

**PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN MENGGUNAKAN
ALGORITMA PENJADWALAN *NON DELAY* DI PERCETAKAN****Feby Eka Prasetya¹, Sri Hartini², Hery Suliantoro³, Zainal Fanani Rosyada⁴,
Denny Nurkertamanda⁵**^{1,2,3,4,5}Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
Email: srihartini@lecturer.undip.ac.id**ABSTRAK**

Keberhasilan suatu perusahaan manufaktur dalam merespon pasar tidak lepas dari kemampuan rantai pabrik dalam membuat produk dengan tepat waktu. Tahap penjadwalan mesin memegang peranan penting untuk mewujudkannya. Percetakan SDK sebagai perusahaan yang bergerak dibidang percetakan kertas. Pelayanan kepada konsumen terkadang mengalami keterlambatan. Penelitian ini bermaksud menerapkan penjadwalan mesin dengan menggunakan Algoritma Penjadwalan Non Delay. Harapannya penjadwalan mesin mempunyai makespan minimum, idle time sekecil mungkin, dan konsumen dapat dilayani tepat waktu, tepat jumlah dan tepat kualitas. Setelah menerapkan Algoritma Non Delay, makespan turun menjadi 41.46%, sehingga proses produksi akan berjalan lebih cepat sehingga mampu merespon permintaan konsumen dengan lebih baik.

Kata Kunci: penjadwalan mesin, non-delay, makespan, percetakan

1. Pendahuluan

Penjadwalan mesin memilih, mengorganisasi, dan menentukan penggunaan sumber daya yang dimiliki perusahaan atau organisasi lainnya untuk menghasilkan *output* sesuai waktu yang diharapkan (Morton dkk, 2001). Tujuan Penjadwalan yaitu untuk meningkatkan produktifitas mesin, mengurangi waktu menganggur mesin, meminimasi keterlambatan, meminimasi ongkos produksi, dan memenuhi *due date* (Utama dkk., 2015; Utama, 2016; Conway dkk., 2012). Perencanaan dan penjadwalan merupakan pengambilan keputusan yang digunakan setiap industri manufaktur dan industri jasa (Pinedo, 2005; Cahyanto dan Munawir, 2017). Menurut Bedworth (2002), terdapat dua hal yang ingin dicapai melalui proses penjadwalan, antara lain jumlah *output* yang dihasilkan dan batasan waktu penyelesaian yang telah ditetapkan. Kedua target ini dapat dinyatakan melalui kriteria penjadwalan seperti minimasi penyelesaian semua order (*makespan*), minimasi rata-rata waktu tinggal (*mean flow time*), minimasi rata-rata keterlambatan (*mean lateness*), minimasi jumlah keterlambatan (*tardiness*), minimasi jumlah order yang terlambat (*number of tardy*) dan sebagainya.

Percetakan SDK adalah perusahaan industri besar dibidang percetakan yang sudah berjalan dengan baik, professional dan mempunyai kualitas produk yang terjamin. Strategi yang diterapkan dalam merespon permintaan adalah *make to order* (MTO) yaitu hanya memproduksi produk jika terdapat pesanan dari konsumen, sehingga proses produksi hanya berjalan sesuai dengan permintaan pelanggan. Karena menerapkan strategi respon *Make to Order* (MTO), maka perusahaan hanya menyimpan bahan mentah standar, produk dibuat sesuai dengan desain dan spesifikasi dari konsumen dengan harga dan waktu pengiriman ditentukan

perusahaan (Sheikh, 2002; Barokah dkk., 2016). Pengaruh strategi MTO yang diterapkan, maka variasi produk yang dibuat di perusahaan SDK sangat tinggi. Untuk memudahkan dalam proses produksi, lini produksi didesai secara *Job Shop*. Proses *job shop* memungkinkan menghasilkan produk yang setipe namun mempunyai variasi desain yang tinggi (Hartini, 2011). Proses produksi *jobshop* bisa menghasilkan penjadwalan secara optimal dengan cara mencari satu atau lebih penyelesaian yang mempunyai hubungan dengan nilai-nilai satu atau lebih fungsi objektif (Berlianty & Arifin, 2002; Vervly & Vina, 2016). Proses penjadwalan dengan metode non delay efektif untuk meminimasi jumlah dan waktu keterlambatan (Livia & Alfian, 2014), diperoleh waktu proses keseluruhan (*makespan*) yang paling kecil (Ong, 2013; Ramawinta dkk., 2013).

