

Pengembangan Algoritma *Non Delay* Pada Kasus Penjadwalan *Non-Permutation Hybrid Flow shop* Untuk Meminimalisasi *Mean Flow time*

Siti Muhimatul Khoiroh

Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Jalan Raya Semolowaru No. 45 Surabaya
*surel: siti_muhimatul@untag-sby.ac.id

Abstract

Production scheduling is one of the key success factors in the production process. Scheduling approach with Non-Permutation flow shop is a generalization of the traditional scheduling problems Permutation flow shop for the manufacturing industry to allow changing the job on different machines with the flexibility of combinations. This research tries to develop a heuristic approach that is non-delay algorithm by comparing Shortest Processing Time (SPT) and Largest Remaining Time (LRT) in the case of non-permutation flow shop to produce minimum mean flow time ratio. The result of simulation shows that the SPT algorithm gives less mean flow time value compared to LRT algorithm which means that SPT algorithm is better than LRT in case of non-permutation hybrid flow shop.

Keywords: *Production scheduling, non-permutation, hybrid flow shop, non-delay algorithm, SPT, LRT.*

Abstrak

Penjadwalan (scheduling) merupakan faktor penentu keberhasilan dalam proses produksi. Pendekatan penjadwalan dengan non permutation flow shop adalah bentuk generalisasi dari permasalahan penjadwalan permutation flow shop tradisional bagi industri manufaktur. Penjadwalan dengan non permutation flow shop memungkinkan perubahan urutan Job pada mesin yang berbeda dengan adanya fleksibilitas kombinasi. Penelitian ini mencoba mengembangkan pendekatan heuristik yaitu algoritma non-delay dengan aturan Shortest Processing Time (SPT) dan Largest Remaining Time (LRT) pada kasus non-permutation flow shop untuk menghasilkan perbandingan mean flow time minimum. Dari hasil percobaan penelitian dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan algoritma non-delay, SPT menghasilkan nilai mean flow time lebih kecil dibandingkan dengan algoritma LRT yang berarti bahwa algoritma SPT lebih baik dibandingkan LRT pada kasus hybrid non-permutation flow shop.

Kata kunci: *penjadwalan produksi, hybrid non-permutation flow shop, algoritma non-delay, SPT, LRT.*

1. Pendahuluan

Penjadwalan produksi sangat berhubungan erat dengan waktu proses dan *due date* yang yang ditetapkan untuk memenuhi permintaan pelanggan [1]. Salah satu penyebab tidak efektif dan efisiennya sistem penjadwalan adalah besarnya nilai *mean flow time* karena tidak tepatnya penempatan Job berdasarkan waktu proses terpendeknya. Akibatnya semakin besar *mean flow time* maka semakin lama waktu proses yang dibutuhkan dalam sistem produksi. Oleh karena itu diperlukan sistem penjadwalan tertentu yang efektif dan efisien yang dapat menghasilkan waktu penyelesaian job lebih cepat dari kondisi awal agar dapat meningkatkan pemenuhan terhadap rencana produksi [2]. Menurut Pratiwi, *et al.* [3] penjadwalan bermanfaat untuk

menjaga kelangsungan dan kelancaran produksi perusahaan dalam memenuhi kebutuhan pasar. Tujuan utama dari penjadwalan produksi adalah untuk mendapatkan urutan pengerjaan job yang paling optimal [4]. Dengan penjadwalan produksi yang baik perusahaan dapat memperkecil *mean flow time* dari setiap job yang di kerjakan. Dengan besarnya tingkat minimasi *flow time*, maka perusahaan dapat menekan biaya *inventory work in process* [5].

