



## Peningkatan *Throughput* Garmen melalui Perbaikan Stasiun Kerja *Bottleneck* dengan *Theory of Constraint*

Aji Saeful Rohman, Chaznin R. Muhammad\*

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

### ARTICLE INFO

#### Article history :

Received : 7/8/2022

Revised : 20/11/2022

Published : 20/12/2022



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Volume : 2

No. : 2

Halaman : 99-108

Terbitan : Desember 2022

### ABSTRAK

PT. L merupakan suatu perusahaan yang bergerak dalam bidang garmen. Gejala yang ditemui pada perusahaan ini yaitu terjadi penumpukan barang setengah jadi pada Stasiun Kerja Sewing dan Stasiun Kerja Finishing serta terdapat stasiun kerja yang mengalami idle pada Stasiun Kerja Embroidery yang disebabkan oleh kapasitas yang tidak seimbang karena perbedaan waktu proses operasi pada setiap stasiun kerja. Oleh karena itu, kapasitas harus ditingkatkan agar permintaan dapat dipenuhi dan *throughput* yang dihasilkan menjadi maksimal. Peningkatan tersebut dapat dilakukan dengan penerapan langkah – langkah *Theory of Constraint* mulai dari identifikasi constraint, eksploitasi constraint, subordinasi sumber lain serta elevasi constraint. Hasil akhir dari penerapan *theory of constraint* yaitu berupa penerapan overtime pada Stasiun Kerja constraint yaitu Stasiun Kerja Sewing 1 dilakukan penambahan waktu overtime sebanyak satu jam dan untuk Stasiun Kerja Finishing 1, 2, 3 dan Packaging 1 masing – masing sebanyak dua jam. Peningkatan yang terjadi yaitu terdapat pada utilitas stasiun kerja untuk Stasiun Kerja Sewing 1 dari 104,70% menjadi 91,96% sedangkan untuk stasiun kerja Finishing 1, 2, 3 dan Packaging 1 masing – masing dari 123,18%, 127,87%, 116,73% dan 124,12% menjadi 95,81%, 99,45%, 90,79% dan 96,54%. Adanya peningkatan kapasitas tersebut, maka *throughput* yang didapatkan mengalami peningkatan dari Rp. 1.033.868.000 menjadi Rp 1.274.504.000.

**Kata Kunci :** *Theory of Constraint*; Kapasitas; *Throughput*

### ABSTRACT

PT. L is a company engaged in the garment sector. The obstacle encountered in this company is work in process at the Sewing Work Station and the Finishing Work Station and there are work stations are idle at the Embroidery Work Station. These constraints are caused by an unbalanced capacity occurs due to differences in the operating process time at each work station. Therefore, capacity must be increased so that demand can be met and the resulting *throughput* is maximized. This increase can be done by implementing the *Theory of Constraint* steps starting from the identification of constraints, exploitation of constraints, subordination of other sources and elevation of constraints. The final result of the application of the *theory of constraint* is the application of overtime at the constraint work station, namely. Sewing 1, an additional overtime is added for one hour and for Finishing 1, 2, 3, and Packaging 1, two hours each. The increase that occurs is in the utility of work stations for Sewing 1 from 104.70% to 91.96% while for Finishing 1, 2, 3 and Packaging 1, respectively from 123.18%, 127.87%, 116.73% and 124.12% to 95.81%, 99.45%, 90.79% and 96.54%, respectively. With the increase in capacity, the *Throughput* obtained has increased from Rp. 1,033,868,000 to Rp 1,274,504,000.

**Keywords :** *Theory of Constraint*; Capacity; *Throughput*

© 2022 Jurnal Riset Teknik Industri Unisba Press. All rights reserved.

## A. Pendahuluan

PT. L atau PT. LSG merupakan suatu perusahaan yang bergerak pada bidang garmen. Perusahaan ini terletak di Jl. Pasirpanjang No. 126, Gedung 2B, Katapang Kulon, Bandung. PT. LSG memproduksi dua jenis produk yaitu Kemeja Muslim dan Kaus Polo. Secara umum kegiatan proses produksi dilakukan melalui enam Stasiun Kerja yaitu Stasiun Kerja *Marking*, *Cutting*, *Sewing*, *Finishing*, *Embroidery* dan *Packaging*. PT. LSG menerapkan sistem jasa produksi berupa maklun.

Proses produksi yang dilakukan pada PT. LSG terdapat dua gejala. Gejala tersebut berupa penumpukkan barang setengah jadi dan terdapat stasiun kerja yang mengalami *idle*. Penumpukkan barang setengah jadi terdapat pada Stasiun Kerja *Sewing* dan Stasiun Kerja *Finishing* Penumpukkan barang setengah jadi disebabkan oleh ketidakseimbangan kapasitas produksi dari setiap stasiun kerja. Adapun kendala *idle* terjadi pada Stasiun Kerja *Embroidery*. *Idle* terjadi karena proses pada Stasiun Kerja *Embroidery* dilakukan dalam satuan *batch* dengan total produk sebanyak 10 unit, sehingga harus menunggu proses dari stasiun kerja sebelumnya yaitu Stasiun Kerja *Finishing*. Berikut merupakan data kapasitas pada setiap stasiun kerja (SK) dan *demand* dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Data Kapasitas dan *Demand* Periode November – Desember 2021 (unit)

