

Pengurangan *Work In Process Inventory* di Stasiun Kerja *Bottleneck* Menggunakan Pendekatan *Theory Of Constraint (TOC)*

Suwandi*, Chaznin R. Muhammad, Reni Amaranti

Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia

*Suwandim20@gmail.com, chaznin_crm@yahoo.co.id, reniamaranti2709@yahoo.com

Abstract. CV. Pustaka Setia is a company engaged in publishing and printing books. The obstacle experienced by CV Pustaka Setia is the occurrence of accumulation (*Work In Process inventory*) at the folding work station. The buildup that occurs has resulted in the company not achieving the production target that has been set within a predetermined time limit. The problems faced by this company are solved by using the approach *Theory of Constraint (TOC)*. The stage *TOC* carried out by identifying the constraint in the company by calculating the capacity, this is because the constraint contained in the company is a capacity constraint. The stages are continued with constraint exploitation using a linear program to find out the maximum number of companies producing books with the company's capacity. Scheduling is *Campbell dudeck and smith (CDS)* done by changing the transfer system to a batch process equal to the transfer batch, in order to reduce stacking. The stage is continued on subordination of non-sources constraint by making print work stations able to maximize work stations that experience buildup and is carried out using the method *Drum Buffer Rope (DBR)*. Based on data processing until it reaches the stage of subordination, the stacking constraint still occurs, then the constraint elevation is carried out. The constraint elevation was carried out by adding the capacity of the folding work station to 3 work shifts and subcontracting 1815 copies of the book at the folding work station so that the company was able to reduce the buildup and meet existing needs.

Keywords: *Work In Process Inventory, Theory of Constraint, Drum Buffer Rope.*

Abstrak. CV. Pustaka Setia perusahaan yang bergerak dibidang penerbitan dan percetakan buku. Kendala yang dialami oleh CV Pustaka Setia ialah terjadinya penumpukan (*Work In Process inventory*) pada stasiun kerja pelipatan. Penumpukan yang terjadi mengakibatkan perusahaan tidak mencapai target produksi yang telah ditetapkan dengan batas waktu yang telah ditentukan. Permasalahan yang dihadapi perusahaan ini diselesaikan dengan menggunakan pendekatan *Theory of Constraint (TOC)*. Tahapan *TOC* dilakukan dengan cara mengidentifikasi *constraint* pada perusahaan dengan melakukan perhitungan kapasitas, hal ini dikarenakan *constraint* yang terdapat pada perusahaan ialah *capacity constraint*. Tahapan dilanjutkan dengan *eksploitasi constraint* menggunakan program linier untuk mengetahui maksimal perusahaan memproduksi buku dengan kapasitas yang dimiliki perusahaan. Penjadwalan *Campbell dudeck and smith (CDS)* dilakukan dengan mengubah sistem transfer menjadi *batch* proses sama dengan *batch transfer*, guna mengurangi penumpukan. Tahapan dilanjutkan pada subordinasi sumber non *constraint* dengan membuat stasiun kerja cetak bisa memaksimalkan stasiun kerja yang mengalami penumpukan dan dilakukan dengan menggunakan metode *Drum Buffer Rope (DBR)*. Berdasarkan pengolahan data hingga mencapai tahapan subordinasi *constraint* penumpukan masih terjadi maka dilakukan elevasi *constraint*. Elevasi *constraint* dilakukan dengan menambahkan kapasitas stasiun kerja pelipatan menjadi 3 shift kerja dan melakukan subkontrak 1815 eksemplar buku pada stasiun kerja pelipatan sehingga perusahaan mampu mengurangi penumpukan dan memenuhi kebutuhan yang ada.