Tujuan penelitian ini adalah menerapkan algoritma penjadwalan *non delay* pada proses produksi *jobshop* di perusahaan SDK untuk meminimasi makespan.

2. Metodologi Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer yang diambil langsung dengan melakukan observasi. Penelitian menggunakan order yang masuk di bagian PPIC. Penjadwalan mesin dilakukan sesuai dengan jadwal induk produksi yang telah disetujui. Pengumpulan data dilakukan dengan cara mencatat dan mengikuti jalannya proses produksi dari mesin cetak, mesin vernish, mesin laminator, mesin phond, mesin lem, sortir, serta memastikan barang dikirim kepada konsumen tepat pada waktunya. Data yang dibutuhkan untuk penjadwalan mesin antara lain data kapasitas produksi masing-masing mesin, data *order* masuk dan diterima oleh bagian PPIC, data *inventory raw material* yang ada di gudang, data toleransi waktu.

Notasi-notasi yang digunakan dalam algoritma ini adalah sebagai berikut:

PSt : Jadwal parsial yang mengandung sejumlah t operasi yang telah dijadwalkan

r_i : Saat paling awal operasi dapat diselesaikan ($r_i = c_i + t_{ij}$)

St : Waktu sisa yang tersedia bagi suatu *job* ($S_i = d_i - t_i$)

C_i : Saat paling awal operasi $j \in S_t$ saat mulai dikerjakan

t_{ij} : Waktu proses pekerjaan i pada proses j

Algoritma pembangkitan jadwal non delay terdiri dari beberapa langkah diantaranya adalah :

Langkah 1 . Buatlah $t = 0$ dan mulai dengan PSt sebagai jadwal parsial ke nol. Sebagai permulaan, St meliputi semua operasi tanpa predecessor.

Langkah 2 . Tentukan $\sigma^* = \min_{j \in S_t} \{\sigma_j\}$ dan mesin m^* sehingga σ^* dapat direalisasikan.

Langkah 3 . Untuk setiap operasi $j \in S_t$ yang membutuhkan mesin m^* dan sehingga $\sigma_j = \sigma^*$, buatlah jadwal parsial baru dimana operasi j ditambahkan pada PSt dan dimulai pada waktu σ_j .

Langkah 4 . Untuk setiap jadwal parsial baru PS_{t+1} , yang dibuat pada langkah 3, perbaharui susunan data sebagai berikut:

(a) Hilangkan operasi j dari St

(b) Bentuk S_{t+1} dengan menambahkan successor langsung operasi j

ke St

(c) Tambahkan t dengan 1

Langkah 5 . Kembali ke langkah 2 untuk setiap PS_{t+1} yang dibuat pada langkah 3, dan lanjutkan dalam cara tersebut hingga semua jadwal *nondelay* telah dihasilkan.

3. Hasil dan Pembahasan

a. Perhitungan Toleransi Waktu Kiping (k)

Waktu kiping adalah waktu pemasukan ulang kertas ke mesin untuk dilakukan pemrosesan. *Allowance* waktu kiping (k) berdasarkan permintaan produk, data kapasitas setiap mesin, spesifikasi produk dan data *raw material*. Waktu kiping didapatkan dengan cara perolehan data pengamatan dari 10 pengerjaan *order*, sehingga didapatkan waktu kiping rata-rata. Berikut ini adalah data waktu kiping untuk mesin cetak.

