

**PENJADWALAN PRODUKSI PADA *DYNAMIC JOB ORDER* MENGGUNAKAN
PENDEKATAN *EDD* UNTUK MEMINIMASI *TOTAL TARDINESS***

***MINIMIZING TOTAL TARDINESS ON THE SCHEDULING PROBLEM WITH
DYNAMIC JOB ORDER USING EDD ALGORITHM APPROXIMATION***

Shinta Citra Mutiara¹⁾, Ceria Farela Mada Tantrika²⁾, Agustina Eunike³⁾

Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang, 65145, Indonesia

E-mail: shintacitramutiara@gmail.com¹⁾, ceria_fmt@ub.ac.id²⁾, agustina.eunike@ub.ac.id³⁾

Abstrak

Objek penelitian merupakan perusahaan yang memproduksi kertas bungkus rokok yang berbahan dasar aluminium foil. Perusahaan memiliki sistem produksi *make to order* dimana perusahaan melakukan produksi ketika customer melakukan pesanan. Sejauh ini perusahaan memiliki sekitar 15-20 customer tetap, dimana setiap customer meminta spesifikasi produk yang berbeda-beda mulai dari jenis kertas, gramature kertas, serta ukuran kertas yang berbeda-beda. Sistem penjadwalan produksi perusahaan adalah *First Come First Serve*, karena jenis kedatangan order yang dinamis serta kapasitas mesin yang berbeda, tidak jarang ditemui banyak keterlambatan produk. Pada penelitian ini dilakukan penjadwalan ulang menggunakan algoritma *Earliest Due Date* yang dipadukan dengan *Shortest Processing Time* dengan mempertimbangkan kendala *dynamic job order* untuk mengurangi total hari keterlambatan (*tardiness*). Dengan menggunakan algoritma tersebut diketahui bahwa terdapat pengurangan keterlambatan dari 116 hari menjadi 79 hari.

Kata Kunci: penjadwalan produksi, minimasi total *tardiness*, *EDD*, *SPT*, *Dynamic Job Order*

1. Pendahuluan

Objek penelitian merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pembuatan kertas bungkus rokok. Pada umumnya terdapat 3 produk yang dibuat diperusahaan ini yaitu *aluminum foil*, *aluminum board* dan *inner frame*. *Aluminum foil* adalah kertas bungkus rokok yang terdapat didalam kardus rokok, kemudian *aluminum board* biasanya berada di dalam kardus rokok sebagai pembatas antara kardus rokok dan bungkus *aluminum*, berbahan dasar kertas *ivory* dan kertas *aluminum*, sedangkan *inner frame* memiliki fungsi yang sama dengan *aluminum board* namun hanya berbahan kertas *ivory* saja.

Dalam pengoperasiannya perusahaan memiliki 2 mesin produksi yaitu mesin *laminasi* dan mesin *slitting*, dimana produk *aluminum foil* dan *aluminum board* di produksi di kedua mesin sedangkan *inner frame* hanya diproduksi di mesin *slitting* saja.

Perusahaan ini menerapkan sistem produksi *make to order* dimana perusahaan hanya akan melakukan produksi ketika customer melakukan pesanan. Ketika penelitian ini dilaksanakan, perusahaan memiliki 15 customer tetap. Sehingga untuk memenuhi pesanan perusahaan melakukan modifikasi waktu kerja dimana untuk mesin *slitting* beroperasi selama 8 jam dan mesin *laminasi* beroperasi 8 jam.

Perbedaan waktu kerja tersebut juga disebabkan oleh adanya perbedaan kapasitas antara mesin *laminasi* dan mesin *slitting*.

Untuk memenuhi pesanan tiap waktu perusahaan menerapkan sistem penjadwalan produksi *FCFS* (*First Come First Serve*) dimana pesanan yang datang terlebih dahulu akan diproduksi terlebih dahulu. Dalam hal ini perusahaan tidak mempertimbangkan adanya kendala *dynamic job order* dimana pesanan bisa datang di awal bulan, ditengah bulan atau diakhir bulan dengan *due date* yang berbeda-beda, sehingga hasilnya adalah setiap bulan perusahaan mengalami hari keterlambatan yang cukup besar, pada bulan Oktober misalnya terdapat 116 hari keterlambatan.

Penjadwalan merupakan kegiatan mengurutkan pengerjaan produk secara keseluruhan yang diproses pada beberapa mesin [1]. Sehingga dalam penelitian dilakukan modifikasi penjadwalan ulang menggunakan algoritma *EDD* (*Earliest Due Date*) yang digabungkan dengan metode *SPT* (*Short Processing Time*) untuk meminimasi total *tardiness*. Penelitian ini juga mempertimbangkan pola kedatangan pesanan yang dinamis.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian studi kasus

dimana penelitian berfokus pada kejadian tertentu, dalam hal ini adalah penjadwalan produksi di bagian *converting* untuk meminimasi total *tardiness*.

2.1 Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Lapangan dan Studi Pustaka
Pengamatan langsung kondisi perusahaan dan melakukan pengumpulan data yang dibutuhkan sesuai dengan objek penelitian serta melakukan peninjauan teori yang mungkin diterapkan dalam penyelesaian permasalahan.

2. Identifikasi Masalah

Tahap awal penelitian yang bertujuan untuk memahami suatu permasalahan dan kondisi sebenarnya.

3. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dilakukan untuk memudahkan penentuan metode yang akan dipergunakan dalam penyelesaian masalah.

4. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya.

5. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data diperoleh dari hasil observasi peneliti dan dokumentasi perusahaan berupa profil dan sejarah perusahaan, struktur organisasi perusahaan, data jenis dan spesifikasi produk, data waktu dan jumlah pemesanan selama bulan Oktober 2015, data kapasitas mesin laminasi dan mesin *slitting*, data banyaknya waktu kerja operator selama bulan Oktober.

Data-data yang telah diperoleh tersebut kemudian diolah untuk membuat perencanaan penjadwalan dengan urutan sebagai berikut:

a. Identifikasi pemesanan berdasarkan *gramature* kertas.

Pada tahap ini dilakukan pengelompokkan pesanan berdasarkan *gramature* kertas yang diminta yaitu 50g, 60g, dan 230g.

b. Melakukan perhitungan waktu proses berdasarkan masing-masing *job*

Dilakukan dengan membagi jumlah yang harus diproduksi dengan waktu standar untuk memproduksi *job* pada mesin.

c. Mengidentifikasi definisi dari notasi variable dan parameter penjadwalan.

Melakukan identifikasi dan mendefinisikan notasi penjadwalan, yang terdiri

atas variabel dan parameter yang akan digunakan dalam pengembangan penjadwalan.

d. Penyusunan algoritma menggunakan aturan *Earliest Due date (EDD)* dan *Shortest Processing Time (SPT)*.

Menyusun algoritma yang akan digunakan untuk penjadwalan produksi berdasarkan batasan-batasan yang ada pada sistem produksi menggunakan aturan *Earliest Due Date (EDD)* kemudian jika ditemui *job* dengan *due date* yang sama akan melakukan pertimbangan menggunakan *Shortest Processing Time (SPT)* pada mesin laminasi.

e. Penjadwalan menggunakan aturan *Earliest Due Date (EDD)* dan *Shortest Processing Time (SPT)*.

Melakukan penjadwalan untuk mengetahui urutan pengerjaan *job* yang mampu menghasilkan waktu penyelesaian paling singkat.

f. Melakukan penjadwalan ulang

Jika terdapat *order* yang baru masuk maka dilakukan penjadwalan ulang.

g. Melakukan verifikasi model algoritma

Melakukan verifikasi terhadap model pengembangan algoritma penjadwalan yang menggunakan metode *heuristic* berbasis EDD untuk memastikan algoritma berjalan sesuai dengan logika berpikir.

h. Melakukan evaluasi dengan membandingkan penjadwalan metode baru dengan penjadwalan yang sudah ada sebelumnya.

6. Analisis dan Pembahasan

Berdasarkan hasil pengolahan data dilakukan analisa untuk mengetahui keberhasilan meminimasi *total tardiness*.

7. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran disusun berdasarkan hasil analisis data yang telah dilakukan untuk menjawab tujuan penelitian dan memberikan rekomendasi perbaikan sistem kerja yang ada di bagian *converting*.

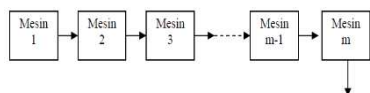
2.1 Penjadwalan Produksi *Flowshop*

Penjadwalan *flowshop* dicirikan *job* yang cenderung memiliki kesamaan untuk proses operasi (*routing*) untuk semua *job* [2]. Macam-macam jenis produksi *flowshop* adalah;

1. *Pure flowshop*

Pada penjadwalan *pure flowshop*, semua *job* memiliki jalur produksi yang sama serta tidak ada variasi. Pada semua *job*, setiap operasi dikerjakan pada satu buah mesin, dan tidak ada

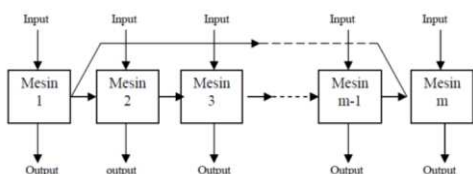
proses ataupun mesin yang dilewati dalam pengerjaan produk



Gambar 1 Pola aliran *Pure Flowshop*

2. *General flowshop*

General flowshop merupakan *flowshop* yang memiliki pola aliran proses yang berbeda. Ini disebabkan adanya variasi dalam pengerjaan tugas, sehingga tugas yang datang tidak dikerjakan pada semua mesin.



Gambar 2 Pola aliran *General Flowshop*

Penjadwalan dilakukan dengan membagi permasalahan kedalam beberapa tipe yakni *skip flowshop*, *reentrant flowshop*, serta *compound flowshop*;

a. *Skip Flowshop*

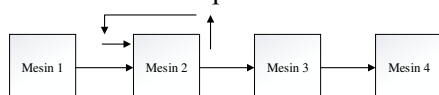
Aliran pekerjaan pada jenis aliran proses ini cenderung melalui urutan proses yang sama, tetapi ada beberapa pekerjaan yang tidak diproses pada mesin-mesin tertentu.



Gambar 3 Pola aliran *Skip Flowshop*

b. *Reentrant Flowshop*

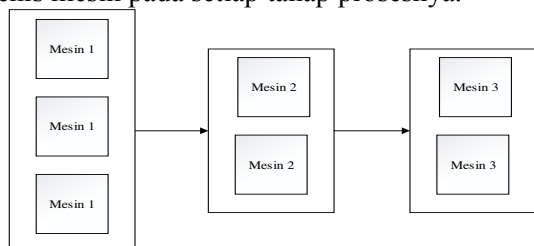
Aliran proses dimana terdapat penggunaan satu atau beberapa mesin lebih dari sekali dalam membuat produk dimaksud.