Kode SK	Nama Mesin	Kapasitas Tersedia	<i>Demand</i>	Kelebihan / Kekurangan Kapasitas
M1	Penggelar	180.537	80.784	99.753
C1	Potong	117.260	80.784	36.476
S1	Jahit 1	77.159	80.784	-3.625
S2	Jahit 2	149.546	80.784	68.762
S3	Jahit 3	142.521	80.784	61.737
S4	Jahit 4	132.499	80.784	51.715
S5	Jahit 5	147.214	80.784	66.430
S6	Jahit 6	138.087	80.784	57.303
S7	Jahit 7	131.494	80.784	50.710
F1	Pelubang Kancing	31.204	80.784	-49.580
F2	Pemasang Kancing	28.841	80.784	-51.943
F3	Pembuang Benang	69.205	80.784	-11.579
E1	Bordir	98.978	80.784	18.194
P1	<i>Steam</i>	46.777	80.784	-34.007
P2	<i>Hangtag</i>	95.812	80.784	15.028
P3	<i>Quality Control</i>	82.674	80.784	1.890

Berdasarkan Tabel 1, diketahui bahwa terdapat kekurangan kapasitas antara kapasitas yang tersedia dengan *demand* yaitu rata – rata sebesar -30.147 unit. berdasarkan hal tersebut, permintaan konsumen tidak dapat terpenuhi. Selain itu, kekurangan kapasitas tersebut dapat dipenuhi oleh perusahaan dengan melakukan *backorder* sesuai kesepakatan kedua belah pihak. Akan tetapi, terdapat dampak dari kekurangan pemenuhan permintaan yaitu membuat kepercayaan terhadap perusahaan menjadi menurun. Oleh karena itu, stasiun kerja tersebut disebut sebagai stasiun kerja *constraint* dan perusahaan akan sulit untuk mendapatkan *throughput* dengan maksimal. Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka tujuan dari penelitian ini yaitu: 1) Mengidentifikasi jenis *constraint* dan penyebab *constraint* pada proses produksi; 2) Mengidentifikasi pengaruh *constraint* terhadap *throughput*; 3) Mengidentifikasi cara mengatasi *constraint* untuk meningkatkan *throughput*.

**B. Metode Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk dapat meningkatkan *throughput* pada perusahaan dengan melakukan upaya perbaikan melalui beberapa tahapan *Theory of Constraint* (TOC). TOC dapat diartikan sebagai suatu filosofi perbaikan secara berkesinambungan yang memusatkan pada pengidentifikasian dan pengaturan *constraint* untuk mencapai tujuan perusahaan. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah wawancara, observasi, dan studi pustaka [1]–[3].

Setiap perusahaan pasti memiliki kendala [4]. Kendala tersebut dapat diatasi dengan melakukan perbaikan berdasarkan *Theory of Constraint* yaitu sebagai berikut [5]: 1) Identifikasi *constraint* (*identifying the constraint*). Suatu langkah yang dilakukan untuk mengidentifikasi sistem sehingga dapat diketahui sistem manakah yang paling rendah, identifikasi *constraint* berarti juga memprioritaskan *constraint* sesuai dampak yang ditimbulkan terhadap tujuan; 2) Eksploitasi *constraint* (*exploiting the constraint*). Suatu langkah yang dilakukan untuk memaksimalkan jumlah *throughput* yang dihasilkan oleh kendala; 3) Subordinasi pada sumber lain (*subordinating the remaining resources*). Suatu langkah yang dilakukan untuk mengetahui seluruh komponen dalam sistem seperti *non-constraint* sehingga harus disesuaikan untuk mendukung efektivitas *constraint* secara maksimum; 4) Elevasi *constraint* (*elevating the constraint*). Ketika *constraint* masih ada dan mempengaruhi sistem, maka dilakukan perbaikan performansi dengan adanya perubahan terhadap sistem seperti modal, reorganisasi atau modifikasi substansi sistem; 5) Mengulangi proses keseluruhan (*repeating the process*). Tahap ini merupakan tahap yang membuat TOC menjadi proses yang berkelanjutan (*continuous*) sehingga menghasilkan sebuah siklus.

**C. Hasil dan Pembahasan**

**Perhitungan Waktu Baku**

Perhitungan waktu baku dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan secara wajar oleh seorang pekerja normal untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dalam sistem kerja yang terbaik [6], [7]. Rekapitulasi perhitungan waktu baku dapat dilihat pada Tabel 2 sampai Tabel 4 berikut.

**Tabel 2.** Rekapitulasi Waktu Baku Produk Kaus Polo 1

Jenis Produk	Kode SK	Nomor Operasi	Ws (menit)	Penyesuaian	Wn (menit)	Kelonggaran	Wb (menit)
Kaus Polo 1	M1	1	1,98	1,11	2,20	1,15	2,52
		2	1,69	1,11	1,88	1,15	2,15
	C1	3	6,99	1,11	7,76	1,20	9,31
	S1	4	3,10	1,05	3,25	1,16	3,77
	S2	5	1,55	1,05	1,62	1,16	1,88
	S3	6	1,65	1,05	1,73	1,16	2,01
	S4	7	1,64	1,05	1,73	1,16	2,00
	S5	8	1,46	1,05	1,53	1,16	1,78
	S6	9	1,69	1,05	1,77	1,16	2,06
	S7	10	1,73	1,05	1,82	1,16	2,11
	F1	11	0,88	1,11	0,98	1,16	1,13
	F2	12	0,92	1,11	1,02	1,16	1,18
	F3	13	0,87	1,11	0,97	1,16	1,12
	E1	14	3,44	1,11	3,81	1,11	4,23
	P1	15	1,76	1,11	1,96	1,17	2,28
	P2	16	0,47	1,11	0,52	1,17	0,61
	P3	17	1,41	1,11	1,56	1,23	1,91

