

PENDEKATAN *THEORY OF CONSTRAINTS* (TOC) PENJADWALAN *FLOW SHOP* PADA SISTEM PRODUKSI *MAKE TO ORDER*

Hera Rianti, Laila Nafisah, dan Eko Nursubiyantoro

Prodi Teknik Industri

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik Industri

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta

Jl. Babarsari 2 Tambakbayan, Yogyakarta, 55281

Telp. (0274) 485363 Fak : (0274) 486256

email : lailanafisah71@gmail.com, eko_nsby072@upnyk.ac.id

ABSTRAK

CV Putra Kilau Lampuan adalah erusahaan percetakan yang memproduksi buku, majalah, *packaging*, dan undangan. Sistem produksi yang diterapkan berbasis *Make To Order* (MTO) dengan pola aliran proses produksi bersifat *flow shop*. Perusahaan dihadapkan pada kendala banyaknya *Work In Process* (WIP) dengan kapasitas stasiun kerja yang terbatas, sehingga dapat menghambat aliran produksi dan waktu penyelesaian menjadi besar. Penelitian menggunakan metode penjadwalan *drum buffer rope* dengan konsep pendekatan *Theory of Constraints* (TOC) yang berfokus kepada pemanfaatan stasiun kerja *bottleneck*. Penjadwalan dimulai dari stasiun kerja *bottleneck*, kemudian baru dilakukan pada stasiun kerja *non bottleneck*. Penjadwalan pada stasiun kerja *non bottleneck* sebelum stasiun kerja *bottleneck* dilakukan secara *backward*, sedangkan stasiun kerja *non bottleneck* setelah stasiun kerja *bottleneck* dilakukan secara *forward*. Hasil dari penelitian ini yaitu diperoleh stasiun kerja penyusunan kertas isi (SK 10) terjadi *bottleneck*. Penjadwalan produksi berdasarkan stasiun kerja *bottleneck* menghasilkan urutan *order* dari stasiun kerja 1 sampai stasiun kerja 13 dengan *makespan* sebesar 26,215 hari. *Makespan* tersebut lebih singkat dibandingkan dengan *makespan* perusahaan yang besarnya 30,041 hari.

Kata kunci : *flow shop, theory of constraints, drum buffer rope, makespan minimum*

1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur yang berkembang semakin pesat menuntut perusahaan untuk mampu berkompetisi didalam pasar persaingan. Perusahaan berusaha menyediakan yang terbaik bagi konsumen guna meningkatkan loyalitas, kredibilitas dan layanan perusahaan bagi konsumen. Salah satu hal yang digunakan untuk menunjukkan kredibilitas perusahaan adalah ketepatan waktu penyelesaian produk. Agar produk dapat selesai dengan waktu yang telah ditetapkan, perusahaan membutuhkan penjadwalan produksi yang tepat dalam pelaksanaan aktivitas proses produksinya.

CV Putra Kilau Lampuan merupakan sebuah perusahaan yang bergerak di bidang percetakan. Perusahaan ini berlokasi di Jalan Sedap Malam No.11, Gumpang, Kartasura, Sukoharjo, Jawa Tengah. Perusahaan ini memproduksi berbagai macam hasil cetakan kertas seperti buku, majalah, *packaging*, dan undangan. Sistem produksi yang diterapkan perusahaan berbasis *Make To Order* (MTO) yang berdasarkan jumlah permintaan konsumen dengan pola aliran proses produksi bersifat *flow*

shop, dan prioritas pengerjaan pesanan berdasarkan metode *First Come First Served* (FCFS). Untuk mempertahankan kepercayaan konsumen, perusahaan berusaha menyelesaikan produk sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan.

Selama ini perusahaan belum mampu memenuhi pesanan tepat pada waktunya. Pada sales order bulan Januari 2018, terdapat 9 pesanan dari 21 pesanan yang tidak sesuai jadwal yang disepakati (*due date*). Hal ini disebabkan oleh banyaknya *Work In Process* (WIP) atau barang setengah jadi menumpuk dengan kapasitas stasiun kerja yang terbatas. Pada pengamatan tanggal 14 Desember 2017, terjadi *bottleneck* pada proses produksi buku di stasiun kerja penyusunan kertas isi dengan kapasitas sebesar 736 lembar/jam lebih rendah dari stasiun kerja sebelumnya, yaitu stasiun kerja cetak kertas isi dengan kapasitas sebesar 5.000 lembar/jam. Kondisi seperti ini mengakibatkan di stasiun kerja tersebut terjadi penumpukan WIP yang menghambat aliran produksi dan waktu penyelesaian pesanan produksi menjadi besar. Masalah yang terus

berlangsung tersebut dapat mengakibatkan resiko penurunan kredibilitas perusahaan di mata konsumen dan mengurangi daya kompetisi perusahaan dalam persaingan bisnis.

Peninjauan dalam penjadwalan di seluruh stasiun kerja dan mengidentifikasi stasiun kerja yang menjadi bottleneck dalam pembuatan penjadwalan berdasarkan beban kerja terbesar. Dari stasiun kerja *bottleneck* tersebut, ditentukan jadwal untuk memproduksi produk yang diinginkan. Penjadwalan produksi diharapkan mampu menangani *bottleneck* yang menghambat aliran produksi dan meminimumkan waktu penyelesaian order.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Produksi

Sistem produksi merupakan kumpulan dari sub sistem yang saling berinteraksi dengan tujuan mentransformasi input produksi menjadi output produksi. Input produksi ini dapat berupa bahan baku, mesin, tenaga kerja, modal, dan informasi, sedangkan output produksi merupakan produk yang dihasilkan berikut hasil sampingnya seperti limbah, informasi, dan sebagainya (Ginting, 2007). Sistem produksi menurut tujuan operasi, dibedakan menjadi empat jenis, yaitu (Bedworth dan Bailey, 1987):

- 1) *Engineering To Order (ETO)*, yaitu pemesan meminta produsen untuk membuat produk yang dimulai dari proses perancangannya (rekayasa).
- 2) *Assembly To Order (ATO)*, yaitu produsen membuat desain standar, modul-modul opsinya standar dan merakit suatu kombinasi tertentu dari modul-modul tersebut. Modul-modul standar tersebut sesuai dengan pesanan konsumen dan bisa dirakit untuk berbagai tipe produk.
- 3) *Make To Order (MTO)*, yaitu produsen menyelesaikan item akhirnya jika dan hanya jika menerima pesanan konsumen untuk item tersebut.
- 4) *Make To Stock (MTS)*, yaitu produsen membuat item-item yang diselesaikan dan ditempatkan sebagai persediaan sebelum pesanan konsumen diterima. Item akhir tersebut baru akan dikirim dari sistem persediaannya setelah pesanan konsumen diterima.