Gambar 4 Pola aliran *Reentrant Flowshop*

c. *Compound Flowshop*

Aliran proses yang memuat kelompok jenis mesin pada setiap tahap prosesnya.



Gambar 5 Pola aliran *Compound Flowshop*

Penjadwalan *flowshop* merupakan penjadwalan yang dilakukan berdasarkan suatu

aliran produksi, dimana mesin-mesin yang ada disusun sesuai dengan proses produksinya (seri) dan setiap *job* harus melalui urutan mesin yang sama dalam waktu tertentu. Setiap operasi berikutnya berasal dari satu operasi yang mendahuluinya. Penjadwalan *flowshop* dapat disebut sebagai *permutation flowshop* apabila urutan *job* yang ada pada tiap mesin tidak berubah. Karakteristik dasar penjadwalan *flowshop* adalah sebagai berikut:

1. Terdapat n *job* yang tersedia dan siap diproses pada waktu $t = 0$.
2. Waktu *setup* independent terhadap urutan pengerjaan.
3. Terdapat m mesin berbeda yang tersedia secara terus-menerus.
4. Operasi-operasi individual tidak dapat dipecah-pecah.

2.1 **Aturan *Earliest Due Date* (EDD)**

Algoritma *heuristic* dengan pendekatan *Earliest Due date* (EDD) bertujuan untuk meminimasi *maximum job lateness* (L_{max}) dan *maximum job tardiness* (T_{max}), dimana sejumlah *job* diurutkan berdasarkan tanggal jatuh tempo (*due date*) yang terdekat. Metode ini dapat digunakan untuk penjadwalan pada satu mesin (*single machine*) maupun untuk penjadwalan pada beberapa mesin (*parallel machine*). Parameter-parameter yang diperlukan dalam penjadwalan dengan metode EDD adalah waktu pemrosesan dan *due date* tiap pekerjaan [3].

2.2 **Aturan *Shortest Processing Time* (SPT)**

Penjadwalan dengan aturan *shortest processing time*, Baker [3], bila digunakan pada *order* yang memiliki *due date*, maka akan meminimasi keterlambatan rata-rata dan meminimasi waktu alir rata-rata pada suatu penjadwalan. Dengan cara pengurutan *job*

- a. Urutkan semua *job* berdasarkan waktu proses paling pendek.
- b. Tempatkan semua *job* terawal dari hasil pengurutan pada mesin yang memiliki beban terkecil. Bila beban sama, pilih mesin secara acak. Ulangi hingga sampai *job* habis.

2.3 **Penjadwalan *Batch***

Sistem produksi *batch* adalah sistem produksi yang memiliki semua karakteristik dari *line flow* tetapi tidak memproses produk yang sama secara terus menerus dan memproses beberapa produk dalam ukuran unit terkecil (*batch*) [4]. Penjadwalan *batch* memecahkan masalah penentuan ukuran *batch* dan masalah

sequencing secara simultan.

Batch dapat dibedakan menjadi *batch* produksi (*production batch*) dan *batch* transfer (*transfer batch*). *Batch* produksi adalah sekelompok *part* yang sedang dalam atau akan melalui pemrosesan pada suatu fasilitas produksi dengan hanya sekali *setup*, waktu *setup* antar *batch* diabaikan. Sedangkan *batch transfer* didefinisikan sebagai sekumpulan *part* yang secara bersama-sama dipindahkan dari satu fasilitas ke fasilitas yang lain. Bila ukuran *batch* produksi sama dengan ukuran *batch transfer*, maka artinya setiap *part* akan tetap berada pada fasilitas tersebut sampai seluruh *part* dalam *batch* tersebut selesai diproses.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Produksi Perusahaan

Berikut merupakan waktu proses untuk mesin laminasi berdasarkan klasifikasi *gramature* pesanan.

Tabel 1. Waktu operasi mesin laminasi

No.	Waktu Standar	Mesin Laminasi (menit/roll besar)
1	Waktu proses kertas 30g panjang 12.000m	150 menit
2	Waktu proses kertas 40g panjang 12.000m	180 menit
3	Waktu proses kertas 210g panjang 3.000m	60 menit
4	Waktu <i>setup</i> penggantian warna	15 menit

Kemudian berikut ini adalah waktu proses di mesin *slitting* berdasarkan klasifikasi ukuran *roll* kecil.

Tabel 2. Waktu operasi mesin *slitting*

No.	Waktu Standar	Mesin <i>Slitting</i> (menit/roll kecil)
1	Waktu proses pemotongan kertas setiap 1750m	40
2	Waktu proses pemotongan kertas setiap 2000m	50
3	Waktu proses pemotongan kertas setiap 800m	35
4	Waktu proses pemotongan kertas setiap 750m	30

Selain itu berikut ini adalah daftar pesanan selama bulan Oktober 2015 baik untuk *aluminum foil*, *aluminum board*, dan *inner frame*.