Pada kasus *job shop*, umumnya algoritma heuristik yang banyak digunakan dalam penyelesaian adalah algoritma *non-delay* dan *active* [1]. *Algoritman Non-Delay* adalah sebuah pendekatan heuristik yang dapat digunakan untuk meminimasi *makespan*, minimasi *flow time*, serta dapat meningkatkan produktivitas mesin dengan cara meminimalkan jumlah mesin yang menganggur [6]. Algoritma *Non-delay* berprinsip untuk menghilangkan jumlah mesin yang *idle* ketika proses produksi telah di mulai [7]. Beberapa aturan dalam algoritma *non-delay* adalah Teknik SPT (*Shortest Processing Time*) dan LRT (*Largest Remaining Time*). Teknik SPT (*Shortest Processing Time*) adalah proses pemilihan urutan job dengan melihat total waktu proses terkecil sedangkan LRT (*Largest Remaining Time*) adalah proses pemilihan operasi dengan melihat waktu sisa dari job ke-*i* yang belum di jadwalkan [8, 9]. Kedua metode tersebut merupakan metode yang dapat digunakan untuk meminimasi *makespan* pekerjaan *n* job. Salah satu keunggulan metode SPT (*Shortest Processing Time*) adalah dapat meminimasi *mean flow time* dari pengerjaan *n* job [9]. Beberapa perkembangan pendekatan heuristik kasus *flow shop* di antaranya adalah algoritma heuristik Johnson [10], CDS [11], Pour [12], NEH [13]. Selanjutnya beberapa algoritma Algoritma meta heuristik kasus *flow shop* di antaranya *Levy-flight Firefly* [14], Algoritma *cross entropy* [15], *simulated annealing* [16, 17], *Tabu Search* [8], HADFSP-TFT [9], dan *Artificial Immune System* [18]. Sedangkan pada kasus non permutasi *flow shop* menggunakan MILP [19]. Penggunaan algoritma heuristik ideal digunakan pada kasus job dan mesin kecil.

Pada penelitian sebelumnya, penggunaan algoritma *Non-Delay* dengan kombinasi SPT dan LRT difokuskan untuk meminimasi *makespan* pengerjaan *n* job pada kasus *job shop*. Dalam penelitian ini, penggunaan algoritma *Non-Delay* dikembangkan untuk meminimasi nilai dari *mean flow time* pada kasus non permutasi *hybrid flow shop*. Besarnya nilai *flow time* berpengaruh terhadap kelancaran proses produksi. Dalam penelitian ini kasus *flow shop* yang menjadi masalah adalah yang berjenis non-permutasi *flow shop*. Non-permutasi *flow shop* adalah persoalan penjadwalan di mana urutan pengerjaan atau job ke *N* dapat berubah dari satu mesin ke *M* mesin yang lain pada tahap selanjutnya (aliran job ke *n* tidak sama pada semua *M* mesin) yang disebut dengan kasus *Non-permutation Flow Shop* (NPFS), yang berarti bahwa setiap mesin hanya dapat memproses satu jenis job pada satu waktu yang sama [8]. Kemampuan algoritma *Non-Delay* dalam minimasi *flow time* akan sangat berguna jika diterapkan dalam penyelesaian penjadwalan *hybrid Flow Shop* di mana dari kondisi yang ada saat ini. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pendekatan dalam bidang penjadwalan heuristik untuk menghasilkan jumlah *makespan* terpendek melalui nilai *mean flow time* terkecil untuk minimalisasi biaya produksi bagi perusahaan yang bertipe *hybrid flow shop*.

2. Metode Penelitian

Metode yang dikembangkan penelitian ini adalah *Algoritma Heuristic Non-Delay* untuk menyelesaikan kasus penjadwalan produksi non permutation *Hybrid Flow Shop*. *Hybrid Flow Shop* adalah merupakan ekstensi dari model penjadwalan *General Flow Shop* dan permasalahan penjadwalan paralel di mana semua pekerjaan akan melewati

tahap produksi pada beberapa mesin yang sama dalam beberapa tahapan proses produksi.

Algoritma Heuristic Non-Delay merupakan metode penjadwalan aktif di mana tidak ada mesin yang dibiarkan menganggur selama proses produksi berjalan [1]. Konsep dalam *Algoritma Non-Delay* adalah apabila terdapat pekerjaan dengan *Ready Time* yang lebih dari satu, maka operasi yang dipilih untuk didahulukan adalah berdasarkan nilai *Short Processing time* (SPT). Dan apabila ada terdapat lebih dari satu operasi dengan waktu proses terkecil (SPT) maka pemilihan operasi berdasarkan *most working remaining* (MWR). *Algoritma non delay* merupakan metode heuristik yang dikenal sebagai metode *dispatching rule*, yaitu metode yang berprinsip pada pembuatan jadwal secara parsial bertahap [9]. Pada penelitian ini dilakukan pengembangan model penjadwalan dengan metode heuristik yang dengan percobaan numerik untuk meminimasi jumlah mesin yang menganggur (*delay time*) pada *Hybrid Flow shop*.