Sistem produksi juga dibagi menurut aliran operasi dan variasi produk menjadi (Nasution dan Prasetyawan, 2007):

- 1) *Flow Shop*, yaitu proses konversi di mana unit-unit output secara berturut-turut melalui urutan operasi yang sama pada mesin-mesin khusus. Proses jenis ini biasanya digunakan untuk produk yang mempunyai desain dasar yang tetap sepanjang waktu yang lama dan ditujukan untuk pasar yang luas.
- 2) *Continuous*, proses ini merupakan bentuk ekstrim dari flow shop di mana terjadi aliran material yang konstan. Biasanya satu lintasan produksi pada proses kontinyu hanya dialokasikan untuk satu produk saja.
- 3) *Job Shop*, yaitu merupakan bentuk proses konversi di mana unit-unit untuk pesanan yang berbeda pula dengan melalui pusat-pusat kerja yang dikelompokkan berdasarkan fungsinya. Volume produksi tiap jenis sedikit, variasi produknya banyak, lama proses produksi tiap jenis produk agak panjang, tidak ada lintasan produksi khusus.
- 4) *Batch*, yaitu merupakan bentuk satu langkah kedepan dibandingkan job shop dalam hal standarisasi produk dengan memproduksi banyak variasi produk dan volume, lama proses produksi untuk tiap produk agak pendek, dan satu lintasan produksi dapat dipakai untuk beberapa tipe produk.

2.2 Penjadwalan Produksi

Menurut Baker (1974), penjadwalan adalah pengalokasian sumber daya yang terbatas untuk mengerjakan sejumlah pekerjaan. Tujuan penjadwalan, antara lain:

- 1) Meningkatkan penggunaan sumber daya atau mengurangi waktu tunggu, sehingga total waktu proses dapat berkurang, dan produktivitas dapat meningkat.
- 2) Mengurangi persediaan barang setengah jadi atau mengurangi sejumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumberdaya yang ada masih mengerjakan tugas yang lain.
- 3) Mengurangi beberapa kelambatan pada pekerjaan yang mempunyai batas waktu penyelesaian sehingga akan meminimasi penalti cost (biaya keterlambatan).
- 4) Membantu pengambilan keputusan mengenai perencanaan kapasitas pabrik dan jenis kapasitas yang dibutuhkan sehingga penambahan biaya yang mahal dapat dihindarkan.

2.3 Theory of Constraints (TOC)

Fogarty dkk. (1991) menjelaskan bahwa TOC merupakan pengembangan dari *Optimized Production Technology (OPT)* yang menekankan pada optimasi pemanfaatan stasiun kendala. TOC menyatakan bahwa kendala harus diangkat, sehingga dapat diambil tindakan untuk mengurangi pengaruh hasilnya (throughput), persediaan, dan biaya operasi. Terdapat 5 langkah yang berurutan agar proses perbaikan lebih terfokus dan memberikan pengaruh positif yang lebih baik bagi sistem sebelumnya (Narasimhan dkk, 1995), yaitu:

- 1) Identifikasi kendala dalam sistem (*identify the system's constraint*).
- 2) Tentukan bagaimana cara untuk melakukan eksploitasi kendala sistem (*describe how to exploit the system's constraints*)
- 3) Subordinasi segala hal untuk mendukung keputusan (*subordinate everything else to the above decision*)
- 4) Tingkatkan kemampuan kendala untuk memecahkan masalah (*elevate the system's constraint*)
- 5) Jika pada langkah sebelumnya, kendala lama dipecahkan namun muncul kendala baru, kembali ke langkah 1.

2.4 Drum Buffer Rope

Dalam konsep TOC dikenal dengan istilah “*drum-buffer-rope*”, yang merupakan teknik umum yang digunakan untuk mengelola sumber-sumber daya guna memaksimalkan performansi dari sistem (Gaspersz, 2001). Drum adalah ritme produksi yang ditetapkan untuk mengatasi kendala sistem. *Buffer* atau penyangga digunakan untuk menjaga bottleneck dari fluktuasi stasiun-stasiun kerja sebelumnya. Dalam sistem produksi terdapat dua macam *buffer*, yaitu:

1) Time buffer

Waktu yang dijadikan penyangga dengan tujuan untuk melindungi laju produksi (throughput) sistem dari gangguan yang selalu terjadi dalam sistem produksi.

2) Stock Buffer

Produk akhir maupun produk antara yang dijadikan penyangga dengan tujuan untuk memperbaiki sistem produksi dalam hal menanggapi permintaan.