Kata Kunci: *Work In Process Inventory, Theory of Constraint, Drum Buffer Rope.*

A. Pendahuluan

CV. Pustaka Setia merupakan salah satu perusahaan jasa penerbit serta percetakan yang berdiri sejak 1993. Perusahaan ini mencetak dan memproduksi buku untuk berbagai bidang keilmuan. Adapun buku-buku yang dikeluarkan ialah buku cerita rakyat, kamus, intisari, filsafat dan dakwah islamiyah. Selain itu, perusahaan ini juga mengeluarkan buku yang berbasis kurikulum SD, SMP, SMA, SMK, Madrasah, hingga Perguruan Tinggi. Konsumen dari CV pustaka setia terdiri dari sekolah, institusi, dan distributor di seluruh Indonesia. Strategi yang digunakan dalam merespon *customer* yaitu *hybrid* antara *make to stock* (MTS) dan *make to order* (MTO). Buku yang ada pada CV Pustaka Setia dengan cara alur proses pembuatan plat, pencetakan, pelipatan, penyusunan, pemasangan *cover*, pemotongan 3 sisi dan *packing*. *Cover* buku diproduksi pada lini produksi yang berbeda. Desain *cover* yang telah disetujui langsung menuju proses plating, pencetakan *cover* dan *cover* langsung dikirimkan ke stasiun pelapisan pernis untuk membuat tampilan *cover* menjadi lebih mengkilap.

Kondisi lini produksi pada saat pengamatan terjadi penumpukan. Hal ini dicurigai karena ketidakseimbangan produksi. Ketidakseimbangan aliran pada rantai produksi ini merupakan salah satu faktor munculnya *waste* yaitu *work in process* (WIP) dan *idle/waiting* di stasiun kerja [1]. Adanya fenomena *work in process* (WIP) *inventory* atau terjadinya *bottleneck* terjadi karena kapasitas stasiun kerja lebih kecil atau sama dengan kapasitas stasiun kerja sebelumnya [2]. Selain perbedaan kapasitas WIP *inventory* dapat terjadi dikarenakan metode *transfer batch*, hal ini merupakan kuantitas unit yang dipindahkan dalam waktu bersamaan dari stasiun kerja 1 ke stasiun kerja lainnya [3]. Kendala kapasitas yang dialami CV Pustaka Setia ini menyebabkan proses produksi yang dilakukan tidak dapat memenuhi target produksinya, di mana ini mengakibatkan perusahaan kehilangan keuntungannya. Kehilangan keuntungan itu dikarenakan biaya produksi pada awal pembuatan buku yang telah direncanakan tidak sesuai dengan perintah produksi yang ada, dengan tidak tercapainya target produksi tersebut perusahaan menanggung kerugian yang cukup besar.

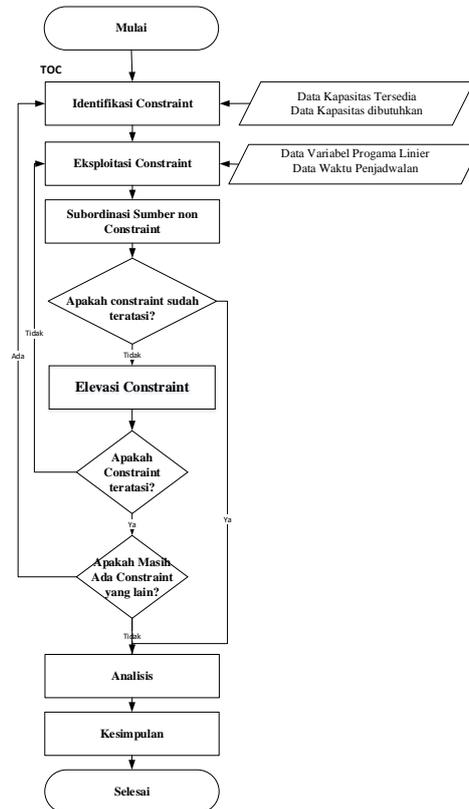
Berdasarkan permasalahan yang terjadi pada CV. Pustaka Setia diduga ialah ketidakseimbangan aliran produksi, hal tersebut mengakibatkan terhambatnya proses produksi serta nilai *throughput* yang diperoleh perusahaan. Permasalahan tersebut diselesaikan dengan pendekatan *theory of constraint* (TOC), karena pendekatan tersebut diyakini tepat pada permasalahan yang ada. Pemilihan pendekatan tak lepas dari rujukan penelitian terdahulu, yaitu penelitian dari Prasetyaningsih, Amaranti, dan Deferinanda. Penelitian tersebut mengenai peningkatan kinerja stasiun kerja *bottleneck* pada pembuatan alas kaki dengan *theory of constraints*. Adapun alat perbaikannya ialah *drum buffer rope*, DBR ini digunakan untuk mengatasi constraint berupa selisih antara jumlah upper dan outsole (bottom)[4]. Langkah yang akan dilakukan pada penelitian kali ini sesuai dengan tahapan perbaikan yang ada pada TOC itu sendiri, namun pada tahapan subordinasi dilakukan dengan menggunakan metode *drum buffer rope* (DBR) dan penjadwalan. Dengan adanya langkah perbaikan tersebut diharapkan penelitian ini dapat meminimasi adanya WIP serta memaksimalkan *throughput* yang didapatkan oleh perusahaan.

