



USULAN PENJADWALAN PRODUKSI PIPA ERW MENGUNAKAN METODE NAWAZ ENSCORE HAM DAN GENETIC ALGORITHM

Yusraini Muharni^{1*}, Kulsum¹, Devara Aulia Utami²

¹Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten

²Laboratorium Sistem Produksi Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten

e-mail : yusraini@untirta.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Naskah Diterima 26/09/2019
Naskah Direvisi 10/10/2019
Naskah Disetujui 11/10/2019
Naskah Online 13/10/2019

ABSTRAK

Penjadwalan merupakan suatu kegiatan pengalokasian sumber daya yang terbatas untuk mengerjakan sejumlah pekerjaan. Proses penjadwalan timbul jika terdapat keterbatasan sumber daya yang dimiliki. Permasalahan penjadwalan biasanya berkaitan dengan pengurutan pembuatan atau pengerjaan produk secara menyeluruh terhadap sejumlah mesin yang tersedia. Penelitian ini fokus pada penjadwalan produksi pipa ERW pada perusahaan produsen pipa spiral. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menerapkan metode heuristic dan metaheuristic. Hasil dari kedua metode akan dibandingkan untuk mendapatkan makespan terbaik. Penjadwalan eksisting perusahaan dengan metode *First Come First Served* (FCFS) dan penjadwalan usulan dengan Metode *Nawaz Enscore Ham* (NEH) dan Genetic Algorithm (GA). Hasil yang didapat dari penelitian ini yaitu metode usulan lebih baik dan memiliki efisiensi sebesar 5.77%.

Kata Kunci : *Penjadwalan Produksi, First Come First Served, Nawaz Enscore Ham, Genetic Algorithm, Makespan*

1. PENDAHULUAN

Penjadwalan produksi merupakan bagian integral di dalam sistem manufaktur. Permasalahan di dalam penjadwalan adalah bagaimana mengalokasikan mesin produksi untuk melaksanakan serangkaian aktivitas penyelesaian job dalam waktu tertentu untuk mencapai suatu tujuan tertentu. Penjadwalan produksi timbul jika terdapat keterbatasan sumber daya (dalam hal ini mesin) yang dimiliki, sehingga perusahaan harus melaksanakan beberapa pekerjaan (job) dengan sumber daya yang sama. Oleh karena itu, perlu dilakukan penjadwalan produksi untuk menyusun suatu prioritas pekerjaan (job) dengan mengatur sumber daya yang ada secara efisien. Penjadwalan juga merupakan alat pengambilan keputusan yang banyak digunakan di industri manufaktur dan jasa yang berkaitan dengan alokasi sumber daya untuk melaksanakan tugas tertentu.

Tujuan dari dilakukannya penjadwalan produksi adalah untuk meningkatkan penggunaan sumber daya atau mengurangi waktu tunggu, sehingga total waktu proses penyelesaian seluruh job dapat berkurang, dan produktivitas dapat meningkat [1], [2] Berdasarkan pola aliran produksi, ada dua jenis penjadwalan produksi yaitu penjadwalan job shop dan penjadwalan flow shop.

1.1 Latar Belakang

Penjadwalan produksi bertujuan agar produsen pipa ERW dapat berproduksi dengan waktu yang cepat sehingga dapat meningkatkan kapasitas produksi dalam pemenuhan permintaan dari produk tersebut. Pipa baja longitudinal atau yang biasa disebut pipa ERW adalah pipa baja yang dibuat dengan cara mengalirkan arus listrik berfrekuensi tinggi sehingga pada bagian kedua sisi plat akan mengalami panas dan dengan tambahan penekanan terjadi penyambungan las. Pipa baja longitudinal (ERW) terbagi menjadi 2 yaitu ERW 1 dengan kapasitas produksi 5800 ton/bulan dan spesifikasi pipa (4"-12", 355-1005 mm, 3.96-12.7 mm). ERW 2 dengan kapasitas produksi 6000 ton/bulan dan spesifikasi pipa (10"-20", 860-1580 mm, 4-16 mm).

Berdasarkan data yang telah dikelompokkan untuk spesifikasi pipa dengan diameter 6" dan 8" adalah yang paling banyak diminati oleh konsumen (permintaan tinggi) sehingga mendorong perusahaan harus melakukan penjadwalan produksi yang tepat untuk menentukan urutan job mana yang harus dikerjakan terlebih dahulu. Aliran produksi ERW 1 melewati 6 stasiun dan setiap stasiunnya

hanya terdiri dari 1 mesin diantaranya stasiun Uncoiling, stasiun Roll Forming, stasiun Sizing and Straightner, stasiun Flying Cut Off, stasiun Hydrotest dan stasiun Automatic Ultrasonic Offline. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data permintaan pada Bulan Oktober Tahun 2018, yaitu sebanyak 6 job. Dalam menyelesaikan job yang ada pada proses produksinya, perusahaan menerapkan metode First Come First Served (FCFS), artinya pengerjaan suatu job didasarkan pada waktu kedatangannya. Job yang tiba lebih awal akan menjadi prioritas dalam proses produksinya.

