

## Production Scheduling Analysis To Minimize Inject–Blow Production Makespan on PT.XYZ Using Differential Evolution Algorithm Method

### Analisa Penjadwalan Produksi Untuk Meminimalkan Makespan Pada Inject–Blow Production PT.XYZ Menggunakan Metode *Differential Evolution Algorithm*

Dzati Fauziyah<sup>1</sup>, Tedjo Sukmono<sup>2</sup>

{[dzatiifauziyah@gmail.com](mailto:dzatiifauziyah@gmail.com)<sup>1</sup>, [thedjoss@umsida.ac.id](mailto:thedjoss@umsida.ac.id)<sup>2</sup>}

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo<sup>1,2</sup>

**Abstract.** *This study discusses the problem of job-shop scheduling at one of the well-known mineral water companies in Indonesia. This company produces a number of products in several types with different routes from each other. However, in reality, the effectiveness of production lies in the range of 54.8%–69.2%, so it is still far from running time production where the expected target is 80% for inject and 90% for blow. Where production scheduling is a complex problem so it takes the right method to get the optimal solution for these problems. The research method used is the differential evolution algorithm method, where this method aims to minimize the makespan value (total completion time of all jobs) on the job-shop production route so as to obtain optimal scheduling results and improve the existing system. Scheduling obtained through the differential evolution algorithm method produces a makespan value of x minutes, while the company's schedule has a makespan value of y minutes. So that the proposed scheduling results in a decrease of x% compared to company scheduling.*

**Keywords** - Production Scheduling, Job–Shop, Makespan, Differential Evolution Algorithm.

**Abstrak.** *Penelitian ini membahas tentang masalah job–shop scheduling pada salah satu perusahaan air mineral yang cukup terkenal di Indonesia. Perusahaan ini menghasilkan sejumlah produk dalam beberapa jenis dengan rute yang berbeda satu sama lain. Namun pada kenyataannya, effectiveness production terletak pada kisaran 54,8%–69,2% sehingga masih jauh dari running time production dimana target yang diharapkan yaitu 80% untuk inject dan 90% untuk blow. Dimana penjadwalan produksi merupakan suatu permasalahan yang kompleks sehingga dibutuhkan metode yang tepat untuk mendapatkan solusi yang optimal untuk permasalahan tersebut. Metode penelitian yang digunakan adalah metode differential evolution algorithm, dimana metode ini bertujuan untuk meminimasi nilai makespan (waktu total penyelesaian keseluruhan job) pada rute produksi job–shop sehingga mendapatkan hasil penjadwalan yang optimal dan memperbaiki sistem yang ada. Penjadwalan yang diperoleh melalui metode differential evolution algorithm menghasilkan nilai makespan sebesar x menit, sedangkan jadwal perusahaan memiliki nilai makespan sebesar y menit. Sehingga usulan penjadwalan menghasilkan penurunan sebanyak x% dibandingkan dengan penjadwalan perusahaan.*

**Kata Kunci** - Penjadwalan Produksi, Job–Shop, Makespan, Differential Evolution Algorithm

## I. PENDAHULUAN

Salah satu masalah yang sering dihadapi oleh perusahaan manufaktur adalah bagaimana menyelesaikan proses manufaktur seefisien dan seefektif mungkin tanpa kehilangan waktu di setiap prosesnya. Untuk memperoleh hasil terbaik dari suatu proses produksi, diperlukan perencanaan yang memadai untuk seluruh proses kegiatan produksi, oleh karena itu penting bagi perusahaan untuk menetapkan pengaturan dan penjadwalan produksi yang baik.

Prosentase nilai *effectiveness* production produksi *inject–blow* pada PT. XYZ dalam periode Januari 2021 sampai dengan Desember 2021 terletak pada kisaran 54,8%–69,2% sehingga masih jauh dari *running time production*. Sedangkan target yang harus dicapai yakni 90% untuk preform (*inject production*) dan 80% untuk botol (*blow production*) dari *running time production* yang ada. Untuk itu perlu dilakukan perbaikan yang berkelanjutan dan bertahap untuk masing–masing prosesnya, agar pemenuhan akan permintaan *customer* PT. XYZ bisa terpenuhi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk meminimalkan nilai makespan perusahaan sehingga dapat memberikan usulan terbaik bagi perusahaan menggunakan metode *Differential Evolution Algorithm* dengan bantuan *Sortware MatLab*.

### A. Packaging

*Packaging* merupakan sistem yang terkoordinasi untuk menyiapkan barang menjadi siap untuk ditransportasikan, didistribusikan, disimpan, dijual, dan dipakai. Adanya wadah atau pembungkus dapat membantu mencegah atau

mengurangi kerusakan, melindungi produk yang ada di dalamnya, melindungi dari bahaya pencemaran serta gangguan fisik (gesekan, benturan, getaran)[1].