B. Metodologi Penelitian

Penelitian dilakukan dalam 3 tahap yaitu tahap awal, tahap pengumpulan data, dan tahap perancangan perbaikan dengan *theory of constraint* (TOC). Tahap awal merupakan tahap perancangan penelitian yang terdiri dari identifikasi masalah, penentuan tujuan penelitian, dan perancangan tahapan penelitian. Tahap pengumpulan data merupakan tahap mengumpulkan semua data yang dibutuhkan dalam setiap tahap penyelesaian masalah sesuai dengan pendekatan *theory of constraint*. Pendekatan *theory of constraint* (TOC) merupakan suatu filosofi perbaikan secara berkesinambungan yang memusatkan pengidentifikasian dan pengaturan constraint untuk mencapai tujuan perusahaan secara menyeluruh [3]. *Theory of constraint* lebih ditekankan pada pengoptimalan pemanfaatan stasiun constraint [6].

Tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan pada perusahaan menggunakan langkah-langkah TOC yang terdiri dari identifikasi *constraint*, *eksploitasi constraint*, subordinasi *constraint* dan elevasi *constraint*. Identifikasi *constraint* dilakukan

dengan melakukan perhitungan kapasitas dan dibandingkan dengan permintaan yang ada, kapasitas yang memiliki beban yang sama atau lebih dengan permintaan maka kapasitas tersebut menjadi *constraint* yang akan diperbaiki. Tahapan dilanjutkan dengan *eksploitasi constraint* dengan menggunakan metode program linier dan penjadwalan CDS. Program linier dilakukan untuk menemukan maksimasi kapasitas dimiliki perusahaan dan penjadwalan dilakukan dengan kapasitas maksimal dari program linier yang ada. Tahapan selanjutnya adalah *subordinasi non constraint* dengan menggunakan metode DBR dan langkah terakhir dilakukan *elevasi constraint* dengan cara menambah jam kerja yang ada.



Gambar 1. Tahapan penelitian

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Identifikasi *Constraint*

Tahapan ini dilakukan untuk mengetahui *constraint* apa yang terjadi pada perusahaan, khususnya *constraint* yang berkaitan langsung dengan permasalahan yang terjadi. Oleh karena itu, penelitian ini fokus pada *Capacity constraint* karena dinilai merupakan *constraint* yang dapat berpengaruh langsung pada penyelesaian masalah pada rantai produksi.

Identifikasi *constraint* dilakukan dengan menentukan stasiun kerja mana yang *bottleneck* dan mana yang *non-bottleneck*. Pada tahap ini dihitung kapasitas tersedia dan kapasitas yang dibutuhkan. Kapasitas dihitung berdasarkan jumlah hari kerja per bulan dan jam kerja per hari [6]. Sedangkan kapasitas yang dibutuhkan dihitung berdasarkan total produksi yang harus dilakukan (dari perintah produksi) dan waktu waktu baku per unit. Total produksi diperoleh dari jumlah perintah produksi selama empat bulan setiap jenis buku, sedangkan waktu baku diperoleh dari waktu yang dikumpulkan dari pengamatan proses. Waktu baku yang digunakan telah dilakukan uji keseragaman dan kecukupan dan telah dipengaruhi faktor kelonggaran dan penyesuaian. Selanjutnya dihitung juga beban dari setiap stasiun kerja. Stasiun kerja yang memiliki beban lebih dari 100% merupakan stasiun kerja *bottleneck*. Hasil perhitungan kapasitas diketahui bahwa stasiun kerja pelipatan memiliki beban sebesar 308,81%. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas yang tersedia di stasiun kerja pelipatan tidak bisa

memenuhi kapasitas yang dibutuhkan sehingga stasiun kerja pelipatan menjadi stasiun kerja *bottleneck*. Stasiun kerja pelipatan ini kemudian akan menjadi fokus perbaikan. Hasil perhitungan kapasitas dan identifikasi stasiun kerja *bottleneck* dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Kapasitas Tahap Identifikasi