Pada kajian ini, Peneliti akan membandingkan antara metode heuristik yaitu metode Nawaz Enscore Ham (NEH) dengan metode metaheuristik yaitu Genetic Algorithm (GA). metode Nawaz Enscore Ham (NEH) lebih unggul dibandingkan dengan metode heuristik yang lain karena lebih teliti dalam menghitung kemungkinan urutan job yang dijadwalkan. [3]. Metode Genetic Algorithm (GA) menggunakan software MatLab lebih cepat konvergen dibandingkan dengan algoritma lainnya, kelebihan metode Genetic Algorithm (GA) dapat mengendalikan fungsi objektif dan batasan yang didefinisikan dan memiliki fleksibilitas yang tinggi untuk dihibridkan dengan metode pencarian lainnya agar lebih efektif sehingga diharapkan akan menghasilkan makespan yang lebih baik dibandingkan dengan makespan awal perusahaan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu, menentukan urutan job penjadwalan produksi yang lebih baik dengan menggunakan metode Nawaz Enscore Ham (NEH) dan Genetic Algorithm (GA) pada penyelesaian permasalahan penjadwalan flowshop pada proses produksi pipa ERW dan menghitung nilai makespan minimum dari penjadwalan produksi menggunakan metode Nawaz Enscore Ham (NEH) dan Metode Genetic Algorithm (GA)

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penjadwalan Produksi

Penjadwalan produksi merupakan salah satu fungsi dari pengawasan produksi yang mempunyai peranan yang cukup penting karena dapat mempengaruhi keberhasilan pengawasan produksi itu sendiri. Pada beberapa perusahaan, kegagalan atau kesalahan dalam menyusun penjadwalan produksi tidak hanya dapat mengacaukan usaha pengawasan produksinya, tetapi juga dapat mempengaruhi hal-hal lain dalam perusahaan seperti jumlah produk yang

dihasilkan. Penjadwalan produksi berfungsi untuk membuat agar arus produksi dapat berjalan lancar sesuai dengan waktu yang telah direncanakan. Sehingga dapat dikatakan bahwa penjadwalan produksi dilakukan agar mesin-mesin dapat bekerja sesuai dengan kapasitas yang ada dan biaya yang seminimal mungkin, serta kuantitas produk yang diinginkan sesuai waktu yang telah ditentukan [4].

2.2 Metode Nawaz Enscore Ham (NEH)

Algoritma heuristik ini mengusulkan bahwa job dengan total waktu proses yang lebih besar seharusnya diberikan prioritas yang lebih besar dari pada job dengan total waktu proses yang lebih kecil. Proses ini berulang sampai semua job sudah dijadwalkan sehingga banyaknya iterasi tersebut adalah sebagai berikut [5]

$$(n \times \left(\frac{n+1}{2}\right) - 1) \dots \dots \dots (1)$$

Nawaz Enscore Ham (NEH) merupakan salah satu algoritma yang bersifat constructive heuristics. Algoritma Nawaz Enscore Ham (NEH) mengasumsikan job yang memiliki total waktu proses untuk semua mesin yang lebih kecil harus didahulukan dibanding job dengan total waktu proses yang lebih besar.

2.3 Metode Genetic Algorithm (GA)

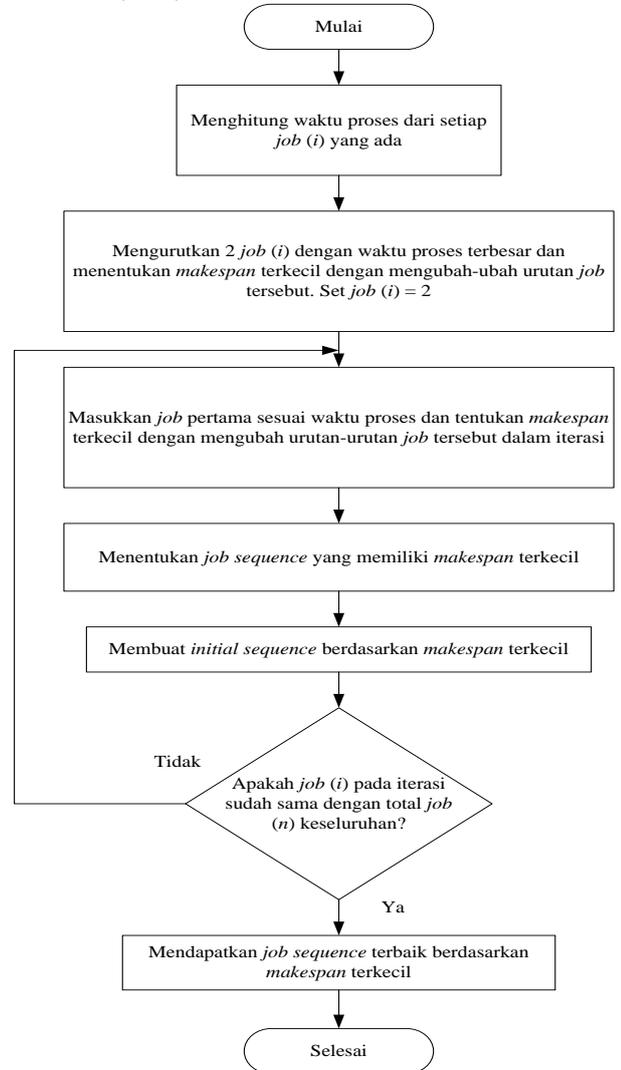
Algoritma genetika pertama kali dikembangkan oleh John Holland pada Tahun 1975. Holland mengatakan bahwa setiap masalah yang berbentuk adaptasi (alami maupun buatan) dapat diformulasikan dalam terminology genetika. Algoritma genetika adalah simulasi dari proses evolusi Darwin dan operasi genetika atas kromosom.[6] Algoritma genetika bekerja berdasarkan pada proses genetika yang ada pada makhluk hidup, yaitu perkembangan generasi dalam sebuah populasi yang alami, secara lambat laun mengikuti proses seleksi alam “siapa yang kuat, dialah yang akan bertahan”.