**Tabel 3.** Rekapitulasi Waktu Baku Produk Kaus Polo 2

Jenis Produk	Kode SK	Nomor Operasi	Ws (menit)	Penyesuaian	Wn (menit)	Kelonggaran	Wb (menit)
Kaus Polo 2	M1	1	2,22	1,11	2,46	1,15	2,82
		2	1,77	1,11	1,97	1,15	2,25
	C1	3	7,03	1,11	7,80	1,20	9,36
	S1	4	3,29	1,05	3,45	1,16	4,01
	S2	5	1,72	1,05	1,81	1,16	2,09
	S3	6	1,81	1,05	1,90	1,16	2,20
	S4	7	1,72	1,05	1,80	1,16	2,09
	S5	8	1,55	1,05	1,63	1,16	1,89
	S6	9	1,86	1,05	1,95	1,16	2,26
	S7	10	1,97	1,05	2,07	1,16	2,40
	F1	11	1,03	1,11	1,14	1,16	1,32
	F2	12	1,10	1,11	1,22	1,16	1,41
	F3	13	0,92	1,11	1,02	1,16	1,18
	E1	14	1,96	1,11	2,18	1,11	2,42
	P1	15	2,00	1,11	2,22	1,17	2,59
	P2	16	0,50	1,11	0,56	1,17	0,65
	P3	17	1,45	1,11	1,61	1,23	1,98

**Tabel 4.** Rekapitulasi Waktu Baku Produk Kemeja Muslim

Jenis Produk	Kode SK	Nomor Operasi	Ws (menit)	Penyesuaian	Wn (menit)	Kelonggaran	Wb (menit)
Kemeja Muslim	M1	1	2,46	1,11	2,73	1,15	3,12
		2	1,89	1,11	2,10	1,15	2,40
	C1	3	7,07	1,11	7,85	1,20	9,42
	S1	4	3,48	1,05	3,66	1,16	4,24
	S2	5	1,93	1,05	2,02	1,16	2,34
	S3	6	1,92	1,05	2,01	1,16	2,33
	S4	7	2,97	1,05	3,12	1,16	3,62
	S5	8	2,73	1,05	2,87	1,16	3,33
	S6	9	2,04	1,05	2,14	1,16	2,48
	S7	10	2,23	1,05	2,34	1,16	2,72
	F1	11	2,59	1,11	2,87	1,16	3,33
	F2	12	2,60	1,11	2,89	1,16	3,35
	F3	13	0,99	1,11	1,10	1,16	1,28
	E1	14	5,64	1,11	6,26	1,11	6,95
	P1	15	2,24	1,11	2,49	1,17	2,90
	P2	16	0,53	1,11	0,59	1,17	0,68
	P3	17	1,49	1,11	1,65	1,23	2,02

**Tahapan Identifikasi Constraint**

Tahapan identifikasi *constraint* dilakukan dengan menghitung kapasitas yang dibutuhkan (*Requirement Capacity*) atau RC dan kapasitas yang tersedia (*Available Capacity*) atau AC pada perusahaan. Kemudian dilakukan perhitungan beban dengan membandingkan antara kedua kapasitas tersebut. Jika nilai *persentase* lebih besar dari 100% maka untuk stasiun kerja tersebut merupakan stasiun kerja *bottleneck* begitupula sebaliknya. Contoh perhitungan AC, RC dan beban pada stasiun kerja dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned}
 \text{AC pada stasiun kerja C1} &= \text{hari kerja} \times \text{jumlah mesin} \\
 &= 2 \text{ bulan} \times 24 \text{ hari} \times 7 \text{ jam} \times 60 \text{ menit} \times 2 \\
 &= 40.320 \text{ menit} \\
 \text{RC pada stasiun kerja C1} &= \sum(\text{Waktu baku operasi} \times \text{total batch pengerjaan})
 \end{aligned}$$

$$= (9,31 \times 1.690,8) + (9,36 \times 1.037,12) + (9,42 \times 503,44)$$

$$= 30.186,33 \text{ menit}$$

Beban pada stasiun kerja C1 = (RC / AC) x 100%

$$= (30.186,33 \text{ menit} / 40.320 \text{ menit}) \times 100\%$$

$$= 74,87\%$$

Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan beban pada setiap stasiun kerja dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Rekapitulasi Stasiun Kerja *Bottleneck* dan *Non-bottleneck*

