

## PENERAPAN *DRUM-BUFFER-ROPE* PADA STASIUN *BOTTLENECK* PT PHAPROS SEMARANG DENGAN *THEORY OF CONSTRAINT*

Arfan Bakhtiar<sup>1</sup>, Fildzah Nada Ayu Z<sup>2</sup>, Denny Nurkertamanda<sup>3</sup>, Hery Suliantoro<sup>4</sup>, Sri Hartini<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Departemen Teknik Industri

Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jalan Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip,  
Tembalang, Semarang, Indonesia, 50275

email : [nadazlkml@gmail.com](mailto:nadazlkml@gmail.com)

### Abstrak

*PT Phapros merupakan perusahaan manufaktur di bidang farmasi yang memproduksi ratusan jenis obat, dimana PT Phapros mengalami beberapa masalah terkait sistem produksi, salah satunya yaitu memiliki sumber bottleneck pada stasiun kerja tertentu yang mengakibatkan aliran material pada lini produksi menjadi terhambat. Penelitian ini akan membahas mengenai perhitungan waktu siklus, waktu normal dan waktu baku pada setiap stasiun kerja, identifikasi bottleneck pada sejumlah stasiun kerja pada divisi produksi bagian kemas dan menggunakan metode Theory of Constraint yang dapat membantu mengidentifikasi dan mengendalikan sumber constraint dengan beberapa tujuan seperti memaksimalkan throughput, meminimasi inventory, serta rincian perhitungan time buffer dan ilustrasi peta drum buffer rope untuk mengatasi permasalahan.. Kemudian dilakukan pula analisis hasil pengolahan data menggunakan fishbone diagram dan metode 5 whys untuk mengetahui lebih rinci terkait penyebab kendala yang terjadi pada stasiun kerja.*

**Kata kunci :** *drum buffer rope, fishbone diagram, produksi, theory of constraint, 5 whys.*

## I. PENDAHULUAN

Pada umumnya, suatu pabrik sangat sulit untuk mendapatkan kondisi aliran produksi yang sinkron dan selalu berkesinambungan dalam jangka waktu yang lama. PT Phapros mengalami beberapa masalah terkait sistem produksi, salah satunya yaitu memiliki sumber bottleneck pada stasiun kerja tertentu. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan Metode *Theory of Constraint* dalam pengendalian produksi dan menggunakan konsep *Drum-Buffer-Rope* yang dapat membantu mengidentifikasi dan mengendalikan sumber constraint dengan beberapa tujuan seperti memaksimalkan throughput serta meminimasi *inventory*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

*Theory of Constraints* (TOC) diperkenalkan oleh E. Goldratt melalui bukunya *The Goal: A Process of Ongoing Improvement* yang ditulis pada tahun 1986. *Theory of Constraints* (TOC) dimanfaatkan untuk identifikasi dan menemukan solusi optimal dalam meningkatkan kapasitas produksi stasiun kerja pada perusahaan. *Theory of Constraints* juga memfokuskan pada perbaikan yang terus-menerus dengan mengelola kendala dalam suatu sistem (Mustikasari, 2017). TOC digunakan untuk memaksimalkan *throughput* (aliran uang yang masuk ke perusahaan) dengan *inventory* yang lebih minimum. Tujuan tersebut dapat dicapai dengan tindakan-tindakan tertentu dalam TOC seperti minimasi *bottleneck*, inefisien waktu, inefisiensi kegiatan, dll.(Hartini,2011) . TOC berfokus pada 3 kriteria pengukuran operasional, diantaranya (Hartini,2011) :

- a. *Throughput* : hasil produk jadi keseluruhan yang terjual
- b. *Inventory* : pengeluaran untuk proses dari material hingga menjadi *throughput*

c. *Operating expenses* : pengeluaran *inventory* hingga menjadi *throughput*

Beberapa langkah-langkah penerapan metode TOC (Goldratt & Cox, 1984) dengan urutan sebagai berikut: *Identification Constraint*, yaitu mengidentifikasi sumber mana yang memiliki performansi terendah. *Exploiting the Constraint*, yaitu menentukan pemanfaatan yang paling efisien untuk setiap kendala yang mengikat dengan mempertimbangkan perubahan dengan biaya terendah. *Subordinating the Remaining Resources*, yaitu mengevaluasi hal-hal yang lain yang bukan kendala dari pertimbangan pembuatan keputusan, apakah *constraint* tersebut masih menjadi *constraint* pada sistem atau tidak. *Elevating the Constraint*, untuk memperbaiki performansi sistem kendala dengan menerapkan suatu perubahan dalam sistem dan memprioritaskan solusi masalah pada kendala sistem yang tidak memuaskan. *Repeating the Process*, kembali ke langkah pertama jika langkah-langkah sebelumnya memunculkan *constraint* baru dalam sistem tersebut.