Teknik pendekatan pada algoritma genetika berbeda dengan algoritma yang lain, karena pada algoritma genetika, pertama di mulai dengan membangkitkan secara random solusi-solusi yang sering dikenal dengan sebutan populasi [7]. Algoritma genetika juga memakai mekanisme seleksi alam dan ilmu genetika, sehingga istilah-istilah yang digunakan dalam algoritma genetika bersesuaian dengan istilah-istilah pada seleksi alam dan ilmu genetika.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Flow Chart Metode Nawaz Enscore Ham (NEH)

Berikut ini merupakan flow chart yang menggambarkan langkah-langkah dalam melakukan penjadwalan dengan metode Nawaz Enscore Ham (NEH) :



Gambar 1. Flow Chart Nawaz Enscore Ham (NEH) Berikut ini merupakan deskripsi dari flow chart Nawaz Enscore Ham (NEH) yang diterapkan pada penelitian ini :

Mulai. Menghitung waktu total proses masing-masing job dengan rumus sebagai berikut :

$$T = \sum_{j=1}^m t_j \dots \dots \dots (2)$$

Untuk semua job i, dengan t adalah waktu proses job i di mesin j.

Mengurutkan job berdasarkan aturan Shortest Processing Time (SPT) atau waktu proses terbesar.

Setelah itu, dimulai dengan mencoba dua urutan pertama dengan waktu proses terbesar kemudian hitung makespan dari kemungkinan urutan dua job tersebut (job i = 2).

Pilih urutan dengan makasepan yang terkecil dengan mengubah urutan-urutan job tersebut dalam iterasi dan urutan dengan makespan yang terbesar akan dibuang atau tidak digunakan.

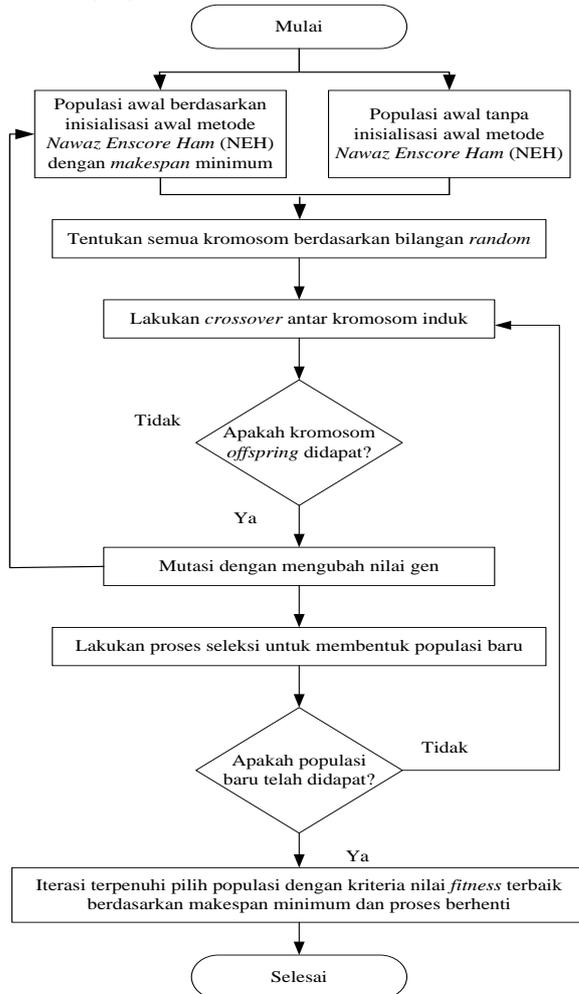
Perhitungan dilanjutkan berdasarkan job selanjutnya dan diurutkan kembali serta dihitung makespan nya.