Kode SK	Nomor Operasi	RC (menit)	AC (menit)	Beban (%)	Keterangan
M1	1	15.930,95	40.320	39,51	<i>Non-bottleneck</i>
	2				
C1	3	30.186,33	40.320	74,87	<i>Non-bottleneck</i>
S1	4	316.605,92	302.400	104,70	<i>Bottleneck</i>
S2	5	163.354,47	302.400	54,02	<i>Non-bottleneck</i>
S3	6	171.407,38	302.400	56,68	<i>Non-bottleneck</i>
S4	7	184.372,20	302.400	60,97	<i>Non-bottleneck</i>
S5	8	165.942,56	302.400	54,88	<i>Non-bottleneck</i>
S6	9	176.910,41	302.400	58,50	<i>Non-bottleneck</i>
S7	10	185.780,95	302.400	61,44	<i>Non-bottleneck</i>
F1	11	124.164,44	100.800	123,18	<i>Bottleneck</i>
F2	12	128.888,48	100.800	127,87	<i>Bottleneck</i>
F3	13	94.132,28	80.640	116,73	<i>Bottleneck</i>
E1	14	32.908,43	40.320	81,62	<i>Non-bottleneck</i>
P1	15	200.182,10	161.280	124,12	<i>Bottleneck</i>
P2	16	50.993,78	60.480	84,32	<i>Non-bottleneck</i>
P3	17	157.593,81	161.280	97,71	<i>Non-bottleneck</i>

Tabel 5 menunjukkan informasi bahwa terdapat stasiun kerja dengan kapasitas tersedia kurang dari kapasitas yang dibutuhkan yaitu stasiun kerja S1, F1, F2, F3 dan P1, sehingga stasiun kerja tersebut merupakan *bottleneck*. Adanya *bottleneck* pada sistem menjadi salah satu faktor yang menyebabkan PT. LSG tidak mampu untuk memenuhi target produksi, sehingga *throughput* yang diperoleh tidak maksimum.

**Tahapan Eksploitasi Constraint**

Tahapan eksploitasi *constraint* dilakukan dengan menggunakan metode program linier.dengan tujuan untuk memaksimalkan jumlah *throughput* yang dihasilkan oleh kendala. Program linier dapat mengatasi keterbatasan suatu sumber yang ada pada suatu aktivitas [8]–[10]. Terdapat tiga variabel yang digunakan yaitu  $X_1$  untuk Kaus Polo 1,  $X_2$  untuk Kaus Polo 2 dan  $X_3$  untuk Kemeja Muslim. Adapun fungsi dari persamaan program linier adalah sebagai berikut:

$$\text{Maks } Z = 14.569,06 X_1 + 14.544,49 X_2 + 22.370,94 X_3$$

- M1 :  $0,19X_1 + 0,20X_2 + 0,22X_3 \leq 40.320$
- C1 :  $0,37X_1 + 0,37X_2 + 0,38X_3 \leq 40.320$
- S1 :  $3,77X_1 + 4,01X_2 + 4,24X_3 \leq 302.400$
- S2 :  $1,88X_1 + 2,09X_2 + 2,34X_3 \leq 302.400$
- S3 :  $2,01X_1 + 2,20X_2 + 2,33X_3 \leq 302.400$
- S4 :  $2,00X_1 + 2,09X_2 + 3,62X_3 \leq 302.400$
- S5 :  $1,78X_1 + 1,89X_2 + 3,33X_3 \leq 302.400$
- S6 :  $2,06X_1 + 2,26X_2 + 2,48X_3 \leq 302.400$
- S7 :  $2,11X_1 + 2,40X_2 + 2,72X_3 \leq 302.400$
- F1 :  $1,13X_1 + 1,32X_2 + 3,33X_3 \leq 100.800$
- F2 :  $1,18X_1 + 1,41X_2 + 3,35X_3 \leq 100.800$
- F3 :  $1,12X_1 + 1,18X_2 + 1,28X_3 \leq 80.640$

$$\begin{aligned}
 E1 & : 0,42X_1 + 0,24X_2 + 0,69X_3 \leq 40.320 \\
 P1 & : 2,28X_1 + 2,59X_2 + 2,90X_3 \leq 161.280 \\
 P2 & : 0,61X_1 + 0,65X_2 + 0,68X_3 \leq 60.480 \\
 P3 & : 1,91X_1 + 1,98X_2 + 2,02X_3 \leq 161.280 \\
 X_1 & \leq 42.270 \\
 X_2 & \leq 25.928 \\
 X_3 & \leq 12.586 \\
 X_1, X_2, X_3 & \geq 0
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan rekapitulasi hasil eksploitasi dapat dilihat pada Gambar 1.

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	42.270.0000	14.569.0600	615.834.200.0000	0	basic	12.593.2500	M
2	X2	15.206.0300	14.544.4900	221.164.000.0000	0	basic	9.415.8280	16.694.4000
3	X3	8.800.2680	22.370.9400	196.870.300.0000	0	basic	16.285.3400	34.556.0600
	Objective	Function	(Max.) =	1.033.868.000.0000				
Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS	
1	C1	13.008.5700	<=	40.320.0000	27.311.4400	0	13.008.5600	M
2	C2	24.610.2300	<=	40.320.0000	15.709.7700	0	24.610.2300	M
3	C3	257.647.2000	<=	302.400.0000	44.752.7700	0	257.647.2000	M
4	C4	131.840.8000	<=	302.400.0000	170.559.2000	0	131.840.8000	M
5	C5	138.920.6000	<=	302.400.0000	163.479.4000	0	138.920.6000	M
6	C6	148.177.6000	<=	302.400.0000	154.222.4000	0	148.177.6000	M
7	C7	133.284.9000	<=	302.400.0000	169.115.1000	0	133.284.9000	M
8	C8	143.266.5000	<=	302.400.0000	159.133.5000	0	143.266.5000	M
9	C9	149.532.9000	<=	302.400.0000	152.867.1000	0	149.532.9000	M
10	C10	97.141.9500	<=	100.800.0000	3.658.0450	0	97.141.9500	M
11	C11	100.800.0000	<=	100.800.0000	0	3.435.7950	85.212.6600	104.298.5000
12	C12	76.549.8600	<=	80.640.0000	4.090.1390	0	76.549.8600	M
13	C13	27.475.0300	<=	40.320.0000	12.844.9700	0	27.475.0300	M
14	C14	161.280.0000	<=	161.280.0000	0	3.745.1810	148.963.0000	170.014.5000
15	C15	41.652.8000	<=	60.480.0000	18.827.2000	0	41.652.8000	M
16	C16	128.620.2000	<=	161.280.0000	32.659.8100	0	128.620.2000	M
17	C17	42.270.0000	<=	42.270.0000	0	1.975.8080	30.603.2500	58.815.9400
18	C18	15.206.0300	<=	25.928.0000	10.721.9700	0	15.206.0300	M
19	C19	8.800.2680	<=	12.586.0000	3.785.7320	0	8.800.2680	M
20	C20	42.270.0000	>=	0	42.270.0000	0	-M	42.270.0000
21	C21	15.206.0300	>=	0	15.206.0300	0	-M	15.206.0300
22	C22	8.800.2680	>=	0	8.800.2680	0	-M	8.800.2680