Tabel 3. Data Pesanan Oktober 2015

Nama Job	Jumlah Pesanan (kg)	Jumlah Produksi Roll Besar	Jumlah Produksi Roll Kecil
1AFSYD	1315	3	21
2IFWZN	1247	3	12
3AFGXB	1026	3	21
4AFRXB	1022	3	21
5AFGXC	4353	9	63
6AFGXA	1105	3	21
7ABGZL	830	2	8
8AFGXC	14135	29	116
9AFSYD	1002	2	14
10AFGXG	2062	5	30
11AFSXH	3169	7	42
12AFSXH	365	1	6
13AFGXG	365	1	6
14AFGYB	1590	4	28
15ABGZM	442	1	4
16AFGXE	1938	4	28
17ABGZL	1034	3	12
18ABGZK	952	2	8
19AFSYD	3916	8	56
20IFWZN	2579	6	24
21AFGXC	2131	5	35
22ABGZN	835	2	8
23AFSYF	1148	3	21
24AFGYE	449	1	7
25AFGXB	338	1	7
26ABGZJ	291	1	4
27ABGZJ	149	1	4
28AFGYB	778	2	14
29AFGYJ	1324	3	12
30ABGZM	776	2	8
31ABGZN	894	2	8
32AFSXE	568	2	14
33AFSXI	793	2	21

Nama *Job* di atas dibuat berdasarkan beberapa klasifikasi dimana untuk jenis kertas AF merupakan *Aluminum Foil* kemudian AB merupakan *Aluminum Board* dan IF untuk *Inner Frame*. Selain jenis kertas pesanan juga dikelompokkan berdasarkan kelompok warna yaitu *silver* (S), emas (G), merah (R), putih (W) dan biru (B). Kemudian pesanan pelanggan juga dibedakan berdasarkan *gramature*nya dimana 50g (X), 60g (Y), dan 230g (Z). Hal lain yang perlu diperhatikan adalah adanya pesanan pelanggan yang meminta ukuran panjang dan lebar tertentu dengan pengelompokkan sebagai berikut;

Tabel 4. Klasifikasi Ukuran Kertas

Ukuran Kertas	Kode	Ukuran Kertas	Kode
70mm x 1750m	A	76mmx2000m	H
76 mm x 1750m	B	84mm x 2000m	I
84 mm x 1750 m	C	84 mm x 750 m	J
86 mm x 1750 m	D	92 mm x 750 m	K
88 mm x 1750 m	E	96 mm x 750 m	L
112mmx 1750 m	F	83 mm x 800 m	M
70 mm x 2000 m	G	96 mm x 800 m	N

Pada Tabel 3 jumlah produksi *roll* besar merupakan konversi dari jumlah pesanan dalam satuan kg menjadi *roll* besar yang nantinya akan diproduksi di mesin laminasi. Konversi dilakukan berdasarkan ketentuan kode *gramature*, dimana untuk pesanan berkode X memiliki berat 500kg tiap *roll* besarnya, kemudian kode Y 520kg, dan kode Z memiliki berat 500kg. Kemudian hasil produksi dari mesin laminasi akan dibawa ke mesin *slitting* untuk diproduksi menjadi *roll-roll* kecil yang nantinya *roll* kecil itulah sebagai produk akhir yang dikirim kepada pelanggan.

3.2 Skenario Pengembangan Model

Penjadwalan dimulai dengan mengurutkan *job* menggunakan prioritas Earliest Due date dimana *job* yang memiliki tenggat waktu lebih awal yang akan diproduksi terlebih dahulu. Apabila ditemui *job* yang memiliki waktu tenggat yang sama maka akan diterapkan sistem penjadwalan Shortest Processing Time yaitu *job* yang memiliki waktu proses lebih pendek akan diproduksi terlebih dahulu.

Proses pertama pada mesin laminasi untuk *job* terpilih yaitu melakukan produksi sesuai dengan waktu proses yang ada. Untuk *job* dengan kode AF terdapat 2 jenis produk yang berbeda yaitu untuk *gramature* 50gr berkode X memiliki waktu proses 150 menit, dan *gramature* 60gr berkode Y memiliki waktu proses 180 menit. Kemudian untuk kertas jenis AB memiliki waktu proses 60 menit.

Untuk pesanan yang meminta warna selain *silver* akan ditambahkan penambahan warna pada proses sebanyak 15 menit. Untuk kertas dengan kode AF dengan panjang 12.000m dalam 1 drum warna dapat digunakan untuk 3 *roll* kertas sehingga setiap 3 kali produksi akan dilakukan pergantian warna selama 15 menit tersebut. Untuk kertas jenis AB yang memiliki panjang 3000m dilakukan pergantian drum warna setiap 12 kali produksi, dengan lamanya

waktu pergantian drum warna tersebut adalah 15 menit.

Dari hasil konversi pesanan dari kg menjadi *roll*, dalam produksi 1 *job* biasanya akan memiliki sisa dalam jumlah tertentu, untuk *job* berikutnya dapat dilakukan pengecekan apakah memiliki spesifikasi yang sama bukan hanya berdasarkan jenis kertas, *gramature* kertas dan warna kertas namun juga berdasarkan panjang dan lebar gulungan kertas kecilnya. Jika memiliki spesifikasi yang sama maka akan dilakukan pengecekan berapa jumlah sisa dari produksi sebelumnya sehingga akan mengurangi jumlah produksi di *job* selanjutnya.