2.5 Algoritma Zijm

Algoritma Zijm ditemukan oleh seorang professor di Belanda yang bernama WHK Zijm. Zijm (1994) menjelaskan bahwa algoritma Zijm memberikan logika pendeteksian mesin *bottleneck* yang terjadi pada suatu sistem berdasarkan parameter-parameter yang telah ditentukan. Selain mendeteksi terjadinya *bottleneck*, algoritma ini juga memberikan salah satu parameter yang dibutuhkan untuk meningkatkan kinerja mesin bottleneck yaitu menghasilkan *time buffers*. Model matematis yang digunakan adalah sebagai berikut (Kushana dkk,2014):

1) Langkah 1: Menghitung laju permintaan pada setiap operasi di seluruh stasiun kerja untuk setiap *order*.

$$D^{(h)} = \frac{1}{MLT} = \frac{1}{(d^{(h)}-r_j)m} \dots\dots\dots (1)$$

dengan:

MLT : *Manufacturing Lead Time*

$d^{(h)}$: *Due date job h*

r_j : saat siap di mesin *j*

m : jumlah mesin

2) Langkah 2: Menghitung laju kedatangan pada setiap operasi di seluruh stasiun kerja untuk setiap *order*.

$$\lambda^{(h)} = \frac{D^{(h)}}{Q^{(h)}} \delta^{(h)} \dots\dots\dots (2)$$

dengan:

$\lambda^{(h)}$: laju kedatangan *job h*

$D^{(h)}$: laju permintaan *job h*

$Q^{(h)}$: ukuran lot produksi *job h = 1*

$$\delta_{jk}^{(h)} \begin{cases} 1, & \text{jika } job\ h, \text{ proses } k, \text{ stasiun kerja } j \\ - & \\ 0, & \text{untuk yang lainnya} \end{cases}$$

3) Langkah 3: Menghitung waktu proses pada setiap operasi di seluruh stasiun kerja untuk setiap *order*.

$$P_{jk}^{(h)} = Z_{jk}^{(h)} + (Q_{jk}^{(h)} \times a_{jk}^{(h)}) \dots\dots\dots (3)$$

dengan:

$P_{jk}^{(h)}$: waktu proses *job h*, proses ke-*k*, di stasiun kerja *j*

$Z_{jk}^{(h)}$: waktu *set up job h*, proses ke-*k*, di stasiun kerja *j*

$Q_{jk}^{(h)}$: ukuran lot produksi *job h*, proses ke-*k*, di stasiun kerja *j*

$a_{jk}^{(h)}$: waktu proses *job h*, proses ke-*k*, di stasiun kerja *j*

4) Langkah 4: Menghitung beban kerja pada setiap operasi di seluruh stasiun kerja untuk

setiap order dan penjumlahan beban kerja untuk setiap stasiun kerjanya.

$$\rho_j = \sum_{h,k} \lambda_{jk}^{(h)} \times P_{jk}^{(h)} \dots\dots\dots (4)$$

dengan:

ρ_j : rata-rata beban kerja di mesin j

- 5) Langkah 5: Menghitung waktu tunggu pada setiap operasi di seluruh stasiun kerja untuk setiap *order* dan penjumlahan beban kerja untuk setiap stasiun kerjanya.

$$E_j = \frac{\sum_{h,k} \lambda_{jk}^{(h)} \times (P_{jk}^{(h)})^2}{2(1-\rho_j)} \dots\dots\dots (5)$$

Dengan:

$E(j)$ = ekspektasi waktu tunggu di stasiun kerja j

- 6) Langkah 6: Menghitung perkiraan *lead time* pada setiap operasi di seluruh stasiun kerja untuk setiap *order*.

$$E(T_{jk}^{(h)}) = E_j + P_{jk}^{(h)} \dots\dots\dots (6)$$

- 7) Langkah 7: menghitung Etc dan Ltc Berfungsi untuk menentukan *Etc* (saat paling awal setiap *order* bisa mulai dikerjakan di stasiun kendala) dan *Ltc* (saat paling akhir setiap *order* bisa mulai dikerjakan di stasiun kendala) setiap pesanan. *Etc* dan *Ltc* merupakan salah satu kriteria untuk pemilihan pesanan yang akan didistribusikan, penentuan solusi inisial, dan pemeriksaan kelayakan setiap pesanan yang telah dijadwalkan.

$$ETC^{(h)} = r^{(h)} + \sum_{h=1}^m (t_h + w_h) \dots\dots\dots (7)$$

$$LTC^{(h)} = d^{(h)} - \sum_{h=1}^m (t_h + w_h) - th \dots\dots (8)$$

dengan:

$E(T^{(h)})$: ekspektasi rata-rata *lead time* job h

m : jumlah mesin setelah *bottleneck*

t_h : waktu proses job h

w_h : ekspektasi waktu menunggu job h

$ETC^{(h)}$: *Earliest Time Completion* job h

$LTC^{(h)}$: *Latest Time Completion* job h

3. METODOLOGI PENELITIAN

Obyek dari penelitian ini adalah salah satu perusahaan percetakan, CV Putra Kilau Lampung yang berlokasi di Jalan Sedap Malam

No.11, Surakarta. Kerangka pemecahan masalah dan pengolahan data disusun sebagai berikut:

- 1) Mengidentifikasi stasiun kerja *bottleneck* dengan algoritma zjm.
 - a. Menghitung laju permintaan pada setiap operasi di seluruh stasiun kerja untuk setiap order.
 - b. Menghitung laju kedatangan pada setiap operasi di seluruh stasiun kerja untuk setiap order.
 - c. Menghitung waktu proses pada setiap operasi di seluruh stasiun kerja untuk setiap order.
 - d. Menghitung beban kerja pada setiap operasi di seluruh stasiun kerja untuk setiap order dan penjumlahan beban kerja untuk setiap stasiun kerjanya
 - e. Menghitung ekspektasi waktu tunggu pada setiap operasi di seluruh stasiun kerja untuk setiap order dan penjumlahan beban kerja untuk setiap stasiun.
 - f. Menghitung ekspektasi *lead time* pada setiap operasi di seluruh stasiun kerja untuk setiap order.
 - g. Menentukan *Etc* (saat paling awal setiap order bisa mulai dikerjakan di stasiun kerja *bottleneck* dan *Ltc* (saat paling akhir setiap order bisa mulai dikerjakan di stasiun kerja *bottleneck*) setiap pesanan.
- 2). Melakukan penjadwalan produksi di stasiun kerja *bottleneck* dan stasiun kerja non *bottleneck* sebelum stasiun kerja *bottleneck* menggunakan backward scheduling. Untuk stasiun kerja non *bottleneck* setelah stasiun kerja *bottleneck* menggunakan *forward scheduling*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi stasiun kerja *bottleneck*