Beberapa notasi yang dipakai dalam algoritma non delay adalah st, Rd, Cj, Tij dan Pst . st menunjukkan kumpulan (set) operasi-operasi yang siap untuk dijadwalkan. Rd menunjukkan saat paling awal di mana operasi st siap dijadwalkan atau dikerjakan. Cj menggambarkan saat paling awal operasi $j \in st$ dapat diselesaikan di mana $Cj = Rj + tij$. tij menunjukkan waktu pemrosesan operasi dari job ke i pada operasi ke j . Dan Pst menunjukkan suatu jadwal parsial yang mengandung sejumlah t operasi yang telah dijadwalkan. Adapun tahapan-tahapan penjadwalan menggunakan algoritma *Non-Delay* untuk kasus non permutasi hybrid flow shop adalah sebagai berikut:

- Tahap 1 : Lakukan transformasi matriks waktu dan operasi penjadwalan flow shop ke *two couples notation* pada tiap blok adalah (i, j) dengan i menunjukkan nomor job, j menyatakan urutan proses mesin.
- Tahap 2 : Menentukan Nilai Rd (*Ready Time*) pada awal pemrosesan mesin dengan melihat waktu *ready time* dari setiap mesin yang beroperasi
- Tahap 3 : Tentukan Rd^* yang merupakan Rd minimum pada stage 0 (saat paling awal operasi ke j dapat mulai dikerjakan)
- Tahap 4 : Melihat apakah mesin sedang dalam keadaan beroperasi atau tidak. Jika mesin tidak sedang beroperasi, maka waktu mulai operasi mengikuti waktu operasi dari operasi sebelumnya pada job yang sama.
- Tahap 5 : Jika didapatkan *ready time* minimum lebih dari satu maka lakukan lah tahap ke-6, jika *ready time* minimum tidak lebih dari 1 maka lakukan tahap 7
- Tahap 6 : Pilihlah operasi berdasarkan aturan prioritas berdasarkan *short processing time* (SPT) atau berdasarkan *Longest Remaining Time* (LRT).
- Tahap 7 : Jadwalkan operasi tersebut. Lanjutkan ke tahap 8.
- Tahap 8 : Masukkan waktu dari operasi yang dipilih ke mesin yang bersangkutan. Lanjutkan ke tahap 9
- Tahap 9 : Gantilah operasi yang terpilih dengan operasi selanjutnya (untuk job yang sama). Lanjutkan ke tahap 10
- Tahap 10 : Lihatlah apakah masih ada job yang tersisa. Jika ya, maka kembali ke tahap 3, mencari kapan operasi tercepat dapat dimulai. Jika tidak, maka lanjut langkah 11.
- Tahap 11 : Nilai *flow time* dapat dicari dengan formula pada persamaan (1).

Besarnya nilai *flow time* dapat dicari dengan formula pada persamaan (1).

$$\bar{F} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n F_j \quad (1)$$

Dalam penggunaan algoritma *Non-delay*, tahap ke-1 ke-5 dan ke-6 merupakan pengembangan algoritma untuk menjadwalkan sistem produksi berdasarkan aturan SPT dan LRT.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Contoh Penyelesaian Algoritma *Non-Delay SPT*

Data percobaan numerik untuk kasus 5 job 2 stage dapat dilihat pada [Tabel 1](#). Pada stage 1 mempunyai 2 mesin identik. Sedangkan untuk stage ke 2 memiliki 1 mesin. Pada tahap (1) data waktu proses tersebut di transformasi ke *two couples notation*. Hasil transformasi ke *two couples notation* dapat dilihat pada [Tabel 2](#).