Mesin laminasi beroperasi dari jam 7.00-15.00 dengan waktu istirahat 12.00-13.00. Apabila *job* yang dikerjakan berdasarkan horizon perencanaan sudah mengalami keterlambatan maka akan dilakukan overtime, untuk mesin laminasi adalah sampai pukul 21.00. Ketika dilakukan perencanaan penjadwalan harus dipertimbangkan bahwa mesin laminasi tidak bisa ditinggalkan dalam keadaan *roll* yang belum selesai diproduksi dalam waktu yang lama karena akan mempengaruhi kualitas kertas. Sehingga proses produksi akan berhenti ketika *roll* terakhir dihari itu selesai diproduksi, jadi waktu kerja mesin laminasi maksimal adalah pukul 21.00.

Proses kedua adalah proses di mesin *slitting*, dimana produksi dilakukan untuk produk kode AF, AB, dan IF. Di mesin *slitting* satu buah *roll* besar hasil dari mesin laminasi akan dipotong menjadi beberapa *roll* kecil, untuk kertas jenis AF kertas sepanjang 12.000m akan diproduksi menjadi 1750m atau 2000m dengan lebar sesuai dengan pesannya. Untuk *roll* kecil sepanjang 1750m berarti akan dilakukan pemotongan kertas sebanyak 7 kali dan *roll* kecil sepanjang 2000 akan dilakukan pemotongan kertas sebanyak 6 kali. Sedangkan untuk kertas jenis AB dan IF memiliki panjang kertas 3000m dan akan dilakukan pemotongan kertas sepanjang 750m yang berarti dipotong sebanyak 4 kali serta kertas sepanjang 800m sebanyak 4 kali pemotongan.

Mesin *slitting* beroperasi dibagi menjadi 2 shift yaitu pukul 07.00-15.00 dan 15.00-23.00. Berbeda dengan aturan dimesin laminasi yang beroperasi sampai pada *roll* terakhir, dimesin *slitting* produksi *roll* besar dapat dihentikan ditengah dengan catatan bahwa *roll* kecil terakhir udah selesai diproduksi. Untuk shift 2 produksi tidak boleh dihentikan sebelum jam

23.00 sehingga lembur diperbolehkan pada shift ini maksimal sampai pukul 00.00, dengan aturan *roll* kecil yang sudah disampaikan sebelumnya, apabila dalam satu *roll* besar masih mengalami sisa produksi dari shift 2 maka shift 1 keesokan harinya akan meneruskan produksi dimulai pada pukul 06.00.

3.3 Notasi dan Definisi

1. Indeks

Indeks memiliki fungsi untuk menyatakan posisi elemen *job array* (item dan komponen) dalam suatu penjadwalan. Berikut ini dijabarkan *index* yang digunakan dalam penelitian ini:

i : menyatakan *job* yang akan dijadwalkan, sehingga $i = 1, 2, 3, \dots, q$, dimana q menyatakan banyaknya *job* yang akan dijadwalkan

j : menyatakan jenis sumber daya yang digunakan dalam proses produksi sehingga $j = 1, 2$, dengan keterangan sebagai berikut.

1 = Mesin Laminasi

2 = Mesin *Slitting*

k : merupakan *roll* besar yang dijadwalkan pada *job* i di mesin j

k' : merupakan *roll* kecil yang dijadwalkan pada *job* i di mesin 2

2. Parameter

Parameter memiliki fungsi untuk menyatakan acuan dari penempatan *job array* (item dan komponen) dalam waktu proses dan waktu *setup* warna.

D_i : *due date* *job* i

T_i : waktu proses pada *job* i

T_{ijk} : waktu proses operasi tiap *roll* pada *job* i dan mesin j

S_{ijk} : waktu pergantian warna pada rol ke- k

Tr_{ij} : waktu awal produksi *job* i di mesin j

Tr_0 : waktu awal produksi harian (07.00)

Tr_{ijk} : waktu dimana *roll* besar pada *job* i mulai untuk diproses di mesin j

$Tr_{ijk'}$: waktu dimana *roll* kecil pada *job* i di mesin 2 rol kecil mulai diproses

P'_i : jumlah produksi aktual terdata

W_i : sisa produksi aktual

W'_i : sisa produksi aktual terdata

3. Variabel

Variabel memiliki fungsi untuk menentukan pembuatan fungsi model

C_{ijk} : waktu dimana *roll* besar *job* i di mesin j selesai diproses

$C_{ijk'}$: waktu dimana *roll* kecil pada *job* i di mesin 2 selesai diproses

AT_x : *available time* di mesin 1 dan 2

SA : sisa *available* mesin

P_i : jumlah produksi aktual

3.4 Fungsi Tujuan dan Fungsi Kendala

1. Fungsi Tujuan

Tujuan dari penjadwalan produksi yang akan dilakukan adalah untuk meminimasi total *tardiness*, dengan fungsi tujuan sebagai berikut

$$\text{Total } tardiness = \min \sum_{i=1}^n T_i \quad (3-1)$$

Persamaan tersebut menjelaskan bahwa fungsi tujuan adalah untuk meminimasi total *tardiness* untuk semua *job*. Fungsi T_i adalah keterlambatan dari masing-masing *job*, dimana

$$T_i = C_i - d_i \quad (3-2)$$

2. Fungsi kendala

Fungsi kendala dalam penjadwalan diperlukan agar dalam menjadwalkan *job* dapat memenuhi tujuan. Fungsi kendala dalam penjadwalan ini adalah

a. *Job* harus dihentikan pada pukul 12.00-13.00 untuk waktu istirahat

b. Waktu lembur untuk mesin laminasi hanya diijinkan pada pukul 15.00-21.00

c. Waktu lembur untuk mesin *slitting* hanya diijinkan pukul 06.00-07.00 untuk shift 1, dan 23.00-00.00 untuk shift 2

3.5 Perbandingan Pengembangan Algoritma dengan Penjadwalan Existing

Selama bulan Oktober terdapat 33 *job* termasuk dengan *job* yang belum diproduksi dari bulan sebelumnya serta 14 kali kedatangan *job*, sehingga dilakukan penjadwalan ulang sebanyak 15 kali.