### B. Penjadwalan Produksi

Satu langkah penting sebelum memulai aktivitas produksi adalah penjadwalan. Perusahaan memperhitungkan waktu penyelesaian produk yang baik. Output yang terlambat akan merugikan perusahaan karena akan mengikis kepercayaan pelanggan terhadap perusahaan. Ketika produksi dapat diselesaikan lebih cepat dari jadwal, biaya penghematan juga akan meningkat[2]. Penjadwalan produksi merupakan salah satu aspek pengendalian produksi yang sangat penting karena dapat mempengaruhi keberhasilan pengendalian produksi. Kegagalan atau kesalahan dalam penjadwalan produksi dapat mengganggu tidak hanya pengendalian produksi bisnis, tetapi juga aspek bisnis lainnya, seperti jumlah produk yang dihasilkan. Penjadwalan produksi digunakan untuk memastikan proses produksi berjalan dengan lancar dan sesuai jadwal[3].

### C. Differential Evolution Algorithm (DEVO)

Algoritma Differential Evolution (DEVO) merupakan salah satu algoritma meta-heuristik yang diperkenalkan oleh Storn dan Price pada tahun 1997[4]. Reputasi yang baik telah melekat pada algoritma differential evolution yaitu sebagai global optimizer yang efektif[5].

Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam metode Differential Evolution adalah sebagai berikut[Handani]:

1. Inisialisasi Populasi  
 $X_{j,i,0} = lb_j + \text{rand}_j(0,1)(ub_j - lb_j)$ .....Persamaan 1  
dimana bilangan yang dihasilkan terletak pada rentang (0,1).
2. Mutasi  
 $V_{i,g} = X_{0,g} + F(X_{1,g} - X_{2,g})$ .....Persamaan 2  
Dimana  $X_0, X_1, X_2$  merupakan indeks acak, bilangan integer yang berbeda.
3. Crossover (Pindah Silang)  
$$U_{i,g} = U_{j,i,g} = \begin{cases} V_{j,i,g} & \text{if } (\text{rand})_j(0,1) \leq C_r, \text{ or } j=j_{\text{rand}} \\ X_{j,i,g} & \text{sebaliknya} \end{cases}$$
.....Persamaan 3

Dimana di tahap ini, DE menyilangkan setiap vektor,  $X_{i,g}$  dengan vektor mutan,  $V_{i,g}$  untuk membentuk vektor hasil persilangan yaitu  $U_{i,g}$ [6].

4. Selection  
Terdapat 2 tahapan dalam proses evolusi yang menggunakan seleksi yaitu sebagai berikut:
  - a. *Parent selection*: pendekatan penghitungan probabilitas seleksi ini memerlukan beberapa asumsi tambahan tentang bagaimana mengubah nilai fungsi tujuan menjadi probabilitas.
  - b. *Survivor selection*: pada bagian ini digunakan untuk mengetahui apakah vektor menjadi anggota generasi  $g + 1$ , maka vektor uji  $u_{i,g}$  dibandingkan dengan vektor target  $X_{i,g}$

### Software Matrix Laboratory (MatLab)

*Matrix Laboratory* (MatLab) adalah perangkat lunak pengolahan data yang lebih *powerfull* dibandingkan dengan *software* statistik lainnya, terutama dalam hal manipulasi, pemodelan, machine learning dan simulasi data. MatLab adalah perangkat pengolah data dengan bahasa pemrograman[7].

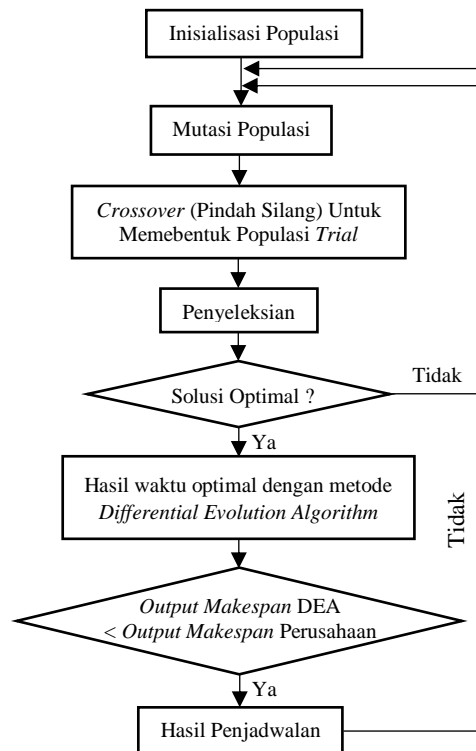
## II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini beberapa metode yang dilaksanakan untuk menyelesaikan penelitian dengan studi kasus yang dilakukan langsung pada perusahaan. Data tersebut tersebut diperoleh dari:

- 1) Wawancara  
Data dikumpulkan melalui metode survey lisan yang menggunakan pertanyaan kepada subjek penelitian. Untuk mengumpulkan data yang diperlukan, komunikasi langsung dengan pekerja atau operator yang terkait dengan objek yang diteliti sangat penting.
- 2) Observasi  
Mengamati secara langsung, melihat, dan mengenali objek penelitian guna mengumpulkan data yang diperlukan untuk penelitian.
- 3) Studi Literatur  
Hal ini dilakukan sebagai upaya pengumpulan data dari studi literatur terkini yang meliputi jurnal, makalah, dan buku yang berkaitan dengan penelitian. Di samping itu, juga terdapat data yang dikumpulkan secara langsung di perusahaan.

### A. Tahap Pengolahan Data

Dalam penelitian ini pengolahan data dilakukan menggunakan metode *Differential Evolution Algorithm*. untuk menghitung atau meminilakan nilai *makespan* perusahaan sehingga dapat memberikan usulan terbaik bagi perusahaan.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil *run* program MatLab R2014a menunjukkan bahwa urutan proses terbaik yaitu 7 – 4 – 6 – 2 – 3 – 5 – 8 – 1 dengan nilai *makespan* yaitu 22 menit yang kemudian divalidasi dengan hasil perhitungan manual dengan tahapan – tahapan perhitungan *differential evolution algorithm*.

#### A. Inisialisasi Populasi Awal

Pada awal perhitungan yaitu sebelum generasi (iterasi) dimulai, dilakukan input parameter-parameter, yaitu ukuran populasi (NP). Operasi mutasi (F), operator pindah silang (CR), serta jumlah generasi (iterasi) itu sendiri. Maka dari itu telah ditentukan nilai dari masing – masing parameter adalah sebagai berikut:  
 NP = 50, FI = 50, F = 0,6, CR = 0,7. Dimana, parameter – parameter input diatas akan digunakan untuk menghitung nilai *makespan* serta urutan prosesnya.

#### B. Menentukan Populasi Awal (Populasi Target Awal)

Ukuran populasi menyatakan jumlah individu dalam populasi. Satu individu dinyatakan dengan satu kolom. Tiap individu memiliki 88 gen/dimensi (jumlah job/pesanan) yang dinyatakan dengan jumlah baris. Populasi awal dibentuk dari setiap dimensi yang setiap individu nya dicari secara acak melalui cara berikut:

$$\text{batas\_bawah} + (\text{batas\_atas} - \text{batas\_bawah}) \times \text{bilangan acak}$$

Keterangan:

batas\_bawah = -1

batas\_atas = 1

bilangan\_acak = antara 0 dan 1

Karena populasi terdiri dari 50 (NP) dan setiap individu terdiri dari 88 dimensi, maka populasi awal merupakan matriks berukuran 88 × 50. Pada algoritma *differential evolution* ini, definisi dari individu dan vektor adalah sama.

### C. Menentukan Vektor Permutasi (Urutan)

Setiap individu awal dari populasi awal ini diurutkan menjadi vektor permutasi (urutan) sehingga dapat merepresentasikan urutan job. Nilai dimensi pertama hingga ke – 88 setiap individu awal memiliki nilai yang berbeda – beda. Pengurutan nilai dimensi/job dari masing – masing individu didasarkan pada nilai dimensi/job yang terkecil hingga terbesar. Hasil dari pengurutan inilah yang nantinya akan menjadi urutan – urutan pengerjaan dari masing – masing job sesuai dengan data penelitian.

### D. Proses Mutasi

Proses ini merupakan langkah pertama individu dalam berevolusi. Yang menjadi penekanan pada proses ini adalah selisih dari 2 vektor acak (vektor acak 1 dan vektor acak 2) yang memunculkan difference vector.

### E. Proses Crossover

Dalam proses ini akan ada rekombinasi antara individu mutan dengan individu target, dimana nantinya akan menghasilkan individu trial. Jika bilangan acak  $r$  antara 0 sampai 1 yang diperoleh mempunyai nilai yang lebih kecil atau sama dengan nilai operator pindah silang (CR), maka yang berpeluang menjadi dimensi ke –  $k$  dari individu trial adalah nilai dimensi individu ke –  $k$  dari individu mutan, begitupun sebaliknya.