Lakukan terus menerus perhitungan tersebut hingga didapat urutan dengan makespan terkecil. Maka makespan terkecil yang akan dipilih. Pada penelitian ini terdapat job sebanyak 6 dan didapatkan iterasi sebanyak 20 urutan job.

Selesai. Langkah-langkah metode Nawaz Ensore Ham (NEH) selesai.

3.2 Flow Chart Metode Genetic Algorithm (GA)

Berikut ini merupakan flow chart yang menggambarkan langkah-langkah dalam melakukan penjadwalan dengan metode Genetic Algorithm (GA) :



Gambar 2. Flow Chart Genetic Algorithm (GA)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ini merupakan data produksi berdasarkan permintaan produk pada bulan

Berikut ini merupakan deskripsi dari flow chart Genetic Algorithm (GA) yang diterapkan pada penelitian ini :

Pembentukan populasi awal

Populasi awal pada iterasi 1 diperoleh dari inisialisasi awal metode Nawaz Ensore Ham (NEH) yang diambil dari nilai makespan yang lebih baik sesuai dengan fungsi tujuan. Kemudian sebagai perbandingan, populasi awal diambil secara random (tanpa inisialisasi awal metode Nawaz Ensore Ham (NEH)). Data yang telah diambil akan digunakan sebagai parent 1 (P1) dan parent 2 (P2) pada perhitungan Algoritma Genetika.

Pembentukan kromosom berdasarkan bilangan random

Pembentukan kromosom dilakukan berdasarkan rumus perhitungan dengan menggunakan bilangan random yang telah dibuat pada tahap sebelumnya.

Crossover

Proses crossover dilakukan dengan menggunakan metode Partially Mapped Crossover (PMX) dengan menyilangkan pada sub-kromosom yang berada diantara crossing site suatu kromosom dengan sub-kromosom yang berada diantara crossing site kromosom pasangannya.

Proses mutasi

Proses mutasi dilakukan dengan menggunakan metode reciprocal exchange mutation dengan menggunakan bilangan random (Pm). Proses mutasi ini dilakukan dengan menukar dua gen tanpa bantuan kromosom lain untuk menghindarkan dari kondisi stuck.

Seleksi

Proses seleksi dapat menggunakan metode steady state atau roulette wheel (roda roulette) yaitu dengan mempertahankan individu yang lebih baik berdasarkan nilai fitness, sedangkan individu yang kurang baik akan digantikan dengan individu baru. Nilai fitness pada penelitian ini berdasarkan nilai makespan minimum.

$$f(x) = h(x) \dots \dots \dots (3)$$

dengan,

$f(x)$ = nilai fitness

$h(x)$ = nilai optimasi (minimasi atau maksimasi)

x = kromosom

Iterasi dilakukan sebanyak 100 kali iterasi.

Selesai. Langkah-langkah metode Genetic Algorithm (GA) selesai.

Oktober 2018 yang terdiri dari 6 job dengan diameter 6" dan 8".

Tabel 1. Data Jumlah Produksi Pipa ERW 1 Bulan Oktober 2018

Job	Job Order	Spesifikasi	Ukuran			Demand (Pcs)	Total Coil (Pcs)
			D (mm)	T (mm)	L (m)		
1	Cladtek BI Metal Manufacturing	ASTM A53 GRB	168.3	7.11	12	1691	85
		API 5L PSL2	168.3	7.11	12		
		API 5L GRL360M/X52M	168.3	7.11	12		
2	PT Epiterma Mas Kontruksi	ASTM A53 GRB	168.3	7.11	6	1569	79
	PT Surya Perkasa Intidaya	API 5L PSL2	168.3	7.11	6		
	PT Jaya Berkah Gemilang	API 5L PSL2	168.3	7.11	6		
		ASTM A53 GRA	168.3	7.11	6		
3	PT Harapan Mitra Sejati	SNI 0068:2013	168.3	4.5	6	1632	82
		SNI 0039:2013	168.3	4.5	6		
4	PT Masrur & Son	SNI 0068:2013	168.3	4.5	4.4	244	13
5	CV Cipta Kreasi Berjaya	ASTM A53 GRA	168.3	4.8	6	642	33
6	PT Jaya Berkah Gemilang	API 5L PSL2	219.1	8.2	12	518	26

Contoh perhitungan :

$$\text{Total coil job 1} = \text{ROUNDUP}\left(\frac{1691}{20}\right) = 85 \text{ Pcs}$$

Berikut ini merupakan data jumlah stasiun dan kapasitas stasiun yang digunakan tiap stasiun untuk memproduksi pipa baja longitudinal (ERW 1) dalam satu kali proses setiap stasiun :

Tabel 2. Data Jumlah Stasiun dan Kapasitas Stasiun

Stasiun Kerja	Kode Stasiun	Jumlah Stasiun (Unit)	Kapasitas Stasiun/Proses (Unit)
Uncoiling	U	1	1
Roll Forming	RF	1	1
Sizing & Straightner	SS	1	1
Flying Cut Off	FC	1	1
Hydrotest	H	1	1
Automatic Ultrasonic Offline	AU	1	1