Gambar 1. Rekapitulasi Hasil Eksploitasi

Berdasarkan Gambar 1 diatas, dapat diketahui bahwa solusi untuk mencapai *throughput* maksimal yaitu dengan memproduksi kaus polo 1 sebanyak 42.270 unit, kaus polo 2 sebanyak 15.206,03 unit, dan kemeja muslim sebanyak 8.800,26 unit. Berdasarkan jumlah produksi tersebut, nilai keuntungan yang didapatkan yaitu sebesar Rp. 1.033.868.000. Namun, dengan jumlah produksi tersebut perusahaan tidak dapat memenuhi demand pada produk kaus polo 2 dan kemeja muslim. Sedangkan, *demand* untuk produk kaus polo 2 sebanyak 25.928 unit dan kemeja muslim sebanyak 12.586 unit.

### Subordinasi Sumber Lain

Setelah *bottleneck* berhasil diidentifikasi, dan jumlah produk yang harus di produksi telah diketahui, tahapan selanjutnya dilakukan dengan mengelola sumber daya *non-constraint* berdasarkan *constraint* yang ada. Sumber daya *non-constraint* harus dikelola sehingga *constraint* dapat diutilisasi sampai titik optimal. Pada tahapan ini dilakukan penjadwalan dengan penerapan *Drum Buffer Rope* (DBR) yaitu dengan menentukan letak *drum*, letak *buffer* dan letak *rope* dari lini produksi.

Penentuan letak *drum* ditempatkan pada stasiun kerja *bottleneck* yaitu stasiun kerja S1, F1, F2, F3 dan P1.

Penentuan letak *buffer* ditempatkan berdasarkan kekurangan kapasitas yang dimiliki oleh stasiun kerja *bottleneck*. Contoh perhitungan kekurangan kapasitas yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Kekurangan kapasitas} & = RC - AC \\
 \text{Kekurangan Kapasitas Stasiun Kerja S1} & = 316.650,92 \text{ menit} - 302.400 \text{ menit} \\
 & = 14.205,92 \text{ menit} \approx 3.624,73 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

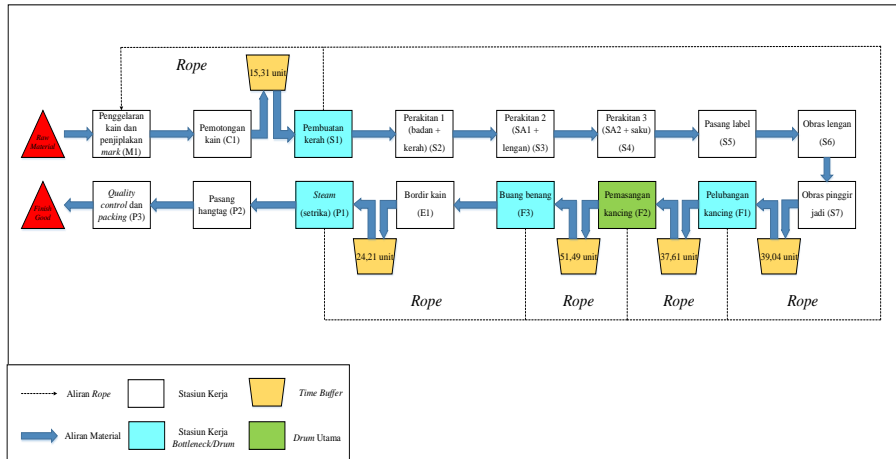
Jumlah *buffer* ditentukan setiap satu jam sehingga:

$$\text{Jumlah buffer} = \frac{\text{kekurangan kapasitas (unit)}}{\text{kekurangan kapasitas (menit)}} \times 60 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah buffer Stasiun Kerja S1} &= \frac{3.624,73}{14.205,92} \times 60 \text{ menit} \\ &= 15,31 \text{ unit} \end{aligned}$$

Penentuan letak *rope* ditempatkan pada stasiun kerja dengan kapasitas yang dimiliki paling kecil yaitu pada stasiun kerja F2 sampai stasiun kerja M1.