Berikut merupakan hasil pengurutan *job* selama bulan Oktober 2015 menggunakan prioritas EDD dan SPT;

Tabel 4. Hasil Pengurutan *Job* Berdasarkan EDD dan SPT

No	Nama <i>Job</i>	Due Date	No	Nama <i>Job</i>	Due Date
1	1AFSYD	25-Sep	18	17ABGZL	16-Oct
2	2IFWZN	25-Sep	19	23AFSYF	17-Oct
3	7ABGZL	2-Oct	20	22ABGZN	19-Oct
4	6AFGXA	3-Oct	21	26ABGZJ	19-Oct
5	9AFSYD	3-Oct	22	25AFGX B	19-Oct
6	10AFGXG	5-Oct	23	24AFGYE	20-Oct
7	5AFGX C	6-Oct	24	15ABGZM	20-Oct
8	4AFRXB	8-Oct	25	14AFGYB	20-Oct
9	3AFGX B	8-Oct	26	21AFGX C	20-Oct
10	11AFSXH	9-Oct	27	33AFSXI	22-Oct
11	12AFSXH	13-Oct	28	32AFSXE	22-Oct

No	Nama Job	Due Date	No	Nama Job	Due Date
12	13AFGXG	13-Oct	29	30ABGZM	31-Oct
13	20IFWZN	13-Oct	30	31ABGZN	31-Oct
14	19AFSYD	13-Oct	31	28AFGYB	31-Oct
15	8AFGXC	13-Oct	32	29AFGYJ	31-Oct
16	16AFGXE	16-Oct	33	27ABGZJ	2-Nov
17	18ABGZK	16-Oct			

Dari sejumlah *order* tersebut terdapat beberapa *order* yang tidak diproduksi dikarenakan terdapat persediaan produk yang telah diproduksi dibulan-bulan sebelumnya. Meskipun sistem produksi perusahaan menerapkan *make to order*, terdapat ketersediaan barang yang disebabkan misalnya ada customer yang batal melakukan pesanan padahal produknya sudah diproduksi, sehingga produk tersebut akan disimpan kemudian digunakan kembali apabila terdapat pesanan dengan spesifikasi yang sama. Selain itu ketersediaan barang bisa juga disebabkan karena adanya sisa produksi dari pemesanan yang lain.

Pesanan-pesanan yang dimaksud tidak diproduksi adalah 7ABGZL, 4AFRXB, 12AFSXH, 16AFGXE, 18ABGZK, 17ABGZL, 22ABGZN, 26ABGZJ, 24AFGYE, dan 27ABGZJ. Kemudian terdapat keadaan khusus pada *job* 25AFGXB, dimana *job* ini memiliki spesifikasi yang sama dengan *job* 3AFGXB yaitu *job* dengan panjang dan lebar 76 x 1750 m tiap *roll* kecil nya, sehingga dilakukan perhitungan jumlah produksi aktual, setelah itu hasilnya adalah *job* tersebut tidak perlu diproduksi karena sudah terpenuhi.

Kemudian perbandingan *total tardiness* antara penjadwalan *existing* perusahaan dengan penjadwalan yang telah dikembangkan berdasarkan algoritma EDD dan SPT.

Tabel 5. Perbandingan penjadwalan *existing* dan pengembangan algoritma

Nama Job	Tgl datang	Due date	Penjadwalan Existing		Algoritma EDD&SPT	
			Waktu Penyelesaian	Tardiness	Waktu Penyelesaian	Tardiness
1AFSYD	31-8	25-9	9-10	14	1-10	6
2IFWZN	31-8	25-9	9-10	14	2-10	7
3AFGXB	17-9	8-10	6-10		9-10	1
4AFRXB	17-9	8-10	6-10		6-10	
5AFGXC	22-9	6-10	21-10	15	8-10	2
6AFGXA	22-9	3-10	19-10	16	3-10	
7ABGZL	30-9	2-10	2-10		2-10	

8AFGXC	29-9	13-10	29-10	16	26-10	13
9AFSYD	1-10	3-10	3-10		3-10	
10AFGXG	1-10	5-10	6-10	1	6-10	1
11AFSXH	2-10	9-10	9-10		12-10	3
12AFSXH	3-10	13-10	10-10		10-10	
13AFGXG	3-10	13-10	10-10		12-10	
14AFGYB	5-10	20-10	10-10		29-10	9
15ABGZM	5-10	20-10	10-10		27-10	7
16AFGXE	6-10	16-10	16-10		16-10	
17ABGZL	6-10	16-10	16-10		16-10	
18ABGZK	6-10	16-10	16-10		16-10	
19AFSYD	9-10	13-10	28-10	15	17-10	4
20IFWZN	9-10	13-10	23-10	10	13-10	
21AFGXC	12-10	22-10	22-10		30-10	8
22ABGZN	15-10	19-10	19-10		19-10	
23AFSYF	13-10	17-10	28-10	11	27-10	10
24AFGYE	17-10	20-10	20-10		20-10	
25AFGXB	17-10	19-10	19-10		19-10	
26ABGZJ	17-10	19-10	19-10		19-10	
27ABGZJ	19-10	2-Nov	21-10		21-10	
28AFGYB	20-10	31-10	31-10		31-10	
29AFGYJ	20-10	31-10	31-10		1-11	1
30ABGZM	20-10	31-10	31-10		30-10	
31ABGZN	20-10	31-10	31-10		31-10	
32AFSXE	26-10	30-10	29-10		2-11	3
33AFSXI	28-10	29-10	2-11	4	2-11	4
		Total	116		79	