Dalam penerapan konsep *Theory of Constraint*, dikenal istilah *Drum-Buffer-Rope*. *Drum* adalah stasiun dengan kapasitas terendah atau stasiun kerja yang menjadi *constraint* (mengalami *bottleneck*) pada sistem produksi. *Buffer* (penyangga) adalah perlindungan bagi stasiun kerja *constraint* dengan tujuan agar laju produksi tidak terganggu dalam sistem produksi. *Rope* adalah suatu tali penghubung antara laju produksi (*throughput*) dengan titik awal produksi (Narasimhan, 1995).

### III. METODE

Pengolahan data yang dilakukan diawali dengan melakukan uji keseragaman dan kecukupan data waktu proses per unit yang diamati secara langsung. Kemudian, dilakukan perhitungan waktu siklus, waktu normal dan waktu baku dari tiap stasiun kerja. Setelah mendapatkan waktu baku dari masing-masing proses, dilakukan kegiatan identifikasi stasiun *bottleneck* dengan melihat perbandingan total waktu kapasitas dibutuhkan tiap stasiun kerja dan total waktu kapasitas tersedia dalam satu *shift* kerja. Kemudian, stasiun kerja *bottleneck* dan *non-bottleneck* dikelompokkan berdasarkan CCR (*Capacity Constraint Resource*) dan Non-CCR. Kemudian, stasiun kerja yang terindikasi *bottleneck* akan diberikan *buffer time* yang disesuaikan dengan kapasitas tersedia. Analisis dilakukan pada beberapa stasiun kerja *bottleneck*, dan stasiun kerja dengan *bottleneck* terbesar akan dianalisis menggunakan *fishbone diagram* dan 5 Whys.

Metode pengumpulan data yang dilakukan menggunakan dua cara, yaitu dengan cara langsung (data primer) didapat dari pengumpulan data langsung adalah data waktu proses per unit (detik) dan tidak langsung (data sekunder) diantaranya data hasil produksi per *shift* tiap stasiun kerja, data jumlah tenaga kerja dalam satu *shift*, data target unit capaian per operator, data kecepatan produksi mesin per menit, dan data total waktu kerja efektif

#### IV. HASIL DAN ANALISIS

##### 4.1 Rekapitulasi Waktu Baku

Tabel 1. Perhitungan waktu baku

	Stasiun Kerja	Allowance	Waktu Baku (detik)
Viewing	Viewing 1	17%	1,37
	Viewing 2	17%	1,39
	Viewing 4	19,5%	68,34
Labelling	Labelling 3	17%	1,61
	Labelling 4	17%	1,58
	Labelling 5	17%	1,43
Packing	Sirup Sachet	13,5%	23,81
	Sirup Botol	13,5%	12
	Vial @1	13,5%	12,71
	Vial @30	13,5%	86,89
	Vial @25	13,5%	19,4
	Ampul @30	13,5%	97,1
	Ampul @100	13,5%	168,5

##### 4.2 Identifikasi Stasiun Bottleneck

Identifikasi stasiun *bottleneck* dalam suatu rantai produksi dapat dilakukan dengan melihat perbandingan hasil kapasitas waktu yang dibutuhkan dengan kapasitas waktu yang tersedia, apabila hasil kapasitas waktu dibutuhkan bernilai lebih besar daripada kapasitas waktu yang tersedia, maka stasiun kerja tersebut dapat dikategorikan sebagai stasiun kerja yang mengalami *bottleneck*.

- **Penentuan Kapasitas**

**Tabel 2.** Perhitungan Kapasitas

SK	Kode	Kapasitas dibutuhkan (menit)	Kapasitas tersedia (menit)	% Beban kerja	Keterangan
Viewing	V1	575	420	136,90	<i>Bottleneck</i>
	V2	585	420	139,29	<i>Bottleneck</i>
	V4	462	420	110,00	<i>Bottleneck</i>
Labelling	L3	676	420	160,95	<i>Bottleneck</i>
	L4	664	420	158,10	<i>Bottleneck</i>
	L5	600	420	142,86	<i>Bottleneck</i>
Packing	SS	323	420	76,90	<i>Non-bottleneck</i>
	SB	396	420	94,29	<i>Non-bottleneck</i>
	V1	327	420	77,86	<i>Non-bottleneck</i>
	V30	270	420	64,29	<i>Non-bottleneck</i>
	V25	386	420	91,90	<i>Non-bottleneck</i>
	A30	397	420	94,52	<i>Non-bottleneck</i>
	A100	403	420	95,95	<i>Non-bottleneck</i>

Dari hasil perbandingan diatas, dapat dilihat bahwa pada *labelling* 3 terjadi selisih antara kapasitas dibutuhkan dengan kapasitas tersedia yang sangat jauh yaitu sebesar 676 menit dari watu normat sebesar 420 menit, maka stasiun tersebut menjadi stasiun dengan *bottleneck* utama.