Skema *Drum Buffer Rope* dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Skema *Drum Buffer Rope* (DBR)

Berdasarkan Gambar 2, diketahui bahwa terdapat beberapa stasiun kerja yang mengalami *bottleneck*. Stasiun kerja tersebut diberikan *buffer* atau penyangga untuk melakukan umpan balik informasi di setiap stasiun kerja yang memiliki hambatan.

Implementasi *rope* dapat dilakukan dengan melakukan penjadwalan secara mundur (*backward scheduling*) dengan aturan FCFS (*First Come First Serve*). Langkah awal dalam melakukan penjadwalan yaitu dengan menentukan beban kerja stasiun kerja pada setiap produk. Kemudian, melakukan perhitungan *makespan* dengan aturan FCFS seperti pada Tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6. Perhitungan *Makespan* dengan aturan FCFS (menit)

Kode SK	Demand					
	Kemeja Muslim		Kaus Polo 1		Kaus Polo 2	
	Mulai	Selesai	Mulai	Selesai	Mulai	Selesai
M1	0	972,18	972,18	4.916,99	4.916,99	6.459,57
C1	5,52	1.663,34	1.663,34	9.530,73	9.530,73	12.377,92
S1	14,94	2.502,71	2.502,71	13.128,20	13.128,20	17.188,70
S2	19,18	2.505,05	2.505,05	7.808,48	13.130,08	17.190,79
S3	21,53	2.507,38	2.507,38	8.165,99	13.132,09	17.193,00
S4	23,86	2.511,00	2.511,00	8.150,00	13.134,09	17.195,09
S5	27,48	2.514,33	2.514,33	7.518,83	13.135,87	17.196,98
S6	30,81	2.516,81	2.516,81	8.317,04	13.137,93	17.199,24
S7	33,29	2.519,53	2.519,53	8.467,15	13.140,04	17.201,64
F1	36,01	5.904,93	5.904,93	15.484,06	15.484,06	19.507,32
F2	39,34	5.935,46	5.935,46	15.953,11	15.953,11	20.250,48
F3	42,69	5.936,74	5.936,74	17.778,47	17.778,47	22.273,31
E1	55,49	5.943,68	5.943,68	14.893,41	17.782,70	22.274,49
P1	62,44	5.946,59	5.946,59	18.003,34	18.003,34	22.929,09
P2	65,34	5.947,27	5.947,27	14.489,46	18.003,95	22.929,74
P3	66,02	5.949,29	5.949,29	16.062,64	18.005,86	22.931,72

Berdasarkan Tabel 6, diketahui bahwa terdapat beberapa stasiun kerja *bottleneck* mulai melakukan produksi tidak pada waktu ke- 0 menit. Sehingga harus diberikan penyangga atau *buffer stock* agar *lead time* menjadi lebih pendek dan proses produksi berjalan dengan lancar. Contoh perhitungan *buffer stock* pada stasiun kerja *bottleneck* yaitu sebagai berikut:

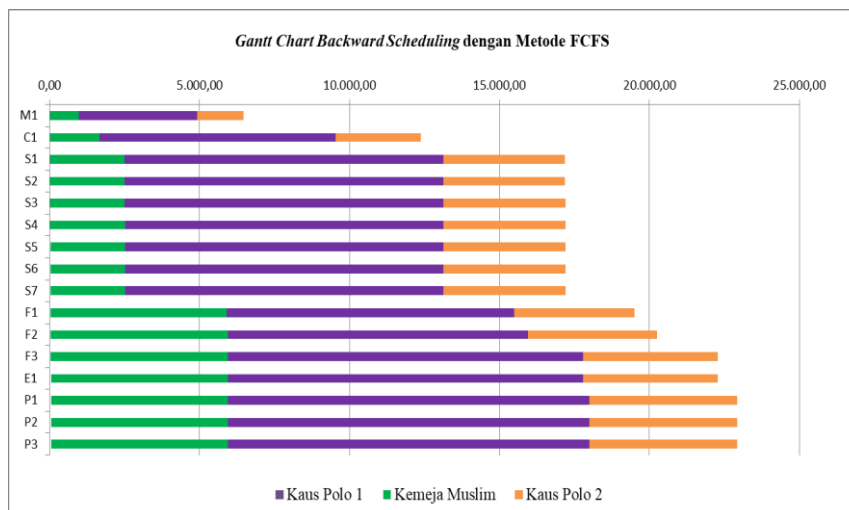
$$\begin{aligned} \text{Buffer Stasiun Kerja S1} &= \text{waktu mulai} / \text{waktu baku} \\ &= 14,94 / 4,24 \\ &= 3,52 \text{ unit} \approx 4 \text{ unit} \end{aligned}$$

Rekapitulasi perhitungan *buffer stock* dapat dilihat pada Tabel 7 dibawah ini.

**Tabel 7.** Rekapitulasi *Buffer Stock*

No	Kode SK	Jumlah Buffer
1	S1	4
2	F1	11
3	F2	12
4	F3	34
5	P1	22

Kemudian penjadwalan digambarkan dalam bentuk *Gantt Chart* dapat dilihat pada Gambar 3 sebagai berikut.



**Gambar 3.** Gantt Chart Backward Scheduling dengan aturan FCFS

Berdasarkan Gambar 3, dapat diketahui bahwa nilai *makespan* yang dibutuhkan untuk memproduksi produk dengan kapasitas optimal yaitu sebesar 22.931,72 menit. Waktu mulai pada stasiun kerja *Bottleneck* dilakukan dengan menerapkan *buffer stock*.