Tabel 1. Perhitungan Toleransi Kiping Mesin Cetak

No	Nama Order	Waktu kiping (Menit)	Jumlah kiping per jam	Waktu kiping per jam (menit)
1	Dumanoff 72 pcs	3	4	12
2	Lemon 72 pcs	2.5	4	10
3	Lemon 96 pcs Quarter	2.5	4	10
4	Coco Elite 96 pcs Arab	3.5	4	14
5	Coco Caesar Blue 64 pcs	2	4	8
6	Coco Al AJamy Kuwait	2.5	4	10
7	Coco Dana 72 pcs	3	4	12
8	Coco Dana 18 pcs	3.5	4	14
9	Coco Army Jabel Ali 72	3	4	12
10	Big Maks 96 pcs	2	4	8
11	Yahya Crystal Coal	4	4	16
12	Yahya 25 Cube	2	4	8
13	Town Coco's	2.5	4	10
14	Four king (YRVB)	2.5	4	10
15	Coco 8 1 kg	2	4	8
Rata-rata waktu kiping dalam satu jam (k)				10.8

Kapasitas mesin SM dan CD menurut rata-rata waktu kiping :

$$= \frac{\text{Kapasitas Standart Mesin}}{\text{jumlah menit dalam jam}} \times (60 - k) = \frac{6500}{60} \times (60 - 10.8) = 5330 \text{ lembar/jam}$$

Tabel 2. Rekapitulasi Waktu Kiping dan Aktual

No	Nama Mesin	Kapasitas Standar (Lembar)	Rata-rata Waktu Kiping (Menit)	Waktu Setting Awal (jam)	Output Aktual (lembar/shift)
1	Mesin Cetak	6500	10.8	2	26.650
2	Mesin Vernish	4500	10	0.5	24.375
3	Mesin Laminator	1800	27.5	1	5850
4	Mesin Phond	6000	14	0.5	29.900
5	Mesin Lem	4200	0	0.5	27.300

Dengan menggunakan jam kerja selama 7 jam dan kapasitas actual sebesar 5330 lembar per jam, maka kapasitas setiap mesin setelah disesuaikan dengan kebutuhan setup mesin ditunjukkan pada Tabel 2.

b. Proses Penjadwalan Non Delay

Tabel 3 menunjukkan proses penjadwalan menggunakan algoritma *non delay* dengan 20 order yang dibagi menjadi 6 kelompok penjadwalan. Pengelompokan didasarkan atas dasar waktu kedatangan terdekat dan kesamaan konsumen. Tabel 4 merupakan hasil penjadwalan *non delay*. Total waktu yang dibutuhkan menggunakan persamaan berikut

$$T_{total} = \left(\left(\frac{\text{jumlah order}}{\text{output per jam}} \times 60 \right) + \text{waktu setting} \right) / 60.$$

Tabel 3. Pengelompokan Penjadwalan Order

No	1	2	3	4	5	Masu	Jadwal
Nama Order	(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	(jam)	k	
1 Dumanoff 72 pcs	2.5	1.2	3.7	1.6	3.0	13-12-19	1
2 Lemon 72 pcs	2.5	1.2	3.7	1.6	3.0	13-12-19	
3 Lemon 96 pcs Quarter	2.5	1.2	3.7	1.6	3.0	13-12-19	
4 Coco Elite 96 pcs Arab	2.9	1.8	6.0	2.1	5.2	14-12-19	2
5 Coco Caesar Blue 64 pcs	2.8	1.6	5.2	1.9	4.4	14-12-19	
6 Coco Al AJamy Kuwait	6.9	7.5	27.9	6.7	25.5	17-12-19	
7 Coco Dana 72 pcs	4.0	3.4	12.0	3.3	10.7	22-12-19	3
8 Coco Dana 18 pcs non flute	3.0	1.9	6.4	2.1	13.0	22-12-19	
9 Coco Army Jabel Ali 72	4.5	4.1	14.9	3.9	13.4	22-12-19	
10 Big Maks 96 pcs	3.2	2.3	7.8	2.4	6.8	29-12-19	4
11 Yahya Crystal Coal	3.5	2.6	9.2	2.7	8.1	30-12-19	
12 Yahya 25 Cube	3.0	1.9	6.4	2.2	5.5	30-12-19	
13 Town Coco's	3.3	2.3	8.1	2.5	7.1	2-01-20	5
14 Four king (YRVB)	3.5	2.6	9.2	2.7	2.4	4-01-20	
15 Coco 8 1 kg	2.9	1.8	6.2	2.1	5.3	4-01-20	
16 Coco Al Ajamy Sharjah 96	3.2	2.2	7.5	2.4	6.5	6-01-20	6
17 Coco Bass Hexa 1 Kg	4.0	3.3	11.9	3.3	5.5	6-01-20	
18 Coco Bass Hexa 500 g	3.7	2.9	10.1	2.9	8.9	6-01-20	
19 Coco Bass Novo 1 kg	3.4	2.5	8.6	2.6	4.0	6-01-20	6
20 Coco caesar Haiva	3.0	1.9	6.2	2.1	5.3	8-01-20	