Identifikasi stasiun kerja *bottleneck* menggunakan algoritma zjm. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- 1) Menghitung laju permintaan
 Laju permintaan dihitung menggunakan Langkah 1, hasil perhitungan laju permintaan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini:

Tabel 1 Hasil perhitungan laju permintaan

No Order	Laju Permintaan/jam												
	SK 1	SK 2	SK 3	SK 4	SK 5	SK 6	SK 7	SK 8	SK 9	SK 10	SK 11	SK 12	SK 13
1	0,006	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
2	0,006	0,006	0,000	0,000	0,006	0,000	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
3	0,007	0,007	0,000	0,000	0,007	0,000	0,007	0,000	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
4	0,007	0,007	0,000	0,000	0,007	0,007	0,007	0,000	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
5	0,006	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
6	0,005	0,000	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,000	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
7	0,007	0,000	0,007	0,007	0,007	0,000	0,007	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000



No Order	Laju Permintaan/jam												
	SK 1	SK 2	SK 3	SK 4	SK 5	SK 6	SK 7	SK 8	SK 9	SK 10	SK 11	SK 12	SK 13
8	0,006	0,006	0,000	0,000	0,006	0,000	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
9	0,006	0,006	0,000	0,000	0,006	0,006	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
10	0,006	0,006	0,000	0,000	0,006	0,000	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
11	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,000	0,006	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006
12	0,005	0,000	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,000	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
13	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006
14	0,006	0,006	0,000	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006
15	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
16	0,005	0,005	0,000	0,000	0,005	0,005	0,005	0,000	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
17	0,007	0,007	0,000	0,000	0,007	0,000	0,007	0,000	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
18	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
19	0,006	0,006	0,000	0,000	0,006	0,000	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
20	0,006	0,006	0,000	0,000	0,000	0,006	0,006	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006
21	0,006	0,006	0,000	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006
22	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
23	0,006	0,006	0,000	0,000	0,006	0,006	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
24	0,006	0,006	0,000	0,000	0,006	0,000	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006

2) Menghitung laju kedatangan laju kedatangan dapat dilihat pada Tabel 2.
 Laju kedatangan untuk setiap order menggunakan Langkah 2 dan hasil perhitungan

Tabel 2 Hasil perhitungan laju kedatangan

No Order	Laju kedatangan/jam												
	SK 1	SK 2	SK 3	SK 4	SK 5	SK 6	SK 7	SK 8	SK 9	SK 10	SK 11	SK 12	SK 13
1	0,006	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
2	0,006	0,006	0,000	0,000	0,006	0,000	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
3	0,007	0,007	0,000	0,000	0,007	0,000	0,007	0,000	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
4	0,007	0,007	0,000	0,000	0,007	0,007	0,007	0,000	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
5	0,006	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
6	0,005	0,000	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,000	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
7	0,007	0,000	0,007	0,007	0,007	0,000	0,007	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007
8	0,006	0,006	0,000	0,000	0,006	0,000	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
9	0,006	0,006	0,000	0,000	0,006	0,006	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
10	0,006	0,006	0,000	0,000	0,006	0,000	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
11	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,000	0,006	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006
12	0,005	0,000	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005	0,000	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
13	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006
14	0,006	0,006	0,000	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006
15	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
16	0,005	0,005	0,000	0,000	0,005	0,005	0,005	0,000	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005
17	0,007	0,007	0,000	0,000	0,007	0,000	0,007	0,000	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007
18	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
19	0,006	0,006	0,000	0,000	0,006	0,000	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
20	0,006	0,006	0,000	0,000	0,000	0,006	0,006	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006
21	0,006	0,006	0,000	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006
22	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
23	0,006	0,006	0,000	0,000	0,006	0,006	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006
24	0,006	0,006	0,000	0,000	0,006	0,000	0,006	0,000	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006

3). Menghitung waktu proses pengerjaan order pengerjaan order dapat dilihat pada Tabel 3.
 Laju kedatangan untuk setiap order menggunakan Langkah 2 dan hasil waktu proses

Tabel 3 Hasil perhitungan waktu proses pengerjaan order

No Order	Waktu Proses (jam)												
	SK 1	SK 2	SK 3	SK 4	SK 5	SK 6	SK 7	SK 8	SK 9	SK 10	SK 11	SK 12	SK 13
1	0,956	0,728	0,000	0,000	0,000	0,000	0,483	0,000	0,894	0,928	1,178	0,789	0,317
2	0,769	0,300	0,000	0,000	0,937	0,000	0,198	0,000	1,142	1,012	1,127	0,631	0,249
3	0,983	0,884	0,000	0,000	5,183	0,000	0,556	0,000	5,248	6,866	1,972	3,155	1,351
4	1,110	1,023	0,000	0,000	6,300	1,780	0,673	0,000	10,273	14,679	2,929	6,032	2,608
5	0,844	0,548	0,000	0,000	0,000	0,000	0,360	0,000	5,347	7,091	1,959	3,126	1,337
6	1,065	0,000	0,768	1,040	5,117	1,640	0,617	0,000	4,344	5,543	1,795	2,635	1,126
7	1,035	0,000	1,055	1,110	7,667	0,000	1,137	2,217	0,000	0,000	0,000	0,000	1,138