### Tahapan Elevasi Constraint

Perbaikan yang dilakukan yaitu dengan menambah waktu *overtime* pada stasiun kerja *bottleneck*. Penambahan waktu *overtime* tersebut dilakukan untuk memenuhi kekurangan kapasitas yang ada pada stasiun kerja *bottleneck*, sehingga utilitas pada stasiun kerja *bottleneck* kurang dari 100%.

Contoh perhitungan penentuan waktu *overtime* pada stasiun kerja *constraint*:

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan waktu Overtime} &= \text{kekurangan kapasitas} / 60 \text{ menit} / \text{hari kerja} / \text{jumlah mesin} \\ \text{Kebutuhan waktu Overtime SK S1} &= 14.205,92 \text{ menit} / 60 \text{ menit} / 48 \text{ hari} / 15 \\ &= 0,33 \text{ jam} \approx 1 \text{ jam} \end{aligned}$$

Penambahan waktu *overtime* dilakukan pada Stasiun Kerja Sewing 1 sebanyak satu jam, kemudian untuk Stasiun Kerja F1, F2, F3 dan P1 masing – masing sebanyak 2 jam.

Berdasarkan penambahan waktu *overtime* tersebut, AC mengalami peningkatan dan beban kerja menjadi menurun. Berikut merupakan contoh perhitungan AC dan beban kerja pada stasiun kerja *bottleneck*:

$$\text{AC pada stasiun kerja S1} = (\text{hari kerja} \times \text{jumlah mesin}) + \text{Overtime}$$



$$= (2 \text{ bulan} \times 24 \text{ hari} \times 7 \text{ jam} \times 60 \text{ menit} \times 15) + (48 \text{ hari} \times 1 \text{ jam} \times 60 \text{ menit} \times 15)$$

$$= 345.600 \text{ menit}$$

Beban pada stasiun kerja S1 = (RC / AC) x 100%

$$= (316.605,92 / 345.600) \times 100\% = 91,96\%$$

Rekapitulasi beban kerja setelah perbaikan dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

**Tabel 8.** Rekapitulasi beban kerja setelah perbaikan

Kode SK	Nomor Operasi	RC (menit)	AC (menit)	Beban (%)	Keterangan
S1	4	316.605,92	345.600	91,96	Non-bottleneck
F1	11	124.164,44	129.600	95,81	Non-bottleneck
F2	12	128.888,48	129.600	99,45	Non-bottleneck
F3	13	94.132,28	103.680	90,79	Non-bottleneck
P1	15	200.182,10	207.360	96,54	Non-bottleneck

Adanya peningkatan kapasitas tersebut dapat berpengaruh terhadap total *throughput* yang didapatkan.

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	42.270.0000	14.569.0600	615.834.200.0000	0	basic	0	M
2 X2	25.928.0000	14.544.4900	377.109.500.0000	0	basic	0	M
3 X3	12.586.0000	22.370.9400	281.560.600.0000	0	basic	0	M
Objective	Function	(Max.) =	1.274.504.000.0000				
Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1 C1	17.986.6400	<=	40.320.0000	22.333.3600	0	17.986.6400	M
2 C2	30.015.9400	<=	40.320.0000	10.304.0600	0	30.015.9400	M
3 C3	316.693.8000	<=	316.800.0000	106.1777	0	316.693.8000	M
4 C4	163.108.4000	<=	302.400.0000	139.291.6000	0	163.108.4000	M
5 C5	171.329.7000	<=	302.400.0000	131.070.3000	0	171.329.7000	M
6 C6	184.290.8000	<=	302.400.0000	118.109.2000	0	184.290.8000	M
7 C7	166.155.9000	<=	302.400.0000	136.244.1000	0	166.155.9000	M
8 C8	176.886.8000	<=	302.400.0000	125.513.2000	0	176.886.8000	M
9 C9	185.525.0000	<=	302.400.0000	116.875.0000	0	185.525.0000	M
10 C10	123.901.4000	<=	124.800.0000	898.5598	0	123.901.4000	M
11 C11	128.600.2000	<=	129.600.0000	999.8243	0	128.600.2000	M
12 C12	94.047.5200	<=	94.320.0000	272.4815	0	94.047.5200	M
13 C13	32.660.4600	<=	40.320.0000	7.659.5410	0	32.660.4600	M
14 C14	200.028.5000	<=	201.600.0000	1.571.4820	0	200.028.5000	M
15 C15	51.196.3800	<=	60.480.0000	9.283.6200	0	51.196.3800	M
16 C16	157.496.9000	<=	161.280.0000	3.783.1410	0	157.496.9000	M
17 C17	42.270.0000	<=	42.270.0000	0	14.569.0600	0	42.298.1600
18 C18	25.928.0000	<=	25.928.0000	0	14.544.4900	0	25.954.4800
19 C19	12.586.0000	<=	12.586.0000	0	22.370.9400	0	12.611.0400
20 C20	42.270.0000	>=	0	42.270.0000	0	-M	42.270.0000
21 C21	25.928.0000	>=	0	25.928.0000	0	-M	25.928.0000
22 C22	12.586.0000	>=	0	12.586.0000	0	-M	12.586.0000

**Gambar 4.** Hasil *Throughput* dengan Penambahan Kapasitas Berupa *Overtime*

Usulan perbaikan yang dilakukan akan mengeluarkan biaya *overtime*. Berikut ini contoh perhitungan biaya *overtime*:

- UMR Kab. Bandung : Rp. 3.241.929,67
- Upah/jam : 1/173 x Rp. 3.241.929,67 = Rp. 18.739,48
- Upah *overtime* jam ke – 1 : 1,5 x Rp. 18.739,48 = Rp. 28.109,22
- Upah *overtime* jam ke – 2 : 2 x Rp. 18.739,48 = Rp. 37.478,96
- Total upah *overtime* : Rp. 65.588,17
- Biaya *overtime* : Total upah *overtime* x jumlah hari *overtime* x jumlah karyawan
- Biaya *overtime* S1 : Rp. 28.109,22 x 48 hari x 15 orang  
: Rp. 20.238.636,09
- Biaya *overtime* F1 : Rp. 65.588,17 x 48 hari x 5 orang  
: Rp. 15.741.161,40
- Biaya *overtime* F2 : Rp. 65.588,17 x 48 hari x 5 orang  
: Rp. 15.741.161,40
- Biaya *overtime* F3 : Rp. 65.588,17 x 48 hari x 4 orang  
: Rp. 12.592.929,12
- Biaya *overtime* P1 : Rp. 65.588,17 x 48 hari x 8 orang

: Rp. 25.185.858,25

Total biaya *overtime* : Rp. 89.499.746,27

Rekapitulasi hasil perbaikan kapasitas dapat dilihat pada Tabel 9 dibawah ini.

**Tabel 9.** Rekapitulasi Hasil Perbaikan Kapasitas

Kode SK	Kapasitas Tersedia Setelah Perbaikan (menit)	Throughput (Rp)	Total Biaya Overtime (Rp)
S1	345.600		
F1	129.600		
F2	129.600	1.274.504.000	89.499.746,27
F3	103.680		
P1	207.360		

Berdasarkan Tabel 9 diatas, dapat diketahui bahwa hasil perbaikan yang dilakukan mendapatkan hasil peningkatan *throughput* sebesar Rp. 1.274.504.000. dengan total biaya *overtime* yang dikeluarkan yaitu sebesar Rp. 89.499.746 kemudian dengan perbaikan tersebut permintaan konsumen dapat terpenuhi

#### D. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan dalam penelitian ini, peneliti menyimpulkan beberapa hasil penelitian sebagai berikut: 1) *Capacity constraint* merupakan kendala yang ada pada perusahaan. Penyebab *Constraint* ini yaitu waktu proses operasi pada setiap stasiun kerja berbeda sehingga kapasitas yang dimiliki menjadi tidak seimbang; 2) *Capacity constraint* dapat menghambat jalannya produksi sehingga permintaan konsumen tidak dapat terpenuhi. Permintaan tidak terpenuhi seperti pada produk kemeja muslim sebanyak 3.786 unit dan kaus polo 2 sebanyak 10.722 unit. Oleh karena itu, *throughput* yang dihasilkan menjadi tidak maksimal; 3) Tahapan perbaikan akhir dapat dilakukan dengan cara elevasi *constraint* yaitu dengan melakukan penambahan waktu *overtime* pada stasiun kerja *constraint* sebesar 1 jam untuk stasiun kerja S1, dan masing – masing 2 jam untuk stasiun kerja F1, F2, F3 dan P1. Dengan demikian, jumlah *throughput* yang didapatkan mengalami peningkatan dari Rp. 1.033.868.000 menjadi Rp 1.274.504.000.

#### Daftar Pustaka

- [1] J. R. Tersine, *Principles of Inventory and Material Management*, 4th ed. New Jersey: PTR Prentice Hall, Inc., 1994.
- [2] Gusnardi, “TOC : Tinjauan Teori,” *Pekbis J.*, vol. 2, no. 3, pp. 336–345, 2010.
- [3] M. Sulistiowati, “Penerapan TOC Sebagai Alat Bantu Untuk Mengidentifikasi Kendala Dalam Proses Produksi Pada PT. Panca Mas Jaya Prakarsa,” STIE Malang, Malang, 2004.
- [4] D. R. Hansen and M.M. Mowen, *Cost Management: Accounting and Control*. Singapore: South-Western, 2000.
- [5] E. M. Goldratt and J. Cox, *The Goal: A Process of Ongoing Improvement*, 4th ed. New York: North River Press, 2004.
- [6] I. Z. Sitalaksana, R. Anggawisastra, and J. H. Tjakraatmadja, *Teknik Perancangan Sistem Kerja*, 2nd ed. Bandung: ITB Press, 2006.
- [7] S. Wignjosoebroto, *Teknik Tata Cara dan Pengukuran Kerja*. Surabaya: Laboratorium Ergonomi dan Teknik Tata Cara ITS, 1989.
- [8] T. T. Dimiyati and A. Dimiyati, *Operation Research (Model-model Pengambilan Keputusan)*. Bandung: Sinar Baru Algesindo, 2018.
- [9] W. H. Dettmer, *Goldratt’s Theory of Constraints A System Approach to Continuous Improvement*. Winconsin: ASQ Quality Press, 1997.
- [10] E. T. Susdarwono, “PEMROGRAMAN LINIER PERMASALAHAN EKONOMI PERTAHANAN: METODE GRAFIK DAN METODE SIMPLEKS,” *Teorema Teor. dan Ris. Mat.*, vol. 5, no. 1, p. 89, Mar. 2020, doi: 10.25157/teorema.v5i1.3246.