SK	A5 (menit)	A4 (menit)	Kap. yang dibutuhkan (menit)	Kap. yang tersedia (menit)	Beban %	Keterangan
Cetak	17.710,75	74.870,49	92.581,25	99.840	92,73	NB
Pelipatan	29.490,71	124.669,10	154.159,81	49.920	308,81	B
Penyusunan	9.303,31	20.699,38	30.002,68	149.760	20,03	NB
Blok Lem	9.860,65	5.918,62	15.779,27	49.920	31,61	NB
Potong 3 sisi	1.972,13	1.972,87	3.945,00	49.920	7,90	NB
<i>Packing</i>	1.425,45	2.479,78	3.905,22	49.920	7,82	NB

Keterangan: NB = *Non bottleneck*; B = *Bottleneck*

Eksplorasi *Constraint*

Eksplorasi constraint dilakukan dengan cara memaksimalkan kinerja pada stasiun kerja *bottleneck* untuk mendapatkan throughput yang tinggi. *Eksplorasi* dilakukan dengan menggunakan 2 metode yaitu progama linier untuk melihat jumlah produk yang harus diproduksi agar dapat memperoleh throughput yang maksimum dan melakukan penjadwalan untuk memaksimalkan kinerja stasiun kerja *bottleneck*. Untuk penjadwalan digunakan metode *Campbell dudeck and smith* (CDS).

Penentuan jumlah produk yang dapat dihasilkan dilakukan dengan menggunakan metode progama linier. Program linier merupakan suatu cara dalam menyelesaikan permasalahan pengalokasian sumber daya yang tertentu di antara beberapa kegiatan, dengan cara paling baik yang mungkin untuk dilakukan [7]. Variabel keputusan untuk program linier adalah kuantitas produksi buku A5 (X_1) dan kuantitas buku A4 (X_2). Fungsi tujuan ditetapkan untuk memaksimalkan hasil penjualan buku. Batasan yang digunakan untuk program linier adalah kapasitas setiap stasiun kerja, jumlah buku minimal yang harus diproduksi, serta batasan non negatif.

$$\begin{aligned}
 &\text{Maksimasi } Z = 46.750 X_1 + 59.500 X_2 && \dots\dots\dots(1) \\
 &\text{s.t} \\
 &0,362 X_1 + 1,376 X_2 \leq 99.840 && \dots\dots\dots(2) \\
 &0,603 X_1 + 2,292 X_2 \leq 49.920 && \dots\dots\dots(3) \\
 &0,190 X_1 + 0,381 X_2 \leq 149.760 && \dots\dots\dots(4) \\
 &0,202 X_1 + 0,109 X_2 \leq 49.920 && \dots\dots\dots(5) \\
 &0,040 X_1 + 0,036 X_2 \leq 49.920 && \dots\dots\dots(6) \\
 &0,029 X_1 + 0,046 X_2 \leq 49.920 && \dots\dots\dots(7) \\
 &X_1 \leq 48.900 && \dots\dots\dots(8) \\
 &X_2 \leq 54.400 && \dots\dots\dots(9) \\
 &X_1 \geq 2.500 && \dots\dots\dots(10) \\
 &X_2 \geq 1.500 && \dots\dots\dots(11) \\
 &X_1 \geq 0 && \dots\dots\dots(12) \\
 &X_2 \geq 0 && \dots\dots\dots(13)
 \end{aligned}$$

Perhitungan jumlah buku yang diproduksi sesuai model progama linier di atas dilakukan dengan menggunakan WinQsb. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa jumlah buku A5 sebanyak 48.900 eksemplar dan jenis A4 sebanyak 8.884 eksemplar dengan throughput maksimal sebesar Rp 2.814.675.000. Hasil perhitungan selengkapnya dijelaskan pada Gambar

2. sedangkan hasil perhitungan kapasitas setelah perubahan jumlah produk yang diproduksi digambarkan pada Tabel 2.

