturing. *Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 5(2), 55–62.
- Krisnanti, R., & Sudiarso, A. (2012). Penjadwalan Mesin Bertipe Job Shop Untuk Meminimalkan Makespan Dengan Metode Algoritma Genetika (Studi Kasus Pt X). *Simposium Nasional RAPI XI FT UMS*, 60–65.
- Muhammad Fachrie, A. F. W. (2021). Model Paralelisasi Algoritma Genetika Terpandu pada Sistem Penjadwalan. *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi)*, 5(3), 550–556.
- Putri, R. K., Sutari, W., & Lalu, H. (2018). Perancangan Prosedur Pelatihan Pegawai Based Thinking Menggunakan Metode Business Process Improvement (Studi Kasus: Universitas Xyz). *Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 5(1), 27–36.

- Satriyanto, E. (2017). Penjadwalan Satpam Jaga Dengan Algoritma Genetika. *Proxies*, 1(2), 81–87. [http://entin.lecturer.pens.ac.id/Kecerdasan Buatan/Buku/Bab 7 Algoritma Genetika.pdf](http://entin.lecturer.pens.ac.id/Kecerdasan%20Buatan/Buku/Bab%207%20Algoritma%20Genetika.pdf).
- Tampubolon, F. R. (2021). Penyelesaian Penjadwalan Flexible Job Shop Untuk Minimasidue Windows Dengan Algoritma Genetika. *Jurnal Indonesia Sosial Sains*, 2(Juni), 894–903.