No Order	Waktu Proses (jam)												
	SK 1	SK 2	SK 3	SK 4	SK 5	SK 6	SK 7	SK 8	SK 9	SK 10	SK 11	SK 12	SK 13
8	0,897	0,903	0,000	0,000	7,500	0,000	0,496	0,000	4,500	1,808	1,164	0,743	0,297
9	1,415	1,602	0,000	0,000	9,333	2,807	1,083	0,000	11,034	15,193	3,131	6,644	2,872
10	1,022	0,809	0,000	0,000	3,521	0,000	0,550	0,000	3,854	4,849	1,703	2,330	0,991
11	1,060	0,000	0,991	1,129	4,533	0,000	0,658	1,953	0,000	0,000	0,000	0,000	0,910
12	0,961	0,000	1,089	1,061	14,167	1,622	0,611	0,000	8,300	11,272	2,578	4,978	2,144
13	1,100	0,000	1,015	1,010	6,767	1,510	0,562	2,157	0,000	0,000	0,000	0,000	1,883
14	0,870	0,717	0,000	0,000	3,667	1,033	0,377	0,843	0,000	0,000	0,000	0,000	0,887
15	0,876	0,000	0,781	0,839	6,992	1,175	0,434	0,000	8,972	12,361	2,668	5,251	2,264
16	0,853	0,669	0,000	0,000	5,417	1,019	0,372	0,000	5,469	7,253	1,989	3,222	1,378
17	1,309	1,744	0,000	0,000	12,817	0,000	1,093	0,000	12,142	16,730	3,365	7,354	3,182
18	1,078	0,000	1,156	1,206	7,500	1,906	0,728	0,000	6,061	7,972	2,117	3,711	1,594
19	0,843	0,590	0,000	0,000	3,100	0,000	0,353	0,000	5,496	7,319	1,984	3,206	1,372
20	1,171	0,796	0,000	0,000	0,000	1,008	0,371	0,767	0,000	0,000	0,000	0,000	0,867
21	1,058	0,846	0,000	0,000	10,750	1,221	0,458	1,938	0,000	0,000	0,000	0,000	0,554
22	0,939	0,000	0,958	0,986	6,400	2,403	0,544	0,000	6,960	9,339	2,308	4,174	1,793
23	0,826	0,546	0,000	0,000	2,138	0,893	0,322	0,000	2,114	2,354	1,340	1,273	0,531
24	0,899	0,735	0,000	0,000	4,833	0,000	0,444	0,000	8,405	11,557	2,549	4,901	2,112
19	0,843	0,590	0,000	0,000	3,100	0,000	0,353	0,000	5,496	7,319	1,984	3,206	1,372

- 4). Menghitung rata-rata beban kerja pada stasiun kerja dapat dilihat pada Tabel 4.
 Rata-rata beban kerja menggunakan Langkah 3 dan hasil perhitungan rata-rata beban

Tabel 4 Hasil perhitungan rata-rata beban kerja

No Order	Beban Kerja												
	SK 1	SK 2	SK 3	SK 4	SK 5	SK 6	SK 7	SK 8	SK 9	SK 10	SK 11	SK 12	SK 13
1	0,006	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,006	0,006	0,008	0,005	0,002
2	0,005	0,002	0,000	0,000	0,006	0,000	0,001	0,000	0,007	0,006	0,007	0,004	0,002
3	0,007	0,006	0,000	0,000	0,035	0,000	0,004	0,000	0,036	0,047	0,013	0,021	0,009
4	0,008	0,007	0,000	0,000	0,043	0,012	0,005	0,000	0,070	0,100	0,020	0,041	0,018
5	0,005	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,032	0,042	0,012	0,019	0,008
6	0,006	0,000	0,004	0,006	0,027	0,009	0,003	0,000	0,023	0,029	0,009	0,014	0,006
7	0,007	0,000	0,007	0,008	0,052	0,000	0,008	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,008
8	0,005	0,005	0,000	0,000	0,045	0,000	0,003	0,000	0,027	0,011	0,007	0,004	0,002
9	0,008	0,010	0,000	0,000	0,056	0,017	0,006	0,000	0,066	0,090	0,019	0,040	0,017
10	0,006	0,005	0,000	0,000	0,022	0,000	0,003	0,000	0,024	0,030	0,011	0,014	0,006
11	0,007	0,000	0,006	0,007	0,028	0,000	0,004	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006
12	0,005	0,000	0,006	0,006	0,078	0,009	0,003	0,000	0,046	0,062	0,014	0,027	0,012
13	0,007	0,000	0,007	0,007	0,044	0,010	0,004	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,012
14	0,005	0,004	0,000	0,000	0,023	0,006	0,002	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006
15	0,005	0,000	0,005	0,005	0,042	0,007	0,003	0,000	0,053	0,074	0,016	0,031	0,013
16	0,005	0,004	0,000	0,000	0,030	0,006	0,002	0,000	0,030	0,040	0,011	0,018	0,008
17	0,009	0,012	0,000	0,000	0,087	0,000	0,007	0,000	0,083	0,114	0,023	0,050	0,022
18	0,007	0,000	0,007	0,007	0,047	0,012	0,005	0,000	0,038	0,050	0,013	0,023	0,010
19	0,005	0,004	0,000	0,000	0,020	0,000	0,002	0,000	0,036	0,048	0,013	0,021	0,009
20	0,008	0,005	0,000	0,000	0,000	0,007	0,002	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006
21	0,007	0,005	0,000	0,000	0,070	0,008	0,003	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004
22	0,006	0,000	0,006	0,006	0,040	0,015	0,003	0,000	0,043	0,058	0,014	0,026	0,011
23	0,005	0,003	0,000	0,000	0,013	0,005	0,002	0,000	0,013	0,014	0,008	0,008	0,003
24	0,006	0,005	0,000	0,000	0,030	0,000	0,003	0,000	0,052	0,072	0,016	0,030	0,013
Jmlh	0,149	0,085	0,048	0,051	0,836	0,122	0,084	0,064	0,683	0,892	0,233	0,397	0,211

- 5) Menghitung waktu tunggu dan hasil perhitungan waktu tunggu setiap order dapat dilihat pada Tabel 5.
 Perhitungan waktu tunggu setiap order di setiap stasiun kerja menggunakan Langkah 5