21-10-12		Sunday	January	16	2022			
Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)	
1	X1	48.900.0000	46.750.0000	2.286.075.000.0000	0	basic	15.599.3500	M
2	X2	8.884.0440	59.500.0000	528.600.600.0000	0	basic	0	178.316.8000
Objective Function (Max.) =			2.814.675.000.0000					
Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	
1	C1	29.863.9800	<=	99.840.0000	69.976.0200	0	29.863.9800	M
2	C2	49.920.0000	<=	49.920.0000	0	25.869.5700	32.936.7000	154.606.7000
3	C3	12.666.9400	<=	149.760.0000	137.093.1000	0	12.666.9400	M
4	C4	10.739.4800	<=	49.920.0000	39.180.5200	0	10.739.4800	M
5	C5	1.346.7260	<=	49.920.0000	48.573.2700	0	1.346.7270	M
6	C6	1.817.8820	<=	49.920.0000	48.102.1200	0	1.817.8830	M
7	C7	48.900.0000	<=	48.900.0000	0	31.150.6500	2.500.0000	77.064.6800
8	C8	8.884.0440	<=	54.400.0000	45.515.9600	0	8.884.0430	M
9	C9	48.900.0000	>=	2.500.0000	46.400.0000	0	-M	48.900.0000
10	C10	8.884.0440	>=	1.500.0000	7.384.0440	0	-M	8.884.0440
11	C11	48.900.0000	>=	0	48.900.0000	0	-M	48.900.0000
12	C12	8.884.0440	>=	0	8.884.0440	0	-M	8.884.0440

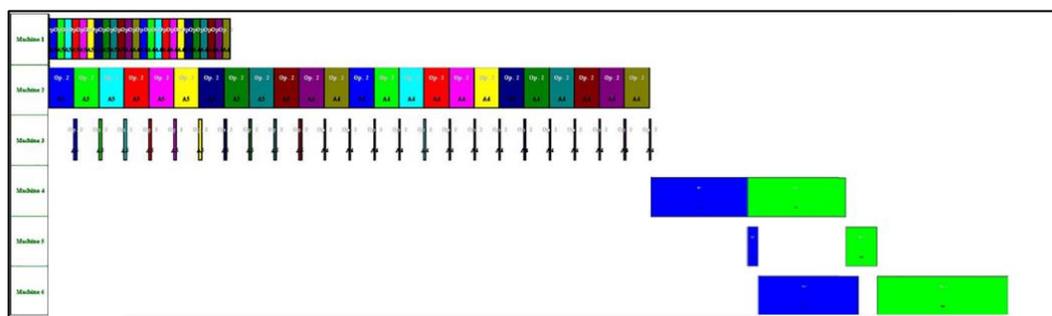
Gambar 2. Hasil perhitungan dengan WinQsb

Tabel 2. Rekapitulasi Kapasitas pada Tahap Eksploitasi

SK	A5 (menit)	A4 (menit)	Kap yang Dibutuhkan (menit)	Kap. Yang Tersedia (menit)	Beban %	Keterangan
Cetak	17.701,80	12.224,38	29.926,18	99.840	29,97	NB
Pelipatan	29.486,70	20.353,24	49.839,94	49.920	99,84	NB
Penyusunan	9.291,00	3.375,92	12.666,92	149.760	8,46	NB
Blok Lem	9.828,90	959,47	10.788,37	49.920	21,61	NB
Potong 3 sisi	1.026,90	319,82	1.346,72	49.920	2,70	NB
Packing	1.418,10	399,78	1.817,88	49.920	3,64	NB

Keterangan: NB = Non bottleneck; B = Bottleneck

Selanjutnya dilakukan penjadwalan dengan menggunakan *Campbell, dudeck, and smith* (CDS) yang merupakan salah satu metode *heuristic* untuk menyelesaikan permasalahan mengenai makespan. Metode ini merupakan algoritma yang dikembangkan *Campbell et.al* [8]. Penjadwalan dilakukan dengan membuat sistem batch proses sama dengan batch transfer. Sistem ini dipakai pada SK Cetak, Pelipatan dan Penyusunan. Waktu yang ada diproses menjadi per batch. Batch yang ditentukan ialah 10 batch untuk A5 dan 38 batch untuk A4. Penjadwalan dilakukan menyesuaikan dengan hasil progama linier yaitu 48.900 eksemplar A5 dan 8.884 eksemplar A4. Gambar. 3 merupakan Gantt Chart hasil dari penjadwalan.