Waktu set up adalah waktu yang dibutuhkan untuk mempersiapkan perlengkapan dan mengatur stasiun kerja. Berikut ini merupakan contoh perhitungan data waktu set up dalam 1 bulan untuk change roll :

$$\begin{aligned} \text{Waktu set up 1 kali change roll} &= 72 \text{ jam} \\ \text{Waktu set up 1 bulan} &= 72 \text{ jam} \times 3 \\ &= 216 \text{ jam} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas dapat diketahui bahwa, selama bulan Oktober 2018 produk pipa baja longitudinal (ERW 1) mengalami 3 kali set up untuk change roll, dalam

1 kali change roll membutuhkan waktu selama 72 jam untuk mempersiapkannya sampai job berjalan kembali. Waktu set up ini akan di akumulasikan dengan hasil makespan yang didapat.

Waktu penyelesaian (Cij) job i di stasiun kerja j akan digunakan untuk menghitung makespan pada penjadwalan produksi. Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil perhitungan waktu penyelesaian tiap job pada setiap stasiun kerja :

Tabel 3. Waktu Penyelesaian Job

Job	Stasiun Kerja (jam)						
	U	ST 1	ST 2 RF	SS	ST 3	ST 4 FC	ST 5 H
1	1	11.6	31.32	43.49	12.13	153.98	103.16
2	7	10.8	29.11	40.74	11.52	143.35	95.98
3	0	11.2	30.41	42.01	11.91	148.53	99.67
4		1.75	4.77	6.69	1.92	23.53	15.76
5		4.48	12.22	16.92	4.89	59.73	40.00

6 4.23 11.47 16.65 4.51 8 58.7 39.43

Contoh perhitungan :

$$\begin{aligned}
 C11 &= \text{waktu set up} + \left(\frac{\text{waktu baku} \times \text{total coil}}{\text{jumlah mesin}} \right) \\
 &= 0 + \left(\frac{491.808 \times 41}{1} \right) \\
 &= 41803.69 \text{ detik} \\
 &= \left(\frac{41803.69}{3600} \right) \text{ detik} \\
 &= 11.61 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

C11 = waktu penyelesaian Job 1 Stasiun 1 (Uncoiling)

Penjadwalan produksi eksisting perusahaan menggunakan aturan First Come First Served (FCFS), sehingga urutan jadwal produksi akan diurutkan berdasarkan waktu kedatangannya. Urutan pengerjaan job pada penjadwalan eksisting adalah Job 1 - Job 2 - Job 3 - Job 4 - Job 5 - Job 6. Berikut ini merupakan hasil perhitungan nilai makespan yang dihasilkan dari penjadwalan produksi eksisting perusahaan :

Tabel 4. Penjadwalan Eksisting Perusahaan

Stasiun Kerja	Urutan Pengerjaan Job (jam)						
	Job 1	Job 2	Job 3	Job 4	Job 5	Job 6	
ST 1 U	Mulai	0	11.61	22.48	33.69	35.44	39.92
	Selesai	11.61	22.48	33.69	35.44	39.92	44.15
ST 2 RF	Mulai	11.61	42.93	72.04	102.4	107.22	119.4
	Selesai	42.93	72.04	102.4	107.2	119.44	130.9
ST 3 SS	Mulai	42.93	86.42	127.1	169.1	175.87	192.7
	Selesai	86.42	127.1	169.1	175.8	192.79	209.4
ST 4 FC	Mulai	86.42	127.1	169.1	181.0	192.79	209.4
	Selesai	98.55	138.6	181.0	183.0	197.68	213.9
ST 5 H	Mulai	98.55	252.5	395.8	544.4	567.94	627.6
	Selesai	252.5	395.8	544.4	567.9	627.67	686.4
ST 6 AU	Mulai	252.5	395.8	544.4	644.0	659.83	699.8
	Selesai	355.6	491.8	644.0	659.8	699.83	739.2
Makespan						739.2	5

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa nilai makespan yang dihasilkan dari penjadwalan produksi eksisting perusahaan dengan menggunakan aturan First Come First Served (FCFS) sebesar 739.25 jam. Nilai makespan yang didapat akan ditambahkan dengan total waktu set up pada bulan Oktober 2018, berikut ini merupakan perhitungan makespan akhir yang didapat :

$$\begin{aligned}
 \text{Makespan akhir} &= \text{makespan} + \text{waktu set up} \\
 &= 739.25 \text{ jam} + 216 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$= 955.25 \text{ jam}$$

4.1 Metode Nawaz Enscore Ham (NEH)

Pada perhitungan total waktu proses setiap job pada Tabel 3 jika diurutkan dari yang terkecil ke terbesar urutannya adalah Job 4 - Job 6 - Job 5 - Job 2 - Job 3 - Job 1. Berikut ini merupakan penjadwalan dengan makespan terbaik (minimum) metode Nawaz Enscore Ham (NEH).