Tabel 5 Hasil perhitungan waktu tunggu

No Order	Waktu tunggu (jam)												
	SK1	SK2	SK3	SK4	SK5	SK6	SK7	SK 8	SK 9	SK 10	SK 11	SK 12	SK 13
1	0,006	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002	0,000	0,005	0,006	0,009	0,004	0,001
2	0,004	0,001	0,000	0,000	0,005	0,000	0,000	0,000	0,008	0,006	0,008	0,002	0,000
3	0,007	0,005	0,000	0,000	0,183	0,000	0,002	0,000	0,187	0,321	0,026	0,068	0,012
4	0,008	0,007	0,000	0,000	0,270	0,022	0,003	0,000	0,718	1,466	0,058	0,248	0,046
5	0,004	0,002	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000	0,170	0,299	0,023	0,058	0,011
6	0,006	0,000	0,003	0,006	0,139	0,014	0,002	0,000	0,100	0,163	0,017	0,037	0,007
7	0,007	0,000	0,008	0,008	0,400	0,000	0,009	0,033	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

No Order	Waktu tunggu (jam)												
	SK1	SK2	SK3	SK4	SK5	SK6	SK7	SK 8	SK 9	SK 10	SK 11	SK 12	SK 13
8	0,005	0,005	0,000	0,000	0,335	0,000	0,001	0,000	0,121	0,019	0,008	0,003	0,001
9	0,012	0,015	0,000	0,000	0,519	0,047	0,007	0,000	0,725	1,374	0,058	0,263	0,049
10	0,006	0,004	0,000	0,000	0,077	0,000	0,002	0,000	0,092	0,146	0,018	0,034	0,006
11	0,007	0,000	0,006	0,008	0,128	0,000	0,003	0,024	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005
12	0,005	0,000	0,007	0,006	1,103	0,014	0,002	0,000	0,379	0,698	0,037	0,136	0,025
13	0,008	0,000	0,007	0,007	0,297	0,015	0,002	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,023
14	0,005	0,003	0,000	0,000	0,084	0,007	0,001	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005
15	0,005	0,000	0,004	0,004	0,291	0,008	0,001	0,000	0,479	0,910	0,042	0,164	0,031
16	0,004	0,002	0,000	0,000	0,161	0,006	0,001	0,000	0,164	0,289	0,022	0,057	0,010
17	0,012	0,021	0,000	0,000	1,117	0,000	0,008	0,000	1,003	1,904	0,077	0,368	0,069
18	0,007	0,000	0,008	0,009	0,349	0,023	0,003	0,000	0,228	0,395	0,028	0,086	0,016
19	0,005	0,002	0,000	0,000	0,062	0,000	0,001	0,000	0,196	0,348	0,026	0,067	0,012
20	0,009	0,004	0,000	0,000	0,000	0,007	0,001	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,005
21	0,007	0,005	0,000	0,000	0,750	0,010	0,001	0,024	0,000	0,000	0,000	0,000	0,002
22	0,005	0,000	0,006	0,006	0,254	0,036	0,002	0,000	0,301	0,542	0,033	0,108	0,020
23	0,004	0,002	0,000	0,000	0,027	0,005	0,001	0,000	0,027	0,033	0,011	0,010	0,002
24	0,005	0,003	0,000	0,000	0,145	0,000	0,001	0,000	0,439	0,830	0,040	0,149	0,028
Jmlh	0,153	0,085	0,048	0,054	6,697	0,212	0,057	0,120	5,342	9,747	0,541	1,861	0,394
w.tunggu	0,090	0,046	0,025	0,029	20,357	0,121	0,031	0,064	8,418	45,021	0,353	1,542	0,249

5) Setelah melihat hasil perhitungan dari beban kerja pada Tabel 4 dan perhitungan waktu tunggu pada Tabel 5 di atas, stasiun yang mempunyai beban kerja terbesar dan ekspektasi waktu menunggu setiap order di stasiun paling lama adalah Stasiun Kerja Penyusunan Kertas Isi (SK 10). Oleh sebab

itu, Stasiun Kerja Penyusunan Kertas Isi ditetapkan sebagai stasiun kerja *bottleneck*.

4.2 Perhitungan lead time

Perhitungan perkiraan *lead time* diselesaikan menggunakan Langkah 6 dan hasil seluruh perhitungan perkiraan *lead time* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Perhitungan *lead time*

No Order	Perkiraan <i>lead time</i> (jam)												
	Sebelum stasiun kerja <i>bottleneck</i>									St. <i>bottleneck</i>	Setelah stasiun <i>bottleneck</i>		
	SK1	SK2	SK3	SK 4	SK 5	SK 6	SK 7	SK 8	SK 9	SK 10	SK 11	SK 12	SK 13
1	1,045	0,774	0,025	0,029	20,357	0,121	0,514	0,064	9,312	45,949	1,531	2,331	0,566
2	0,859	0,347	0,025	0,029	21,294	0,121	0,229	0,064	9,560	46,033	1,480	2,173	0,499
3	1,073	0,930	0,025	0,029	25,540	0,121	0,586	0,064	13,666	51,887	2,325	4,697	1,601
4	1,200	1,070	0,025	0,029	26,657	1,901	0,704	0,064	18,691	59,700	3,282	7,574	2,857
5	0,934	0,594	0,025	0,029	20,357	0,121	0,391	0,064	13,765	52,112	2,312	4,668	1,587
6	1,155	0,046	0,793	1,069	25,474	1,761	0,648	0,064	12,761	50,564	2,148	4,177	1,375
7	1,125	0,046	1,080	1,139	28,024	0,121	1,168	2,281	8,418	45,021	0,353	1,542	1,388
8	0,986	0,950	0,025	0,029	27,857	0,121	0,526	0,064	12,918	46,829	1,517	2,286	0,546
9	1,504	1,648	0,025	0,029	29,690	2,928	1,114	0,064	19,452	60,214	3,484	8,186	3,121
10	1,111	0,855	0,025	0,029	23,878	0,121	0,581	0,064	12,272	49,871	2,056	3,872	1,240
11	1,150	0,046	1,016	1,157	24,890	0,121	0,688	2,018	8,418	45,021	0,353	1,542	1,159
12	1,051	0,046	1,114	1,090	34,524	1,743	0,642	0,064	16,718	56,293	2,931	6,520	2,394
13	1,190	0,046	1,040	1,039	27,124	1,631	0,593	2,221	8,418	45,021	0,353	1,542	2,133
14	0,960	0,763	0,025	0,029	24,024	1,154	0,408	0,907	8,418	45,021	0,353	1,542	1,136
15	0,966	0,046	0,806	0,868	27,349	1,296	0,465	0,064	17,389	57,382	3,021	6,794	2,514
16	0,943	0,716	0,025	0,029	25,774	1,140	0,403	0,064	13,887	52,274	2,342	4,764	1,627
17	1,399	1,791	0,025	0,029	33,174	0,121	1,123	0,064	20,559	61,751	3,718	8,896	3,431
18	1,168	0,046	1,181	1,234	27,857	2,026	0,759	0,064	14,479	52,993	2,470	5,253	1,844
19	0,933	0,636	0,025	0,029	23,457	0,121	0,384	0,064	13,913	52,340	2,337	4,748	1,622
20	1,261	0,842	0,025	0,029	20,357	1,129	0,402	0,831	8,418	45,021	0,353	1,542	1,116
21	1,148	0,892	0,025	0,029	31,107	1,342	0,489	2,002	8,418	45,021	0,353	1,542	0,804
22	1,029	0,046	0,983	1,015	26,757	2,524	0,575	0,064	15,378	54,360	2,661	5,716	2,042
23	0,916	0,592	0,025	0,029	22,495	1,013	0,353	0,064	10,532	47,376	1,693	2,815	0,780
24	0,989	0,782	0,025	0,029	25,190	0,121	0,474	0,064	16,823	56,578	2,902	6,443	2,361