Gambar 3. Gantt Chart Penjadwalan

Berdasarkan hasil penjadwalan menyesuaikan dengan permintaan kebutuhan yang diatur secara maksimal sesuai kapasitas perusahaan, didapatkan makespan sebesar 52.597,60 menit. Perusahaan memenuhi permintaan jenis buku A5 namun pada buku A4 hanya dapat memenuhi 8.884 eksemplar. Adapun total penumpukan terjadi penurunan sebanyak 3,61% dari penjadwalan saat ini.

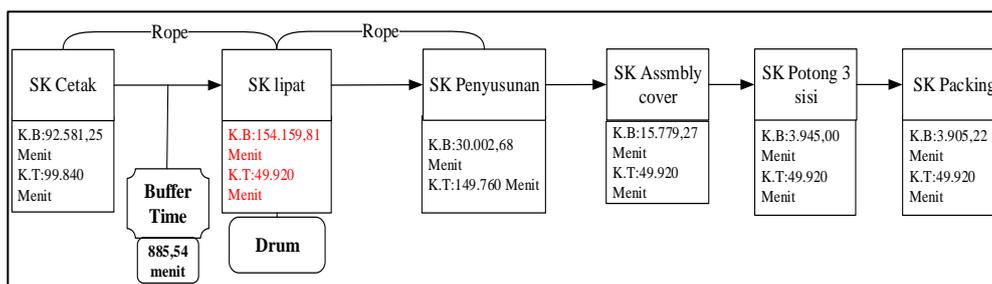
Subordinasi non constraint

Tahapan ini dilakukan dengan menggunakan *drum buffer rope* (DBR). Perbaikan yang dilakukan dengan pendekatan DBR ini dilakukan agar stasiun kerja *non bottleneck* dapat melayani stasiun kerja *bottleneck*. *Drum buffer rope* merupakan metode yang digunakan untuk memaksimalkan kinerja stasiun kerja *bottleneck*. Sistem logistik *drum buffer rope* adalah mekanisme penjadwalan yang terbatas untuk menyeimbangkan aliran sistem [3].

Awal langkah DBR ialah penetapan *drum*. Penetapan drum pada dasarnya telah dilakukan pada tahap identifikasi *constraint*. Hasil rekapitulasi identifikasi *constraint* menunjukkan bahwa stasiun kerja pelipatan merupakan stasiun kerja *bottleneck* sehingga stasiun kerja pelipatan menjadi *drum* untuk tahapan DBR.

Penetapan *buffer* merupakan langkah selanjutnya dari proses DBR. Langkah ini dilakukan untuk mengamankan laju produksi. *Buffer* yang ditentukan pada kali ini ialah *time buffer*. Proses perhitungan dilakukan dengan menyesuaikan penjadwalan untuk memenuhi seluruh permintaan. Pada proses eksploitasi ditentukan bahwa *buffer time* yang dibutuhkan sebesar 885,54 menit maka untuk mengetahui *buffer stock* dilakukan perhitungan dengan membagi *buffer time* dengan waktu baku stasiun kerja cetak pada jenis buku sebesar 0,36 menit. *Buffer stock* yang diperlukan ialah sebanyak 1468 eksemplar buku per 4 bulan atau perusahaan menyediakan *buffer stock* 14 eksemplar buku per harinya agar stasiun kerja pelipatan dapat melakukan kinerja dengan maksimal serta tidak mengalami *idle*.

Menentukan *rope* merupakan langkah terakhir dari tahapan DBR. *Rope* digunakan untuk berkomunikasi dan mendukung *drum* sehingga memastikan aliran terkontrol secara efektif. Penetapan *rope* dilakukan pada SK pelipatan yang terhubung dengan SK cetak dan SK penyusunan. Stasiun kerja lipat memberikan informasi kepada stasiun kerja cetak agar memberikan *buffer stock* sebanyak 14 setiap harinya agar stasiun kerja pelipatan tidak *idle* dan dapat memaksimalkan kinerja. Penggambaran penempatan *drum buffer rope* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Alur penentuan Drum Buffer Rope

Elevasi Constraint

Tahapan *elevasi* dilakukan dengan upaya meningkatkan kapasitas yang dimiliki perusahaan, adapun peningkatan ini merupakan usulan terakhir yang dimiliki karena masih terjadinya *bottleneck* pada SK pelipatan yang ada. Adapun usulan untuk memenuhi permintaan ada dilakukan dengan melakukan penambahan shift menjadi 3 shift (kapasitas menjadi 149.760) dan sub kontrak sebanyak 1.815 eksemplar A4, hal tersebut menurunkan beban kapasitas stasiun kerja hingga 100%. Tabel 3 merupakan rekapitulasi kapasitas usulan perbaikan pada tahap *elevasi constraint*.