Diketahui bahwa perbandingan *total tardiness* antara penjadwalan *existing* dengan hasil pengembangan algoritma EDD dan SPT terdapat pengurangan *total tardiness* sebanyak 37 hari dimana penjadwalan *existing* mengalami keterlambatan sebanyak 117 hari sedangkan penjadwalan baru mengalami keterlambatan sebanyak 80 hari atau mengalami peningkatan sebanyak 32% dari model penjadwalan yang ada sebelumnya.

3.5 Analisa Hasil Penjadwalan

Algoritma yang dikembangkan adalah algoritma dengan pengurutan *order* menggunakan pendekatan aturan EDD dan SPT. Terdapat 33 *order* yang dibebankan selama bulan Oktober 2015, 14 diantaranya adalah *job* dari

bulan-bulan sebelumnya yang belum selesai diproduksi.

Dalam 1 *job* dipecah menjadi beberapa *roll* besar sesuai dengan permintaan, tiap *roll* inilah yang akan dijadwalkan berdasarkan algoritma yang dikembangkan. Pada mulanya bahan baku mulai dari kertas paper *cw/board* akan dipasang pada mesin laminasi begitu juga kertas *aluminium foil* kemudian dilakukan penambahan warna sesuai permintaan customer. Dalam penjadwalan ini membatasi bahwa penjadwalan tidak mempertimbangkan adanya interupsi misalnya dengan kesamaan setting warna yang memakan waktu 15 menit, sehingga penjadwalan tetap mengikuti aturan penjadwalan yang sudah dibuat berdasarkan aturan EDD dan SPT. Batasan tersebut dibuat mempertimbangkan apabila dengan adanya prioritas tersebut menyebabkan produk selesai dalam waktu yang lebih lama dan menyebabkan jumlah hari keterlambatan yang lebih banyak.

Aturan penjadwalan menggunakan ketentuan aturan non permutasi sehingga *job* yang diproduksi di mesin laminasi diikuti aturan yang sama pada mesin *slitting*, sehingga akan terhindar kemungkinan mesin *slitting* berhenti beroperasi menunggu mesin laminasi selesai beroperasi.

Keseluruhan *job* selama bulan *Oktober* di mesin laminasi selesai pada tanggal 31 Oktober sedangkan mesin *slitting* terus beroperasi dan selesai pada tanggal 2 November 2015. Adanya perbedaan waktu produksi tersebut disebabkan karena terdapat perbedaan kecepatan mesin antara mesin *slitting* dan mesin laminasi. Selain kecepatan waktu produksi juga dipengaruhi oleh *spesifikasi roll* kecil yang diminta oleh perusahaan, misalnya untuk kertas 12.000m bisa di potong menjadi 1750m tiap *roll* dan bisa juga 2000m tiap *roll*, kemudian masing-masing *roll* tersebut memiliki waktu potong yang berbeda dimana *roll* 1750m memakan waktu 40 menit tiap *roll* kecilnya dan 50 menit untuk *roll* dengan panjang 2000m.

Dari penjadwalan sebelumnya menerapkan sistem FCFS atau *first come first serve* namun apabila mendekati *due date* maka akan diterapkan sistem penjadwalan *edd*, dari hasil penjadwalan tersebut ditemui adanya keterlambatan sebanyak 116 hari dan penjadwalan yang dikembangkan dalam penelitian ini menghasilkan jumlah keterlambatan sebanyak 79 hari sehingga penjadwalan yang baru dianggap lebih baik

dibandingkan dengan penjadwalan yang lama. Dengan menyusutnya jumlah keterlambatan selama bulan tersebut maka akan menguntungkan perusahaan karena mengurangi beban perusahaan untuk memberikan potongan harga kepada konsumen. Semakin banyak jumlah hari *job* yang terlambat maka semakin banyak pula potongan yang diberikan oleh perusahaan sehingga mengurangi profit margin yang diterima oleh perusahaan.

Jumlah biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk memenuhi pesanan dengan melakukan lembur dibandingkan dengan profit yang diperoleh perusahaan ketika mampu mengurangi jumlah total tardiness memang jauh lebih kecil, namun biaya lembur yang dikeluarkan oleh perusahaan ini cenderung lebih besar dibandingkan dengan upah gaji harian yang diberikan oleh perusahaan. Sehingga disarankan supaya perusahaan melakukan manipulasi waktu kerja yang lebih efektif agar tidak terjadi banyak kerugian dengan rancangan sebagai berikut;

1. Perubahan waktu kerja

Sesuai dengan yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa terdapat 1 *shift* kerja untuk mesin laminasi dan 2 *shift* kerja mesin *slitting*. Masing-masing *shift* terdapat 3 orang pekerja dengan 1 orang pengawas dan 2 lainnya sebagai operator. Pada mesin laminasi operator A dan B bertugas untuk mengatur setting mesin kemudian ketika mesin beroperasi sifatnya *idle* atau tidak melakukan aktivitas apapun, kemudian pada mesin *slitting* operator A bertugas untuk mengatur setting sedangkan operator B bertugas memindahkan *roll* kecil setiap kali adanya pemotongan. Kemudian 3 pengawas pada masing-masing *shift* bertugas hanya untuk mengawasi. Secara keseluruhan terdapat 6 operator.