4.3 Perhitungan *Etc* dan *Ltc*

Penentuan *Etc* dan *Ltc* dapat diselesaikan menggunakan Langkah 7. Hasil seluruh

perhitungan Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Perhitungan Etc dan Ltc

Order	Kode Produk	Etc	Ltc	Status
1	A1	172,241	281,644	Layak
2	A2	172,527	288,836	Layak
3	A3	182,034	264,511	Layak
4	A4	190,340	251,607	Layak
5	A5	162,280	271,343	Layak
6	A6	176,770	301,756	Layak
7	B1	176,400	269,717	Layak
8	A7	176,476	287,843	Layak
9	A8	182,454	257,016	Layak
10	A9	164,936	267,983	Layak
11	B2	172,503	283,945	Layak
12	A10	189,991	284,883	Layak
13	B3	176,300	275,972	Layak
14	B4	162,687	276,969	Layak
15	A11	175,249	262,310	Layak
16	A12	168,980	285,014	Layak
17	A13	177,284	226,224	Layak
18	A14	167,813	255,461	Layak
19	A15	158,562	249,974	Layak
20	C1	159,292	269,989	Layak
21	B5	171,451	270,301	Layak
22	A16	174,371	260,241	Layak
23	A17	162,019	279,357	Layak
24	A18	170,497	256,736	Layak

Berdasarkan pemeriksaan Etc dan Ltc pada Tabel 7 menunjukkan seluruh *order* layak untuk dijadwalkan.

4.4. Penjadwalan stasiun kerja

Penjadwalan berdasarkan pada stasiun kerja *bottleneck* menggunakan aturan *due date*. *Due date* setiap *order* pada SK 10 menunjukkan urutan *order*. *Starting time due date* terbesar menjadi *completion time order* sebelumnya di SK 10 menggunakan aturan *backward*. *Completion time due date* menjadi *starting time order* setelah SK 10 menggunakan aturan *forward*. Urutan *order* dari hasil penjadwalan adalah 17,11, 21, 20, 19, 18, 24, 14, 22, 10, 4, 7, 3, 23, 15, 9, 13, 5, 1, 8, 2, 16, 12, dan 6.

Analisis Hasil

Penjadwalan produksi menggunakan pendekatan *Theory of Constraints* (TOC) mengkonsentrasikan pengendalian di stasiun kerja *bottleneck*. Stasiun kerja *bottleneck* digunakan sebagai penggerak dalam penjadwalan produksi. Metode penjadwalan yang menggunakan prinsip-prinsip TOC adalah *Drum Buffer Rope* (DBR). Algoritma Zijm merupakan algoritma yang dapat mengidentifikasi stasiun kerja *bottleneck* yang digunakan sebagai titik pengendalian penjadwalan. Di antara 13 stasiun kerja yang ada di CV Putra Kilau Lampung, stasiun kerja yang menjadi stasiun kerja *bottleneck* adalah stasiun kerja 10 (Penyusunan kertas isi). SK 10

menjadi stasiun kerja *bottleneck* karena memiliki ekspektasi waktu tunggu terbesar dengan nilai 45,021 jam, sebanding dengan rata-rata beban kerja dengan nilai 0,892, dan waktu prosesnya. Penyebab stasiun kerja 10 dijadikan stasiun kerja *bottleneck* adalah kemungkinan adanya keterlambatan dalam menjadwalkan pesanan ke stasiun kerja dan urutan penjadwalan yang salah. Metode *forward scheduling* yang digunakan perusahaan tidak menjamin pengerjaan pesanan yang dapat meminimasi *flowtime* pada stasiun kerja *bottleneck* sehingga terjadi keterlambatan. Penyebab lainnya diakibatkan karena kapasitas stasiun kerja. Pada proses produksi, terdapat *bottleneck* pada Stasiun Kerja Penyusunan Kertas Isi. Hal ini terjadi karena pada stasiun kerja sebelumnya (Stasiun Kerja Cetak Kertas Isi) memiliki kapasitas lebih besar, yaitu produksi 5.000 lembar/jam yang kemudian ditumpuk di Stasiun Kerja Penyusunan Kertas Isi yang hanya memiliki kapasitas sebesar 736 lembar/jam. Stasiun kerja *bottleneck* ini menjadi titik kontrol atau patokan penjadwalan, sehingga diutamakan produktivitas kerjanya dapat maksimal agar memperlancar jadwal produksi.