Tabel 1 Contoh Data percobaan numerik
5 job 2 stage

Job	M1	M2
1	3	1
2	2	4
3	3	2
4	4	3
5	3	2

Tabel 2 Transformasi *two couples notation*
5 job 2 stage

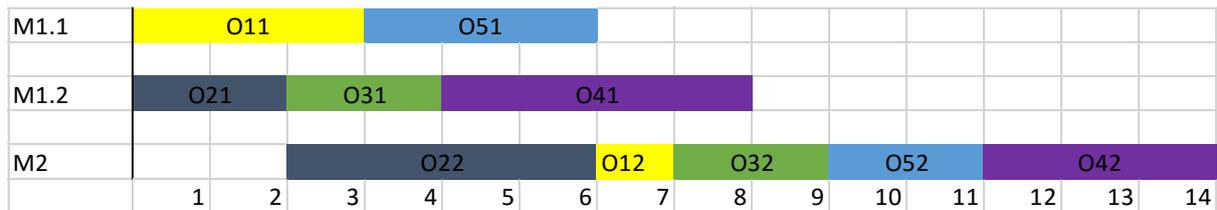
Job	M1	M2
1	O11 = 3	O12 = 1
2	O21 = 2	O22 = 4
3	O31 = 3	O32 = 2
4	O41 = 4	O42 = 3
5	O51 = 3	O52 = 2

Tahap (2) merupakan langkah penentuan R_d (*Ready Time*). *Ready Time* merupakan waktu awal pemrosesan mesin. Pada iterasi 1 diketahui bahwa nilai *Ready Time* dari tiap mesin sama dengan 0 karena tidak ada proses yang dilakukan sebelum operasi 1. Tahap (3) merupakan penentuan R_d^* yang merupakan R_d minimum pada tahap 0 (saat paling awal operasi ke j dapat mulai dikerjakan). Pada stage 1 didapatkan nilai R_d minimal sama dengan 0 yaitu pada operasi O11, O21, O31, O41, dan O51. Tahap (4) adalah melakukan pengecekan apakah mesin sedang dalam keadaan beroperasi atau tidak. Jika mesin tidak sedang beroperasi, maka waktu mulai operasi mengikuti waktu operasi dari operasi sebelumnya pada job yang sama. Pada *Stage 0* atau tahap awal semua mesin masih belum melakukan proses apapun sehingga tidak perlu mengikuti waktu operasi dari operasi sebelumnya. Tahap (5) adalah melakukan pengecekan jika didapatkan *ready time* minimum lebih dari satu maka lakukan langkah 6, jika *ready time* minimum tidak lebih dari 1 maka lakukan langkah 7. Pada tahap ini didapatkan nilai *ready time* yang jumlahnya lebih dari 1, maka lanjut pada tahap ke 6. Tahap (6) adalah memilih operasi berdasarkan aturan prioritas berdasarkan *Short Processing Time* (SPT) atau waktu proses tercepat. Pada stage 1 diperoleh nilai waktu pemrosesan terkecil pada operasi O11 dan O 21 dengan nilai waktu 3 jam dan 2 jam. Tahap (7) adalah menjadwalkan operasi tersebut O11 dan O 21. Tahap (8) adalah memasukkan waktu dari operasi yang dipilih ke mesin yang bersangkutan. Tahap (9) adalah melakukan update st untuk operasi selanjutnya. Ulangi tahap ke 3 sampai semua operasi terjadwal. Rekapitulasi jadwal non delay SPT kasus *non permutation hybrid flow shop* dapat dilihat pada [Tabel 3](#).