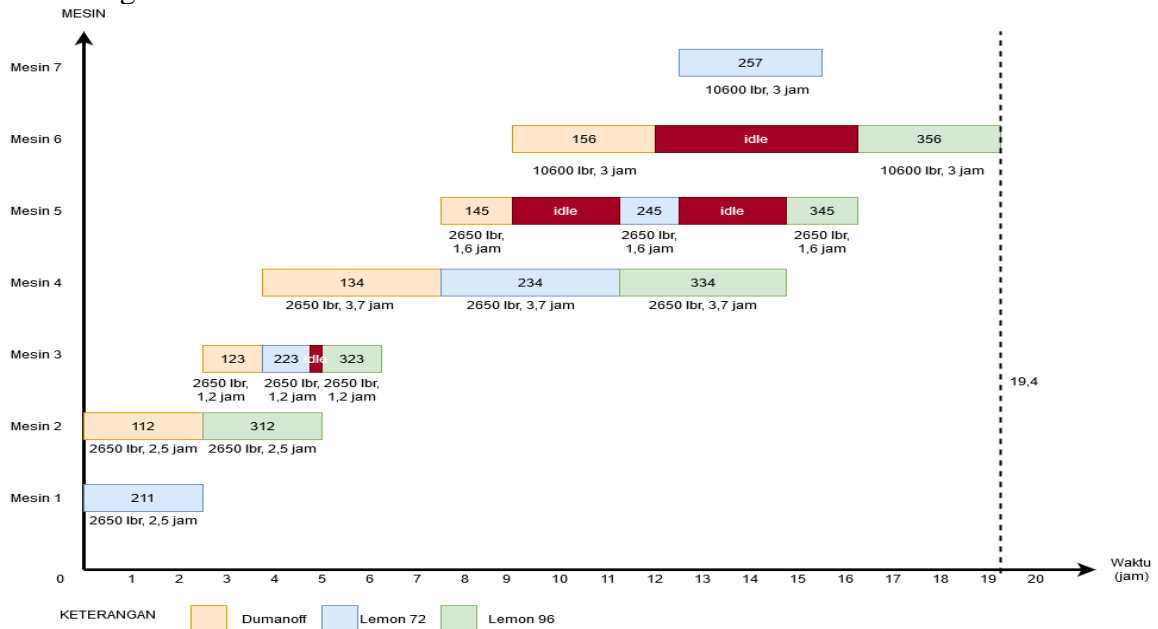
1 : CD dan SM, 2: Vernish, 3: Laminator, 4: Phond, 5: Lem