Algoritma zijm juga dapat dilakukan untuk perhitungan *buffer Buffer* yang digunakan adalah *time buffer*. *Buffer* ini digunakan untuk menjaga utilitas stasiun kerja dapat bekerja dengan maksimal. Besarnya *buffer* yang diberikan adalah 45,021 jam. Selisih waktu antara stasiun kerja *bottleneck* dan stasiun kerja *non bottleneck* sebelumnya diharapkan dapat menjaga keseimbangan penjadwalan produksi. Seluruh stasiun kerja *non bottleneck* sebelum *bottleneck* dapat terlambat, namun keterlambatannya tidak boleh melebihi dari besarnya *buffer time* yang diberikan di stasiun kerja tersebut.

Penjadwalkan pesanan di stasiun kerja *bottleneck* (SK 10) menggunakan aturan *backward scheduling*, yaitu menjadwalkan selambat mungkin untuk memenuhi *due date* yang telah ditentukan. Penjadwalan dengan aturan *backward scheduling* akan meminimasi WIP di rantai produksi karena pesanan masuk ke rantai produksi disesuaikan dengan kapasitas produksi pada stasiun kerja *bottleneck* sehingga pesanan datang sesaat sebelum dikerjakan di stasiun kerja *bottleneck*.

Penjadwalan stasiun kerja *non bottleneck* berpatokan pada hasil dari stasiun kerja 10 yang merupakan stasiun kerja *bottleneck*. Dalam melakukan penjadwalan di stasiun kerja *non bottleneck*

bottleneck, dipisahkan antara stasiun kerja sebelum dan sesudah stasiun kerja *bottleneck*. Penjadwalan sebelum stasiun kerja *bottleneck* menggunakan aturan *backward scheduling* (penjadwalan mundur), yaitu menjadwalkan selambat mungkin, namun tetap tiba tepat waktu di stasiun kerja *bottleneck*. *Starting time* suatu *order* di stasiun kerja *bottleneck* merupakan *completion time* untuk pesanan tepat sebelum stasiun kerja *bottleneck*. Hasil penjadwalan menggunakan *backward scheduling* menghasilkan waktu mulai yaitu pada jam ke 136,213 masih di dalam jadwal *feasible* (layak). Hal ini dapat dilihat dari waktu mulai yang tidak kurang dari *pre order* pesanan terakhir. Penjadwalan stasiun kerja setelah stasiun kerja *bottleneck* menggunakan aturan penjadwalan maju (*forward scheduling*), yaitu menjadwalkan sesegera mungkin dalam penyelesaian suatu pesanan. *Completion time* suatu *order* di stasiun kerja *bottleneck* merupakan *starting time order* tersebut pada stasiun kerja tepat setelah stasiun kerja *bottleneck*. Penjadwalan maju menghasilkan waktu selesai pengerjaan pesanan, yaitu jam ke 319,719. Terjadi keterlambatan dalam penyelesaian *order* sesuai dengan *due date* terbesar. Urutan *order* dari hasil penjadwalan adalah 17,11, 21, 20, 19, 18, 24, 14, 22, 10, 4, 7, 3, 23, 15, 9, 13, 5, 1, 8, 2, 16, 12, dan 6. Urutan Penjadwalan Produksi Perusahaan menghasilkan *makespan* sebesar 30,0416 hari dan *Gantt Chart* Penjadwalan Produksi Usulan menghasilkan *makespan* sebesar 26,215 hari.

5. KESIMPULAN

Perencanaan produksi yang tepat untuk memperoleh waktu penyelesaian *order* minimum adalah dengan menjadwalkan setiap stasiun kerja berdasarkan stasiun kerja *bottleneck*. Berdasarkan pengolahan data dan analisis hasil, *bottleneck* terjadi di Stasiun kerja Penyusunan Kertas Isi (SK 10). Penjadwalan produksi berdasarkan stasiun kerja *bottleneck* menghasilkan urutan *order* dari stasiun kerja 1 sampai dengan stasiun kerja 13 dengan *makespan* sebesar 26,215 hari. *Makespan* tersebut lebih singkat dibandingkan dengan *makespan* perusahaan yang besarnya 30,041 hari.

DAFTAR PUSTAKA

Baker, K.R., 1974, Introduction to Sequencing and Scheduling, John Wiley and Sons, Inc., New York.

- Bedworth, D.D, dan Bailey, J.E., 1987, Integrated Production and Control System: Management, Analysis, and Design, John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Fogarty, D.W., Blackstone, J.H., dan Hoffmann, T.R., 1991, Production and Inventory Management, 2nd Edition, South-Western Publishing Co., Cincinnati, Ohio.
- Gasperzs, V., 2001, Production Planning and Inventory Control Berdasarkan Pendekatan Sistem Terintegrasi MRP II dan JIT Menuju manufacturing 21, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Ginting, R., 2007, Sistem Produksi, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Ginting, R., 2009, Penjadwalan Mesin, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Hansen, D.R., dan Mowen, M. M., 2000, Akuntansi Manajemen Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- Iriadi, D. W., 2005, Penjadwalan Sistem Produksi Job Shop Menggunakan Theory of Constraints dengan Backward dan Forward Scheduling, Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Kushana, D.N.S., Zaini, E., Saleh, A., 2014, Rancangan sistem penjadwalan buku fiksi dengan pendekatan theory of constraints di PT. Mizan Grafika Sarana, Jurnal Teknik Industri Itenas, Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- Narasimhan, S.L., McLeavy, D.W., dan Billington, P.J., 1995, Production and Planning Inventory Control, Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Nasution, A.H dan Prasetyawan, Y., 2008, Perencanaan dan Pengendalian Produksi, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Tersine, R.J., 1994, Principles of Inventory and Materials Management, 4th Edition, Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Umble, M.M., dan Srikanth, M.L., 1996, Synchronous Manufacturing, The Spectrum Publishing Company, Inc., Boston.
- Zijm, W.H.M., dan Buitenhok, R., 1996, Capacity planning and lead time management, International Journal of Economic, University of Twente, Netherland.