Tabel 3 Hasil perhitungan algoritma *Non-Delay SPT*

Stage	Mesin			st	Rd	tij	cj	Rd*	M	Pst
	M1.1	M1.2	M2							
0	0	0	0	O11	0	3	3	0	M1.1, M1.2	O11, O21
				O21	0	2	2			
				O31	0	3	3			
				O41	0	4	4			
				O51	0	3	3			
				O12	3	1	4			
1	3	2	0	O22	2	4	6	2	M1.2	O31
				O31	2	3	5			
				O41	2	4	6			
				O51	2	3	5			
				O12	3	1	4			
				O22	2	4	6			
2	3	4	0	O32	4	2	6	2	M2	O22
				O41	3	4	7			
				O51	3	3	6			
				O12	6	1	7			
				O32	6	2	8			
				O41	3	4	7			
3	3	4	6	O51	3	3	6	3	M1.1	O51
				O12	6	1	7			
				O32	6	2	8			
				O41	4	4	8			
				O52	6	2	8			
				O12	6	1	7			
4	6	4	6	O32	6	2	8	4	M1.2	O41
				O41	4	4	8			
				O52	6	2	8			
				O12	6	1	7			
				O32	6	2	8			
				O42	8	3	11			
5	6	8	6	O52	6	2	8	6	M2	O12
				O32	7	2	9			
				O42	8	3	11			
				O52	6	2	8			
				O32	7	2	9			
				O42	8	3	11			
6	6	8	7	O52	7	2	9	7	M2	O32
				O42	9	3	12			
				O52	9	2	11			
				O42	9	3	12			
				O52	9	2	11			
				O42	11	3	14			
8	6	8	11	O42	11	3	14	11	M2	O42
9	6	8	14							

Berdasarkan hasil perhitungan waktu operasi pada tahap 1-9, maka hasil penjadwalan dengan menggunakan algoritma Non-Delay SPT pada kasus non permutation hybrid *flow shop* dengan lama makespan sebesar 14 hari dengan lima jenis produk yang diproduksi menggunakan 3 jenis mesin seperti [Gambar 1](#) dibawah ini :



Gambar 1 Makespan Percobaan Numeric Algoritma Non-Delay SPT

Dari hasil penjadwalan Algoritma *Non-Delay SPT* didapatkan lama makespan 14 satuan waktu. berdasarkan algoritma Non-Delay SPT rata-rata *flow time* sebesar 6,6 satuan waktu (lihat [Tabel 5](#))

3.2 Contoh Penyelesaian Algoritma Non-Delay LRT

Pada percobaan numerik algoritma *Non-Delay LRT*, tahapan penyelesaian algoritma seperti diuraikan pada algoritma SPT. Namun pada tahap ke 6, aturan prioritas yang digunakan adalah LRT. Hasil rekapitulasi perhitungan algoritma LRT dapat dilihat pada [Tabel 4](#).

Tabel 4 Perhitungan Numeric Algoritma Non-Delay LRT

Stage	Mesin			st	Rd	tij	cj	Rd*	M	Pst
	M1.1	M1.2	M2							
0	0	0	0	O11	0	3	3	0	M1.1, M1.2	O21, O41
				O21	0	2	2			
				O31	0	3	3			
				O41	0	4	4			
				O51	0	3	3			
1	2	4	0	O11	2	3	5	2	M1.1, M2	O22, O31
				O22	2	4	6			
				O31	2	3	5			
				O42	4	3	7			
				O51	2	3	5			
2	4	4	6	O11	4	3	7	4	M1.1	O51
				O32	6	2	8			
				O42	6	3	9			
				O51	4	3	7			
				O11	4	3	7			
3	7	4	6	O32	6	2	8	4	M1.2	O11
				O42	6	3	9			
				O52	7	2	9			
				O12	7	1	8			
				O32	6	2	8			
4	7	7	6	O42	6	3	9	6	M2	O42
				O52	7	2	9			
				O12	9	1	10			
				O32	9	2	11			
				O52	9	2	11			
5	7	7	9	O12	9	1	10	9	M2	O32
				O32	9	2	11			
6	7	7	11	O12	11	1	12	11	M2	O52
				O52	11	2	13			
7	7	7	13	O12	13	1	14	13	M2	O12
8	7	7	14							

Berdasarkan hasil perhitungan waktu operasi pada tahap 1-9, maka hasil bentuk penjadwalan dengan menggunakan algoritma Non-Delay LRT dengan lama makespan sebesar 14 hari dengan lima jenis produk yang diproduksi menggunakan 3 jenis mesin seperti Gambar 2 dibawah ini :



Gambar 2 Makespan Perhitungan Numeric Algoritma Non-Delay LRT

Dengan jumlah makespan selama 14 satuan waktu, perhitungan *flow time* pada masing-masing job menghasilkan rata-rata *flow time* jauh lebih besar dibanding pendekatan sebelumnya (SPT) yaitu sebesar 8,2 (lihat Tabel 5). Perbandingan algoritma menunjukan aturan SPT (*Shortest Processing Time*) menghasilkan nilai rata – rata *flow time* lebih kecil 6,6 jam. Sedangkan aturan LRT (*Longest Remaining Time*) menghasilkan rata – rata *flow time* 8,2 satuan waktu.