Tabel 5. Rekapitulasi Nilai Makespan Metode NEH

Iterasi	Urutan Job	Makespan (jam)	Makespan Akhir (jam)
1	4-6	137.36	353.36
	6-4	150.83	366.83
2	5-4-6	219.99	435.99
	4-5-6	198.49	414.49
3	4-6-5	197.66	413.66
	2-4-6-5	426.76	642.76
	4-2-6-5	412.75	628.75

	4-6-2-5	378.69	594.69
	4-6-5-2	396.99	612.99
	3-4-6-2-5	605.70	821.70
	4-3-6-2-5	583.91	799.91
4	4-6-3-2-5	530.18	746.18
	4-6-2-3-5	530.90	746.90
	4-6-2-5-3	550.64	766.64
	1-4-6-3-2-5	762.70	978.70
	4-1-6-3-2-5	740.91	956.91
5	4-6-1-3-2-5	686.77	902.77
	4-6-3-1-2-5	684.16	900.16
	4-6-3-2-1-5	691.33	907.33
	4-6-3-2-5-1	711.07	927.07

Contoh perhitungan :
 Makespan akhir Iterasi 1 Job 4-6 = makespan + waktu set up
 Makespan Akhir = 137.36 + 216 = 353.36 jam

Tabel 6. Iterasi 5 NEH Job 4-6-3-1-2-5

Stasiun Kerja	Urutan Pengerjaan Job (jam)						
	4	Job 6	Job 3	Job 1	Job 2	Job 5	
ST 1 U	Mulai	0	1.75	5.98	17.19	28.80	39.67
	Selesai	1.75	5.98	17.19	28.80	39.67	44.15
ST 2 RF	Mulai	1.75	6.52	18.00	48.40	79.72	108.83
	Selesai	6.52	18.00	48.40	79.72	108.83	121.05
ST 3 SS	Mulai	6.52	18.00	48.40	90.42	133.90	174.64
	Selesai	13.2	34.64	90.42	133.90	174.64	191.57
ST 4 FC	Mulai	13.2	34.64	90.42	133.90	174.64	191.57
	Selesai	15.1	39.15	102.32	146.03	186.17	196.46
ST 5 H	Mulai	15.1	39.15	102.32	250.85	404.82	548.17
	Selesai	38.6	97.93	250.85	404.82	548.17	607.91
ST 6 AU	Mulai	38.6	97.93	250.85	404.82	548.17	644.16
	Selesai	54.4	137.36	350.52	507.99	644.16	684.16
Makespan							684.16

4.2 Metode Genetic Algorithm (GA) menggunakan Software MatLab

Berikut ini merupakan pseudocode untuk studi kasus dalam penelitian ini sebagai

panduan dalam menerjemahkan ke dalam bahasa pemrograman pada MatLab menggunakan Genetic Algorithm.

```

Input :
    Size  $\alpha$  of population
    Rate  $\beta$  of elitism
    Rate  $\gamma$  of mutation
    Number  $\theta$  of iterations
Determine Initial Parameter
Generate Initial Random Population
Calculate Objective Function (Makespan)
    For i to N
If Stopping Criteria is achieve
    Then stop
If Stopping Criteria not achieve
Elitism based selection
    Number of elitism  $n_e = \alpha * \beta$ ;
    Select the best  $n_e$  solutions in pop and save them in pop;
Weighting elite sample
Calculate Linier Fitness Rangking
     $F_{max} = 1/\min(i)$ ;
     $F_{min} = 1/\max(i)$ ;
     $LFR(i) = F_{max} - ((F_{max} - F_{min}) * ((i-1)/(jumlahSampel-1)))$ ;
Crossover Update Parameter
     $Pps(i) = (1-\alpha) * u + (Pps * \alpha)$ 
Select parents for crossover process
     $i1 = Parents$ 
    If  $LFR$  Kumulatif  $> R$ , then parents
Crossover Process
     $i = i+1$ 
     $i1 = No$  Crossover
    If  $R < Pps$ , then Cross Over
Mutation Process
    Select Ceil =  $R * N$ 
     $i1 = No$  Mutation
    If  $R < P_m = Mutation$ 
    Calculate  $K = Ceil (R * 3)$ 
    If  $K = 1$ , then Flip Mutation
    If  $K = 2$ , then Swap Mutation
    
```

Gambar 3. Pseudocode Penjadwalan Produksi Menggunakan Genetic Algorithm

a. Metode GA dengan Inisialisasi Awal NEH

Berikut ini merupakan hasil running program MatLab Genetic Alotihm dengan inisialisasi awal Nawaz Enscore Ham (NEH) sebanyak 100 iterasi.