### F. Proses Penyeleksian Individu

Proses seleksi dilakukan terhadap individu target dan individu trial yang dihasilkan melalui rangkaian proses diatas. Proses seleksi ini bertujuan untuk menentukan individu yang layak untuk menjadi anggota pada generasi berikutnya.

### G. Terminasi

Jumlah iterasi yang ditentukan adalah 2000 iterasi. Hal ini didasarkan pada literature yang ada bahwa jumlah iterasi yang ditetapkan semakin besar, maka nilai/hasil yang didapat akan semakin baik. Tetapi penentuan jumlah iterasi tersebut juga dipengaruhi oleh lamanya waktu komputasi. Jumlah iterasi yang besar memiliki kemungkinan untuk mencapai nilai yang optimal, tetapi biasanya akan membutuhkan waktu komputasi yang agak lama.

### H. Verifikasi dan Validasi Program

Setelah dilakukan perhitungan manual, dihasilkan:

Nilai <i>Makespan</i> Populasi Target (Menit)	Nilai <i>Makespan</i> Populasi <i>Trial</i> (Menit)	Asal Populasi Target Iterasi Selanjutnya
22	25	Populasi Target
22	25	Populasi Target
22	22	<b>Populasi <i>Trial</i></b>
26	22	Populasi <i>Trial</i>
22	22	<b>Populasi <i>Trial</i></b>

Dimana, sudah tervalidasi hasil pengurutan job 7 – 4 – 6 – 2 – 3 – 5 – 8 – 1. Berdasarkan hasil perhitungan manual ini, bahwa nilai makespan perhitungan manual sama dengan hasil output dari program, maka program **telah tervalidasi**.

Perhitungan nilai makespan untuk penjadwalan dengan algoritma DE dilakukan dengan menggunakan suatu software yaitu matlab. Hal ini dilakukan agar waktu perhitungan yang dilakukan menjadi lebih cepat sekaligus memberikan hasil yang lebih akurat. Dengan menggunakan software matlab tersebut, output yang dapat dihasilkan oleh software tersebut antara lain ialah nilai makespan, urutan job, dan waktu perhitungannya. Untuk bahasa pemrograman penjadwalan dengan algoritma DE dapat dilihat pada lampiran 2 script M-file. Berikut hasil dari run program tersebut:

Matlab 

Urutan terbaik =

Columns 1 through 10

80 11 60 69 77 39 9 38 13 26

Columns 11 through 20

15 84 36 43 17 61 58 57 16 66

Column 21 through 30

54 6 32 44 42 10 24 7 30 5

Columns 31 through 40  
 31 55 78 88 86 64 71 63 85 1

Columns 41 through 50  
 72 4 62 40 82 19 59 52 27 22

Columns 51 through 60  
 81 83 73 28 47 79 41 56 20 67

Columns 61 through 70  
 37 34 35 74 18 25 53 29 65 70

Columns 71 through 80  
 46 21 45 2 48 8 51 33 14 87

Columns 81 through 88  
 50 68 76 23 49 3 75 12

Makespan = 2783

Waktu Komputasi = 847.765 detik

Sehingga menghasilkan perbandingan sebagai berikut:

Kriteria	Penjadwalan PT.XYZ											Usulan Penjadwalan								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	80	11	60	69	77	39	9	38	13	26
Urutan Pengerjaan	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	15	84	36	43	17	61	58	57	16	66
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	54	6	32	44	42	10	24	7	30	5
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	31	55	78	88	86	64	71	63	85	1
	41	42	43	44	45	46	47	8	49	50	72	4	62	40	82	19	59	52	27	22
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	81	83	73	28	47	79	41	56	20	67
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	37	34	35	74	18	25	53	29	65	70
	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	46	21	45	2	48	8	51	33	14	87
	81	82	83	84	85	86	87	88			50	68	76	23	49	3	75	12		
	Job Yang Terlambat	4	9	10	11	12	26	31	56	58	86	10	11	12	26	31	56	86	88	
	Jumlah Job Yang Terlambat	11											8							
Total Keterlambatan (menit)	538											487								
Total Waktu Penyelesaian (menit)	3771											2783								

## VI. ANALISA DAN USULAN PERBAIKAN

Tujuan dari penyelesaian masalah pada penelitian ini adalah meminimumkan nilai *makespan* pada *inject – blow production*. Total waktu penyelesaian (*makespan*) pada penjadwalan perusahaan adalah 3771 menit, sedangkan usulan penjadwalan yang dihasilkan menghasilkan nilai *makespan* sebesar 2783 menit. Jika dibandingkan, total waktu penyelesaian pada usulan penjadwalan mengalami penurunan sebesar 26,19% dari penjadwalan perusahaan. Nilai penurunan ini cukup signifikan meskipun perusahaan telah menggunakan metode *earlest due date* untuk mengatur penjadwalan yang pada dasarnya memang ditujukan untuk meminimumkan keterlambatan *job – job*.