Tabel 4 .Proses Penjadwalan *Non Delay* Manual Jadwal 1

STAGE	MESIN								St	Cj	Tij	Rj	C*	m*	PSt
	1	2	3	4	5	6	7	8							
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T112	0.0	2.5	2.5	0.0	2	T112
									T211	0	2.5	2.5	0	1	T211
									T312	0	2.5	2.5	0		
1.0	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T123	2.5	1.2	3.7	2.5	3	T123
									T223	2.5	1.2	3.7	2.5		
									T312	2.5	2.5	5.0	2.5	2	T312
2.0	2.5	5.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	T134	3.7	3.7	7.4	3.7	4	T134
									T223	3.7	1.2	4.9	3.7	3	T223
									T323	5	1.2	6.2			
3	2.5	5	4.9	7.4	0	0	0	0	T145	7.4	1.6	9.0			
									T234	7.4	3.7	11.1			
									T323	5	1.2	6.2	5	3	T323
4	2.5	5	6.2	7.4	0	0	0	0	T145	7.4	1.6	9.0	7.4	5	T145
									T234	7.4	3.7	11.1	7.4	4	T234
									T334	7.4	3.7	11.1	7.4		
5	2.5	5	6.2	11.1	9	0	0	0	T156	9	3	12.0	9	6	T156
									T245	11.1	1.6	12.7			
									T334	11.1	3.7	14.8			
6	2.5	5	6.2	11.1	9	12			T245	11.1	1.6	12.7	11.1	5	T245
									T334	11.1	3.7	14.8	11.1	4	T334
7	2.5	5	6.2	14.8	12.7	12	0	0	T257	12.7	3	15.7	12.7	7	T257
									T345	14.8	1.6	16.4			
8	2.5	5	6.2	14.8	12.7	12	15.7		T345	14.8	1.6	16.4	14.8	5	T345
9	2.5	5	6.2	14.8	16.4	12	15.7		T356	16.4	3	19.4	16.4	6	T356

c. Gantt Chart

Gambar 1 merupakan *gantchart* hasil penjadwalan *non delay* yang dihitung secara manual.



Gambar 1. Gantchart Hasil Penjadwalan Manual jadwal 1

Tabel 5 menunjukkan *makespan* dari enam kelompok jadwal yang dihasilkan.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Penjadwalan

Jadwal	Makespan (jam)
1	19,4
2	72,9
3	49,9
4	39,1
5	33,3
6	25,2
6	45,6
Ulang	

Tabel 6. Perbandingan Waktu Planning Perusahaan dengan *Non Delay*

No	Nama Order	PPIC	Usulan
1	Dumanoff 72 pcs	70	12
2	Lemon 72 pcs	70	15.7
3	Lemon 96 pcs Quarter	70	19.4
4	Coco Elite 96 pcs Arab	70	33.3
5	Coco Caesar Blue 64 pcs	70	26.3
6	Coco Al AJamy Kuwait	98	72.9
7	Coco Dana 72 pcs	84	49.9
8	Coco Dana 18 pcs	84	20
9	Coco Army Jabel Ali 72	84	41.2
10	Big Maks 96 pcs	84	28.3
11	Yahya Crystal Coal	84	39.1
12	Yahya 25 Cube	84	19
13	Town Coco's	84	28.6
14	Four king (YRVB)	70	33.3
15	Coco 8 1 kg	56	18.3
16	Coco Al Ajamy Sharjah 96	84	25.2
17	Coco Bass Hexa 1 Kg	84	63.1
18	Coco Bass Hexa 500 g	84	54.2
19	Coco Bass Novo 1 kg	84	38.9
20	Coco caesar Haiva	84	31.1

Tabel 6 menunjukkan perbandingan antara penjadwalan yang dilakukan oleh perusahaan dengan penjadwalan dengan metode *non delay*, data waktu pengerjaan rencana perusahaan diambil dari bagian PPIC. Angka-angka yang berada di dalam tabel dibawah ini menjelaskan lama pengerjaan setiap order baik berdasarkan perencanaan yang dibuat oleh PPIC dan hasil pengolahan data menggunakan penjadwalan *non delay*. Dengan menggunakan algoritma non delay proses efektifitas penjadwalan dapat menurunkan makespan pengerjaan rata-rata 41.45791%, dengan begitu proses produksi akan berjalan lebih cepat sehingga mampu merespon permintaan konsumen.