Tabel 5 Perbandingan Perhitungan Nilai Mean Flow time Algoritma Non-Delay SPT dan LRT

Job	Flow time SPT	Flow time LRT
job 1	6	9
job 2	5	8
job 3	6	8
job 4	9	8
job 5	7	8
Average	6,6	8,2

3.3 Percobaan numerik

Untuk membuktikan lebih mendalam mengenai 2 algoritma yang diusulkan. Penelitian ini juga melakukan 15 percobaan untuk mengetahui perbandingan dari 2 algoritma yang diusulkan. Data waktu proses dibangkitkan dari bilangan acak berdistribusi uniform (1, 4) dengan menggunakan ms.excel. Hasil percobaan di rekapitulasi pada Tabel 6.

Pada Tabel 6 dapat di simpulkan bahwa penggunaan algoritma SPT (*Shortest Processing Time*) untuk pemilihan lebih efektif dibandingkan dengan aturan LRT (*Longest Remaining Time*). Ini membuktikan bahwa SPT efektif digunakan meminimasi *flow time* [2]. Aturan prioritas SPT memberikan hasil makespan dan *flow time* paling rendah. Ini menggambarkan bahwa optimalitas makespan berbanding lurus dengan optimalitas *mean flow time*. Ketika *makespan* rendah, maka berdampak pada nilai *flow time*. Karena *makespan* rendah menyebabkan idle time rendah.

Tabel 6 hasil percobaan aturan *SPT* dan *LRT*

Percobaan	Jumlah job	Jumlah mesin			makespan		mean flow time	
		mesin 1	mesin 2	mesin 3	SPT	LRT	SPT	LRT
		1	5	2	1	-	14	14
2	4	3	2	-	10	12	6,75	6,75
3	4	3	1	-	22	23	13,75	15
4	4	2	3	-	11	11	6,25	6,25
5	5	2	1	-	14	14	6,6	8,2
6	4	2	2	1	19	22	10,8	13,5
7	3	1	2	-	17	19	7,6	7,6
8	10	2	1	-	37	40	16,5	20,5
9	10	3	2	-	39	43	13,5	13,5
10	10	3	1	-	43	43	33,0	36
11	10	2	3	-	40	40	15,0	16
12	10	2	1	-	41	40	13,9	17,22
13	10	2	2	1	40	42	25,9	32,4
14	10	1	2	-	37	42	19,0	19
15	10	2	1	2	38	41	34,7	43,05

4. Simpulan

Pengembangan algoritma Non-Delay SPT dan LRT merupakan sebuah pendekatan baru yang dapat digunakan untuk menyelesaikan kasus *job shop* dengan cara meminimalkan angka dari jumlah mesin yang menganggur (reduksi *idle time*). Algoritma SPT adalah algoritma penentu dengan melihat total waktu proses minimum dari setiap operasi, sedangkan algoritma LRT adalah algoritma penentu dengan melihat nilai sisa dari job yang belum dijadwalkan.

Setelah dilakukan beberapa kali pengujian *numeric*, dapat menyimpulkan bahwa dengan menggunakan algoritma SPT untuk menyelesaikan kasus *hybrid flow shop* pada kasus non-permutasi agar dapat meminimalkan nilai *mean flow time* yang akan berbanding lurus dengan biaya *inventory work in process* (WIP) di bandingkan dengan algoritma *Non-delay* LRT. Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu menambahkan beberapa *constrain* baru seperti waktu set up, due date, dan prioritas lainnya untuk menghasilkan penjadwalan yang mendekati dengan kondisi riil didalam perusahaan.