----- HASIL ANALISA -----		
menggunakan metode Urutan pabrik		
Sample	urutan	makeSpan
	1-2-3-4-5-6 :	739.270000
menggunakan metode NEH - GA		
Sample	urutan	makeSpan
H1,	4-6-3-1-2-5 :	684.160000
H2,	5-2-3-1-4-6 :	702.450000
H3,	6-1-5-3-2-4 :	720.110000
H4,	6-1-3-5-2-4 :	720.110000
H5,	6-4-1-3-5-2 :	720.740000
H6,	1-2-3-6-4-5 :	739.270000
H7,	1-3-4-2-6-5 :	743.350000
H8,	2-6-3-1-5-4 :	755.800000
H9,	3-6-5-2-1-4 :	778.820000
H10,	2-4-6-5-1-3 :	779.810000

Gambar 4. Kesimpulan Running NEH-GA

Nawaz Enscore Ham (NEH) adalah urutan Job 4-6-3-1-2-5 dengan makespan 684.16 jam, maka dapat diketahui makespan akhir nya sebesar :

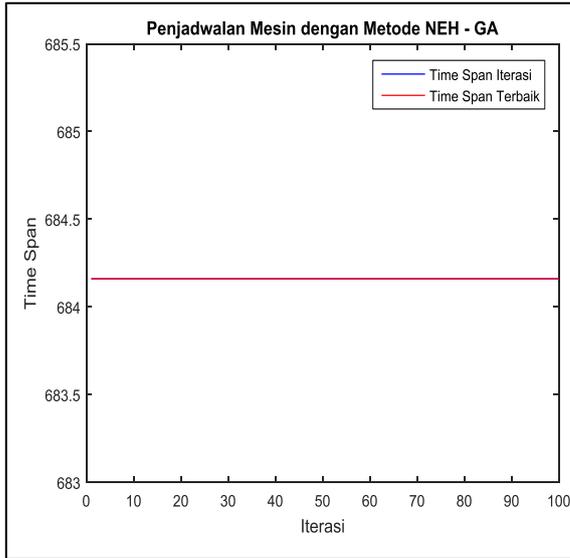
Makespan Akhir = Set Up + Makespan minimum

$$= 216 \text{ jam} + 684.16 \text{ jam}$$

$$= 900.16 \text{ jam}$$

Berikut ini merupakan grafik ke konvergenan dari hasil running MatLab metode Genetic Algorithm (GA) dengan inisialisasi awal Nawaz Enscore Ham (NEH).

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa, hasil makespan minimum metode Genetic algorithm dengan inisialisasi awal



Gambar 5. Grafik Konvergen Metode NEH-GA

Berdasarkan Gambar 5 dapat diketahui bahwa, grafik telah menunjukkan konvergen karena dari awal iterasi pertama makespan minimum sudah ditemukan berdasarkan inisialisasi awal Nawaz Enscore Ham (NEH) yaitu pada makespan sebesar 684.16 jam dan garis grafik sudah konstan dari awal sampai akhir sehingga dapat dikatakan konvergen.

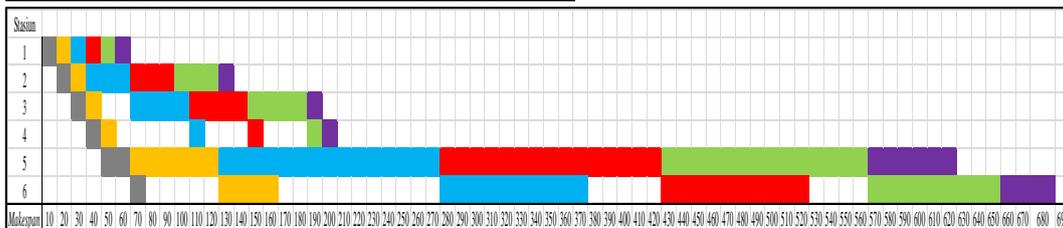
b. Metode GA tanpa Inisialisasi Awal NEH

Berikut ini merupakan hasil running program MatLab Genetic Algorithm sebanyak 100 iterasi.

```

----- HASIL ANALISA -----
menggunakan metode Urutan pabrik
Sample urutan          makeSpan
1-2-3-4-5-6           :          739.270000

menggunakan metode NEH - GA
Sample urutan          makeSpan
H5, 4-6-3-1-2-5       :          684.160000
H2, 4-6-3-2-1-5       :          691.340000
H3, 4-6-3-2-1-5       :          691.340000
H2, 4-2-6-3-1-5       :          741.790000
H5, 4-2-6-3-1-5       :          741.790000
H5, 4-3-6-2-1-5       :          745.080000
H6, 4-3-6-2-1-5       :          745.080000
H4, 3-6-4-1-2-5       :          759.680000
H5, 1-6-3-4-2-5       :          762.700000
H3, 1-6-4-3-2-5       :          762.700000
    
```



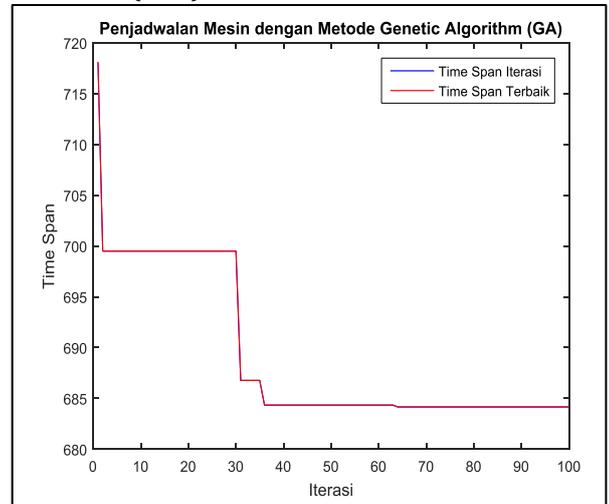
Gambar 8. Gantt Chart Penjadwalan Genetic Algorithm tanpa Inisialisasi Awal Nawaz Enscore Ham (NEH)