Tabel 3. Rekapitulasi Kapasitas Tahap Elevasi

SK	A5 (menit)	A4 (menit)	Kap Dibutuhkan (menit)	Kap. Tersedia (menit)	Beban %	Keterangan	Sub kontrak (eksemplar)
Cetak	17.710,75	74.870,49	92.581,25	99.840	92,73	NB	0
Pelipatan	29.490,7	124.669,10	154.159,81	149.760	100	NB	1815
Penyusunan	9.303,31	20.699,38	30.002,68	149.760	20,03	NB	0
Blok Lem	9.860,65	5.918,62	15.779,27	49.920	31,61	NB	0
Potong 3 sisi	1.972,13	1.972,87	3.945,00	49.920	7,90	NB	0
Packing	1.425,45	2.479,78	3.905,22	49.920	7,82	NB	0

Catatan: NB = *Non bottleneck*; B = *Bottleneck*

Hasil perhitungan kapasitas pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa perusahaan mampu memenuhi kebutuhan produksi dengan melakukan penambahan kapasitas. Penambahan dilakukan dengan menambah *shift* kerja menjadi 3 *shift* serta sub kontrak sebanyak 1815 eksemplar buku sehingga perusahaan memenuhi kebutuhan yang ada. Usulan yang dilakukan dapat membuat perusahaan menyeimbangkan aliran produksi serta mengurangi *work in proses* pada stasiun kerja. Langkah selanjutnya menghitung kembali jumlah produk yang diproduksi dengan WinQSB agar dapat dilihat perubahan *throughput* yang dihasilkan pada usulan.

	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	X1	48.900.0000	46.750.0000	2.286.075.000.0000	0	basic	15.589.5200	M
2	X2	52.585.1500	59.500.0000	3.128.817.000.0000	0	basic	0	178.429.2000
	Objective	Function	(Max.) =	5.414.892.000.0000				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	C1	90.171.5100	<=	99.840.0000	9.668.4880	0	90.171.5200	M
2	C2	149.760.0000	<=	149.760.0000	0	25.982.5300	32.775.0000	153.916.0000
3	C3	29.273.3600	<=	149.760.0000	120.486.6000	0	29.273.3600	M
4	C4	20.297.0300	<=	49.920.0000	29.622.9700	0	20.297.0300	M
5	C5	3.081.4060	<=	49.920.0000	46.838.5900	0	3.081.4060	M
6	C6	34.846.5500	<=	49.920.0000	15.073.4500	0	34.846.5500	M
7	C7	48.900.0000	<=	48.900.0000	0	31.160.4800	41.973.3400	97.305.8500
8	C8	52.585.1500	<=	54.400.0000	1.814.8470	0	52.585.1500	M
9	C9	48.900.0000	>=	2.500.0000	46.400.0000	0	-M	48.900.0000
10	C10	52.585.1500	>=	1.500.0000	51.085.1500	0	-M	52.585.1500

Gambar 5. Hasil Win Qsb Elevasi

Berdasarkan Gambar 4, *throughput* berubah menjadi sebesar Rp 5.414.892.000 dengan jumlah buku yang dihasilkan sebanyak 48.900 eksemplar buku A5 dan 52.585 eksemplar buku A4. Sub kontrak yang akan dilakukan untuk memenuhi jenis buku A4 ialah sebanyak 1.815. Hal ini dilakukan agar dapat memenuhi perintah produksi A4 sebanyak 54.400 eksemplar. Usulan menambah kapasitas dan subkontrak untuk memenuhi permintaan akan berpengaruh pada biaya yang dikeluarkan. Adapun biaya yang dikeluarkan dengan biaya 3 shift pada stasiun kerja pelipatan, sub kontrak sebanyak 1815, serta overtime pada stasiun kerja cetak selama 1 jam. Hasil perhitungan diperoleh kebutuhan biaya Rp 56.486.853.