Setelah dilakukan perancangan penjadwalan diketahui bahwa hampir setiap hari dilakukan lembur namun yang signifikan dilakukan pada mesin *slitting*. Hal tersebut menyebabkan ketidak-seimbangan waktu kerja jika dibandingkan dengan mesin *slitting* yang beroperasi 2 *shift* dan hanya melakukan lembur <1 jam setiap harinya.

Sehingga dapat dilakukan perubahan waktu kerja pada mesin laminasi menjadi 2 *shift* dengan masing-masing waktu kerja 7 jam yaitu 07.00-14.00 dengan masing-masing 1 orang operator dan 1 orang pengawas yang merangkap sebagai operator. Kemudian pada mesin *slitting*

dibuat tetap 2 shift dengan masing-masing waktu kerja 8 jam yaitu pukul 06.00-23.00 dengan setiap shiftnya terdiri dari 2 operator kemudian pengawas hanya 1 orang yang mengawasi 2 shift dalam 1 hari.

2. Penambahan jumlah mesin dan pekerja

Jumlah mesin yang masing-masing hanya 1 buah dan jumlah pekerja yang totalnya hanya sebanyak 9 orang dirasa cenderung sedikit karena dibandingkan dengan jumlah pesanan yang banyak terjadi banyak sekali lembur. Sehingga ketika ditambahkan jumlah mesin dan pekerja untuk setiap mesinnya mengikuti *shift* kerja yang sudah ada tentu akan meminimasi waktu proses sehingga berdampak pada minimasi *total tardiness*.

4. Kesimpulan

Untuk dapat mengurangi total *tardiness* pada sistem produksi yang ada di perusahaan, terdapat beberapa aturan yang harus diperhatikan meliputi *job* yang diurutkan menggunakan aturan *earliest due date*, kemudian ketika ditemui *job* dengan *due date* yang sama maka dilakukan pemilihan *job* menggunakan *shortest processing time*. Kemudian untuk *job* dengan kode AF dan AB diproduksi di 2 mesin yaitu mesin laminasi dan mesin *slitting*, sedangkan *job* dengan kode IF hanya diproduksi pada mesin *slitting* saja. Setelah itu untuk *job* dengan permintaan warna selain *silver* akan ditambahkan waktu setup penambahan warna, untuk kertas jenis AF ditambahkan waktu setup warna setiap 3 kali *roll* besar sedangkan untuk kertas jenis AB ditambahkan waktu setup warna setiap 12 kali *roll* besar.

Ketentuan waktu produksi mesin laminasi pukul 07.00-15.00 dan diijinkan lembur pukul 15.00-21.00, kemudian waktu produksi mesin *slitting* pukul 07.00-23.00 dan diijinkan lembur pukul 06.00-07.00 dan 23.00-00.00

Kemudian urutan *job* berdasarkan algoritma yang dikembangkan adalah 1AFSYD, 2IFWZN, 7ABGZL, 6AFGXA, 9AFSYD, 10AFGXG, 5AFGXC, 4AFRXB, 3AFGXB, 11AFSXH, 12AFSXH, 13AFGXG, 20IFWZN, 19AFSYD, 8AFGXC, 16AFGXE, 18ABGZK, 17ABGZL, 23AFSYF, 22ABGZN, 26ABGZJ, 25AFGXB, 24AFGYE, 15ABGZM, 14AFGYB, 21AFGXC, 33AFSXI, 32AFSXE, 30ABGZM, 31ABGZN, 28AFGYB, 29AFGYJ, 27ABGZJ

Sistem penjadwalan produksi yang telah ada sebelumnya menghasilkan total *tardiness* sebesar 116 hari. Sementara, sistem penjadwalan

produksi baru dengan menggunakan algoritma yang dikembangkan menghasilkan total *tardiness* sebesar 79 hari. Sehingga total *tardiness* yang dapat dikurangi dengan penjadwalan produksi yang baru adalah sebanyak 37 hari.

Daftar Pustaka

- [1] Ginting, Rosnani. 2009, *Penjadwalan Mesin*. Yogyakarta : Graha Ilmu
- [2] Conway, R., W,L Maxwell., dan L,W, Miller. 1967, *Theory of Schedulling*. Massachusetts: Addison Wesley Publishing Company.
- [3] Baker, K.R., & Trietsch. 2009, *Principles of Sequencing and Scheduling*, New York: John Willey & Sons, inc.
- [4] Gaspersz, Vincent. 2002, *Production Planning and Inventory Control. Berdasarkan Pendekatan Sistem Terintegrasi MRP II dan JIT Menuju Manufakturing 21*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama,
- [5] Lazuardi, Andita N., 2015, *Penjadwalan Produksi dengan Permasalahan Perbedaan Kapasitas Produksi Menggunakan Pendekatan EDD Untuk Meminimasi Total Tardiness (Studi Kasus: PT ASIMAS)*, Malang: Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri, Universitas Brawijaya

Lampiran