Meskipun penyelesaian masalah dalam penelitian ini berfokus pada minimasi *makespan* saja, akan tetapi terlihat bahwa fungsi yang lain juga mengalami penurunan, yaitu:

1. Jumlah job yang mengalami keterlambatan mengalami penurunan sebesar 27,27% (dari 11 job menjadi 8 job).
2. Total keterlambatan job mengalami penurunan sebesar 9,47% (dari 538 menit menjadi 487 menit).

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa terhadap pengolahan data yang dilakukan diperoleh bahwa hasil penjadwalan urutan pengerjaan job dengan menggunakan Differential Evolution Algorithm dengan bantuan bahasa pemrograman MatLab R2014a, diperoleh kesimpulan sebagai berikut nilai total waktu penyelesaian (*makespan*) yang dihasilkan dari penjadwalan PT.XYZ yaitu sebesar 3771 menit. Jika dibandingkan, total waktu penyelesaian pada penjadwalan menggunakan metode differential evolution algorithm mengalami penurunan sebesar 26,2% dari penjadwalan perusahaan menjadi 2783 menit. Tingkat akurasi dari implementasi metode *differential evolution algorithm* pada penjadwalan penelitian ini dapat dikatakan sangat efektif, dikarenakan selain mampu meminimalkan nilai *makespan* namun terbukti dapat meminimasi fungsi lain seperti total waktu keterlambatan waktu produksi sebesar 9,5%. Usulan penjadwalan dari hasil program dengan menggunakan metode *differential evolution algorithm* kepada PT.XYZ yang

dilakukan dengan bantuan *software* MatLab R2014a yaitu melalui urutan pengerjaan 7 – 4 – 6 – 2 – 3 – 5 – 8 – 1 dengan total nilai waktu penyelesaian total menghasilkan 2783 menit.

### UCAPAN TERIMAKASIH

Bagian ini menyatakan ucapan terima kasih kepada pihak yang berperan dalam pelaksanaan kegiatan penelitian,

1. Tedjo Sukmono, ST., MT., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi dengan penuh keikhlasan dan kesabaran selama proses penelitian ini.
2. Seluruh Staff Perusahaan, yang telah memberikan izin penelitian dan membantu kelancaran pengerjaan penelitian ini.

### REFERENSI

- [1] Sucipta, I. Nyoman, S. Ketut, P.K.D. Kencana, “Pengemasan Pangan”. Udayana University Press edisi 1. pp x-y, 2017.
- [2] Ariyanti, Silvi, Adiyanto, R. Miharja, “USULAN PENJADWALAN PRODUKSI BENANG MENGGUNAKAN METODE NEH DAN METODE ALGORITMA JOHNSON UNTUK MEMINIMASI WAKTU PRODUKSI DI PT. LAKSANA KURNIA MANDIRI SEJATI”. *J. Ind. Eng.*, vol 6, no. 3, pp. 157–164, 2018.
- [3] Kulsum, D.A. Utami, “USULAN PERENCANAAN PENJADWALAN PRODUKSI DI PT. X”. *J. Ind. Ser.*, vol 4, no. 1, pp. 7–13, 2018.
- [4] Handani, Fika, H. Setyawan, P.L.T Irawan, “RANCANG BANGUN APLIKASI REKOMENDASI PARSEL MENGGUNAKAN DIFFERENTIAL EVOLUTION”. *J. Tek. Infor.*, vol 2, no. 2, pp. 171–181, 2019.
- [5] Kurnia, Aprilia, D. Ernawati, “PERENCANAAN RUTE DISTRIBUSI YANG OPTIMAL DENGAN METODE ALGORITMA DIFFERENTIAL EVOLUTION (DE) PT. XYZ” *J. Mnj. Ind.*, vol 2, no. 4, pp. 73–84, 2021.
- [6] Setiawan, Hendry, D.F Tan, K.R Prilianti, “IMPLEMENTASI DIFFERENTIAL EVOLUTION UNTUK OPTIMASI JADWAL PRODUKSI” *J. B. Infor.*, vol 9, no. 2, pp. 127–137, 2018.
- [7] Sarvina, Yeli, “PEMANFAATAN SOFTWARE OPEN SOURCE “R” UNTUK PENELITIAN AGROKLIMAT”. *J. Inf. Pert.*, vol 26, no. 1, pp. 23–30, 2017.