Usulan yang ada dilakukan penjadwalan guna mengetahui penumpukan yang terjadi setelah dilakukan perbaikan. Penjadwalan dilakukan dengan menggunakan CDS dan dihasilkan makspen 65.497,31 menit. Peningkatan makespan ini terjadi karena adanya kenaikan kapasitas pada stasiun kerja pelipatan. Penumpukan yang terjadi pada tahapan elevasi ini berkurang sebanyak 89,41%. Tabel 4 merupakan rekapitulasi perubahan yang terjadi setelah perubahan dilakukan dengan pendekatan *theory of constraint*.

Tabel 4. Rekapitulasi hasil penelitian

No	Kondisi	Makespan	Penumpukan			Throughput (Rp)	Penurunan penumpukan (%)
			A5	A4	Total		
1	Saat ini	190.780	35.685	15.607	51.292		
2	Perbaikan Tahap Eksploitasi	52.335,32	34.216	15.220	49.437	2.814.675.000	3.61
3	Perbaikan Tahap Elevasi	65.497,31	2.923	2.507	5.431	5.414.892.000	89.41

D. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian saat ini mengenai usulan mengurangi *work in process inventory* pada lini produksi, maka dapat disimpulkan beberapa hal yaitu sebagai berikut:

1. *Capacity constraint* merupakan penyebab yang ada pada perusahaan terdapat pada aliran produksi yang tidak seimbang, hal ini disebabkan stasiun kerja yang kapasitasnya sama dengan kapasitas stasiun kerja sebelum atau lebih dari yang dibutuhkan sehingga mengalami *work in proses inventory*.
2. Stasiun kerja yang mengalami *work in proses inventory* ialah stasiun kerja pelipatan.
3. Tahapan perbaikan akhir dilakukan dengan cara elevasi constraint. Perusahaan melakukannya dengan menambah shift kerja menjadi 3 shift dan sub kontrak sebanyak 1.815 eksemplar buku A4 pada stasiun kerja pelipatan, sehingga perusahaan mampu memenuhi permintaan yang ada.
4. Penumpukan yang terjadi pada kondisi saat ini sebesar 35.685 eksemplar buku untuk A5 dan 47.455 eksemplar buku untuk A4 hal ini terjadi selama 4 bulan.
5. Penurunan penumpukan terjadi pada perbaikan tahap elevasi menjadi 2.923 eksemplar buku A5 dan sebanyak 2.507 eksemplar buku A4 yang terjadi 4 bulan.

Acknowledge

Ucapan terima kasih banyak saya sampaikan kepada pihak CV. Pustaka Setia dan seluruh pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Womack, P dan Jones, D. T., 2003. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York, NY: Free Press Simon & Schuster, Inc.
- [2] Sipper, D., dan Buffin, R.L. 1997. *Production Planning, Control & Integration*. New York: McGraw Hill, Inc.
- [3] Tersine, R. J. 1994. *Principles of Inventory and Materials Management*. New Jersey: PTR Prentice-Hall, Inc.
- [4] Prasetyaningsih, E., Deferinanda, C.A., dan Amaranti, R., 2019. *Bottleneck Reduction at The Shoes Production Line using Theory of Constraints Approach*. International Conference on Sustainable Engineering and Creative Computing (ICSECC). Bandung: IEEE
- [5] Goldratt, E.M., dan Cox, J., 2004. *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*, Rev. 3rd ed. New York: Nort River Press.
- [6] Heizer, J., dan Render, B. 2011. *Operations Management*. 10 th Edition. Pearson Education, Inc. New Jersey.
- [7] Dimiyati, T. T., dan Dimiyati, A. 2015. *Operation Research (Model-model Pengambilan Keputusan)*. Bandung: Sinar Baru Algesindo..
- [8] Baker, K.R. dan Trietsch, D., 2019. *Principle of Sequenencing and Scheduling*. Edisi 2. New York: John Wiley & Sons .
- [9] Salimah, Salma, M. Dzikron, Hidayat, Nita P A. (2021). *Reduksi Stasiun Kerja Bottleneck pada Produksi Pakaian Gamis dan Koko dengan Menggunakan Theory of Constraints*. Jurnal Riset Teknik Industri, 1(1).49-57