Penelitian ini juga telah mampu mengidentifikasi kapasitas aktual dari setiap mesin yaitu mesin cetak 26.650 lembar/shift, mesin vernish 24.375 lembar/shift, mesin laminator 5850 lembar/shift, mesin phond 29.900 lembar/shift dan mesin lem sebesar 27.300 lembar/shift. Dengan adanya identifikasi kapasitas aktual dari setiap mesin diharapkan pihak PPIC bisa menggunakan informasi ini sebagai Batasan dalam membuat penjadwalan mesin sehingga hasil penjadwalannya lebih presisi.

4. Kesimpulan

Penjadwalan mesin dengan algoritma penjadwalan non delay mampu menurunkan makespan rata-rata 41,46% dari penjadwalan perusahaan. Artinya, penjadwalan mesin usulan berpeluang menyelesaikan order dengan lebih cepat.

Penelitian ini masih terbatas pada penggunaan algoritma non delay dan pengaruhnya terhadap makespan. Perlu kajian yang lebih luas dengan mencoba penggunaan algoritma yang lain seperti penjadwalan aktif atau hybrid untuk jobshop dan pengaruhnya pada performansi yang lain selain makespan. Akan lebih menarik apabila perusahaan melakukan uji coba melakukan penjadwalan mesin dengan metode usulan dan dikaji pengaruhnya terhadap performansi lantai pabrik.

Daftar Pustaka

1. Barokah Tifani Al, Zaini Emsosfi, Saleh alex. 2016. Usulan Penjadwalan Produk menggunakan Algoritma *Non Delay* dengan Mesin Paralel pada PT. Adhichandra Dwiutama. Bandung.
2. Berlianty, Arifin. (2002). *Teknik-Teknik Optimasi Heuristik*. ISBN: 987-979-756- 625-8.
3. Cahyanto, Wisnu N. & Munawir, Hafidh. 2017. Penjadwalan *Job shop* Mesin majemuk Menggunakan Algoritma *Non Delay* (Studi Kasus di PT. Wangsa Jatra Lestari). Surakarta.
4. Conway R.W, Maxwell, W.L, and Miller, L.W. 2012. *Theory of Schedulling: Couries Corporation*.
5. Ramawinta, F & Fithri, Prima. 2013. Penjadwalan Mesin dengan menggunakan Algoritma Pembangkitan Jadwal Aktif dan Algoritma Penjadwalan *Non Delay* untuk Produk *Hydrotiller* dan *Hammermil* pada CV. Cherry Sarada Agro. Teknik Industri Universitas Andalas
6. Livia & Alfian, Achmad. (2014). Penjadwalan Produksi dengan Metode *Non Delay* (Studi Kasus Bengkel Bubut Chevi Sintong). Palembang.
7. Hartini, S. 2011. Teknik Mencapai Produksi Optimal. CV Lubuk Agung, Bandung.
8. Husen, M, Masudin, I, and Utama, Dana Marsetiya. 2015. "Penjadwalan *Job Shop* Statik Dengan Metode *Simulated Annealing* untuk Meminimasi Waktu *Makespan*," Spektrum Industri, vol. 13, 2015
9. Morton, Thomas E., Pentico, David W. (2001). *Heuristic Scheduling Systems*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
10. Ong, Johan O. 2013. Penjadwalan *Non Delay* Melalui Mesin Majemuk untuk Meminimumkan *Makespan*. Spektrum Industri, 2013, Vol. 11, No. 2, 117 – 242. Bekasi
11. Pinedo, Michael L. 2008. *Scheduling Theory, Algorithm, and System*. New York. Springer.
12. Sheikh, Khalid, Manufacturing Resource Planning (MRP II), Mc Graw Hill, 2002
13. Utama, Dana Marsetiya. 2016. Analisa Perbandingan Penggunaan Aturan Prioritas Penjadwalan pada Penjadwalan *Non Delay Job 5 machine*. Malang
14. Vervly S., Vina Islamia (2016) Penentuan *Delivery Time* pada Industri Jasa *Make-To-Order* dengan Pendekatan Penjadwalan *Non-Delay* (Studi Kasus di Mili Production, Yogyakarta). *Other thesis*, UPN "Veteran" Yogyakarta.