Referensi

- [1] S. Harto, A. K. Garside, and D. M. Utama, "Penjadwalan Produksi Menggunakan Algoritma Jadwal Non Delay Untuk Meminimalkan Makespan Studi Kasus Di Cv. Bima mebel," *spektrum industri*, vol. 14, 2016.
- [2] J. O. Ong and D. Juliyanti, "Pengembangan Model Penjadwalan Mesin Majemuk Melalui Job Sisipan," 2013.
- [3] F. R. Pratiwi, A. Rahman, and C. F. M. Tantrika, "Penjadwalan Hybrid *Flow shop* dengan Integer Linear Programming untuk Meminimasi Makespan (Studi Kasus: Pt. Dwisutra Setia Agung Surabaya)," *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri*, vol. 2, pp. p940-951, 2014.
- [4] F. Putamawa, B. Santosa, and N. Siswanto, "Penyelesaian Permasalahan Multi-Objective Hybrid Flow Shop Scheduling dengan Algoritma Modified Particle Swarm Optimization," ed: Surabaya: ITS, 2014.

- [5] C. F. M. Tantrika, "Penjadwalan *Flow shop* Dengan Mixed Integer Programming Untuk Meminimasi Total *Flow time* Dan Total Tardiness," *Journal of Engineering and Management in Industrial System*, vol. 3, 2015.
- [6] J. O. Ong, "Penjadwalan Non-Delay Melalui Mesin Majemuk Untuk Meminimumkan Makespan," *Spektrum Industri*, vol. 11, 2013.
- [7] T. A. Barokah, E. Zaini, and A. Saleh, "Usulan Penjadwalan Produk Menggunakan Algoritma Non Delay Dengan Mesin Paralel Pada PT. Adhichandra dwiutama," *reka integra*, vol. 4, 2016.
- [8] W. N. Cahyanto, S. Hafidh Munawir, and M. Eng, "Penjadwalan Job Shop Mesin Majemuk Menggunakan Algoritma Non Delay Untuk Meminimumkan Mean *Flow time* Dan Penentuan Due Date," Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016.
- [9] D. M. Utama, "Analisa Perbandingan Penggunaan Aturan Prioritas Penjadwalan Pada Penjadwalan Non Delay N Job 5 Machine," *Research Report*, vol. 1, 2017.
- [10] S. M. Johnson, "Optimal two-and three-stage production schedules with setup times included," *Naval research logistics quarterly*, vol. 1, pp. 61-68, 1954.
- [11] H. G. Campbell, R. A. Dudek, and M. L. Smith, "A heuristic algorithm for the n job, m machine sequencing problem," *Management science*, vol. 16, pp. B-630-B-637, 1970.
- [12] A. sulaksmi, A. K. Garside, and F. hadziqah, "Penjadwalan Produksi Dengan Algoritma Heuristik Pour (Studi Kasus: Konveksi One Way–Malang)," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 15, pp. 35-44, 2014.
- [13] I. Masudin, D. M. Utama, and F. Susastro, "Penjadwalan *Flow shop* Menggunakan Algoritma Nawaz Enscore HAM," 2014.
- [14] A. V. Limas, J. Sudirwan, and S. N. Fadlilah, "Perancangan Sistem Penjadwalan Mesin Hybrid Flow Shop dengan Algoritma Levyflight Discrete Firefly," *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, vol. 5, pp. 671-684, 2014.
- [15] D. S. Widodo and M. S. D. Ellianto, "Penjadwalan Flow Shop Dengan Pendekatan Cross Entropy-Genetic Algorithm Untuk Menurunkan Makespan Pada Pembuatan Roda Gigi," *Heuristic: Jurnal Teknik Industri*, vol. 12, 2016.
- [16] M. Firdaus, I. Masudin, and D. M. Utama, "Penjadwalan *Flow shop* Dengan Menggunakan Simulated Annealing," *Spektrum Industri*, vol. 13, 2015.
- [17] M. Husen, I. Masudin, and D. M. Utama, "Penjadwalan Job Shop Statik Dengan Metode Simulated Annealing Untuk Meminimasi Waktu Makespan," *Spektrum Industri*, vol. 13, 2015.
- [18] R. Nasution, A. K. Garside, and D. M. Utama, "Penjadwalan Job Shop Dengan Pendekatan Algoritma Artificial Immune System," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 18, pp. 29-42, 2017.
- [19] B. Vahedi-Nouri, P. Fattahi, and R. Ramezani, "Minimizing total *flow time* for the non-permutation flow shop scheduling problem with learning effects and availability constraints," *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 32, pp. 167-173, 2013.