Gambar 6. Kesimpulan Running Genetic Algorithm (GA)

Berdasarkan Gambar 6 dapat diketahui bahwa, hasil makespan minimum metode Genetic algorithm tanpa inisialisasi awal Nawaz Enscore Ham (NEH) adalah urutan Job 4-6-3-1-2-5 dengan makespan 684.16 jam, maka dapat diketahui makespan akhir nya sebesar :

$$\begin{aligned}
 \text{Makespan Akhir} &= \text{Set Up} + \text{Makespan minimum} \\
 &= 216 \text{ jam} + 684.16 \text{ jam} \\
 &= 900.16 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Berikut ini merupakan grafik ke konvergenan dari hasil running MatLab metode Genetic Algorithm (GA) tanpa inisialisasi awal Nawaz Enscore Ham (NEH).



Gambar 7. Grafik Konvergen Metode Genetic Algorithm (GA)

Berdasarkan Gambar 7 dapat diketahui bahwa, pada iterasi ke-1 sampai iterasi ke-60 grafik menunjukkan penurunan artinya masih melakukan iterasi atau pencarian makespan minimum. Pada saat iterasi ke-65 grafik telah menunjukkan konvergen karena makespan minimum sudah ditemukan yaitu pada urutan job 4-6-3-1-2-5 dengan makespan sebesar 684.16 jam sehingga dapat dikatakan konvergen.

c. Gantt Chart Terbaik

Berdasarkan Gambar 8 dapat diketahui bahwa penjadwalan metode Genetic Algorithm (GA) tanpa inialisasi awal Nawaz Enscore Ham (NEH) pada urutan job 4-6-3-1-2-5 menghasilkan makespan sebesar 684.16 jam dengan nilai total makespan akhir sebesar 900.16 jam.

pp. 1-6.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa :

1. Urutan job penjadwalan produksi dengan makespan minimum yang didapat menggunakan metode Nawaz Enscore Ham (NEH) adalah urutan job 4-6-3-1-2-5, metode Genetic Algorithm (GA) dengan inialisasi awal Nawaz Enscore Ham (NEH) adalah urutan job 4-6-3-1-2-5 dan metode Genetic Algorithm (GA) tanpa inialisasi awal Nawaz Enscore Ham (NEH) adalah urutan job 4-6-3-1-2-5.
2. Nilai makespan minimum yang didapat dari penjadwalan produksi menggunakan metode Nawaz Enscore Ham (NEH) dengan urutan job 4-6-3-1-2-5 adalah sebesar 900.16 jam dan metode Genetic Algorithm (GA) dengan inialisasi awal Nawaz Enscore Ham (NEH) dan tanpa inialisasi awal Nawaz Enscore Ham (NEH) dengan urutan job 4-6-3-1-2-5 adalah sebesar 900.16 jam. Kedua metode tersebut memiliki efisiensi 5.77% dari nilai makespan perusahaan yaitu sebesar 955.25 jam.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. D. Bedworth and J. E. Bailey, *Integrated Production Control Systems: Management, Analysis, Design*, 2nd ed. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, Inc., 1999.
- [2] P. Taylor, J. Cao, and D. D. Bedworth, "Flow shop scheduling in serial multi-product processes with transfer and set-up times," no. November 2014, pp. 37-41, 2007.
- [3] I. Masudin, D. M. Utama, and F. Susastro, "Penjadwalan flowshop menggunakan algoritma nawaz enscore ham," no. April, pp. 54-59, 2014.
- [4] N. Masruroh, "Analisa Penjadwalan Produksi dengan menggunakan Metode Campbel Dudek Smith, Palmer dan Dannenbring di PT. Loka Refraktor Surabaya," pp. 158-171, 2012.
- [5] R. K. P, E. Febrianti, and L. Herlina, "Penjadwalan Produksi Flow Shop Menggunakan Metode Campbell Dudek Smith (CDS) dan Nawaz Enscore Ham (NEH)," 2014.
- [6] I. G. A. Widyadana and A. Pamungkas, "Perbandingan Kinerja Algoritma Genetika dan Simulated Annealing Untuk Masalah Multiple Objective pada Penjadwalan Flowshop," *J. Tek. Ind.*, vol. 4, no. 1, pp. 26-35, 2002.
- [7] A. Firmansyah, M. Isa, D. Budi, J. Matematika, F. Matematika, and P. Alam, "Algoritma genetika dengan modifikasi kromosom untuk penyelesaian masalah penjadwalan flowshop,"