- **Pengelompokkan Stasiun *Bottleneck-Non Bottleneck***

**Tabel 3.** Pengelompokkan Stasiun Kerja

Kategori	<i>Bottleneck</i>	<i>Non-Bottleneck</i>
CCR	Stasiun <i>Viewing</i>	Stasiun <i>Packing</i>
Non- CCR	Stasiun <i>Labelling</i>	-

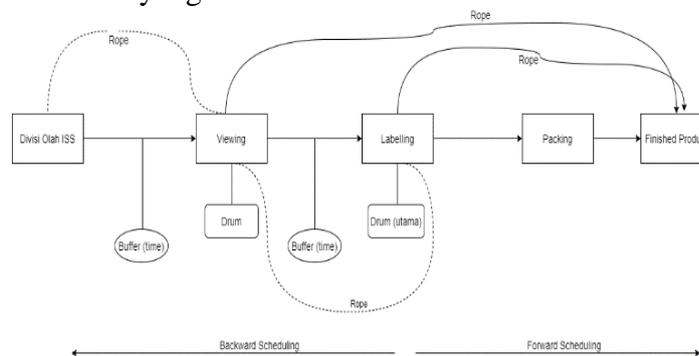
Dari pengelompokkan diatas, stasiun kerja yang masuk dalam kategori *bottleneck non CCR* adalah stasiun kerja *labelling*, dimana stasiun kerja dengan kategori tersebut adalah stasiun *bottleneck* utama yang harus segera dihilangkan, karena jika termasuk dalam kategori *non CCR*, maka kapasitas dibutuhkan sudah sangat jauh dari kapasitas normal yang tersedia, meskipun waktu nonefisien telah di optimalkan.

- **Penambahan Time Buffer**

**Tabel 4.** Perhitungan Time Buffer

Proses	SK	Kapasitas tersedia (min)	Kapasitas dibutuhkan (min)	Time Buffer (min)
Viewing	Viewing 1	420	575	155
	Viewing 2	420	585	165
	Viewing 4	420	462	42
Labelling	Labelling 3	420	676	256
	Labelling 4	420	664	244
	Labelling 5	420	600	180

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, nilai *time buffer* terbesar diberikan kepada stasiun kerja *labelling 3* yaitu 256 menit atau 4,26 jam. *Labelling 3* merupakan stasiun kerja dengan nilai *bottleneck* terbesar, maka stasiun kerja ini merupakan permasalahan utama yang harus diatasi. **4.3 Peta Drum-Buffer Rope**



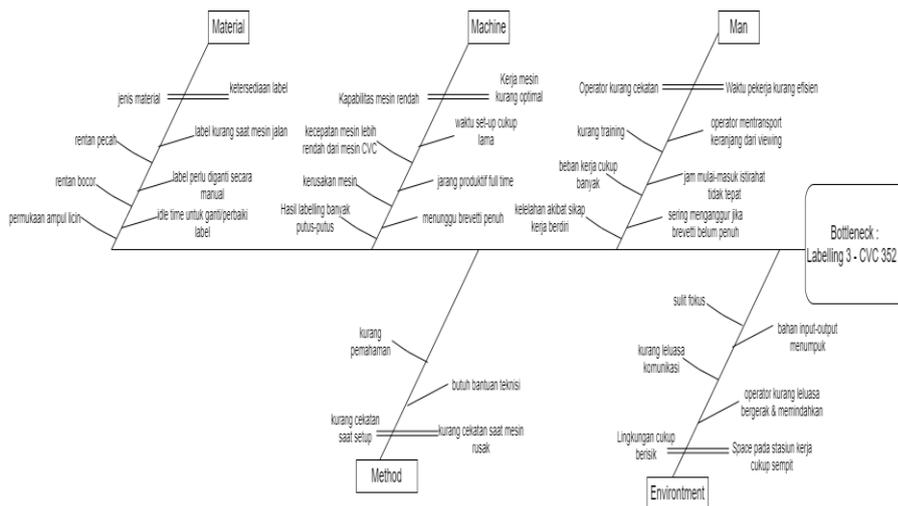
**Gambar 1.** Peta *drum-buffer-rope*

Pada peta diatas, *drum-buffer-rope* ditempatkan di stasiun-stasiun kerja yang mengalami *bottleneck*, yaitu pada *viewing* dan *labelling*. *Drum* diletakkan pada stasiun kerja *viewing* dan *labelling* sebagai penanda stasiun yang mengalami *bottleneck* atau stasiun dengan kendala kapasitas yaitu kapasitas waktu. *Time Buffer* yang telah dihitung sebelumnya diletakkan pada bagian sebelum stasiun *bottleneck*, dengan tujuan untuk melindungi laju produksi (*throughput*) sistem yang datang dari stasiun sebelumnya, sehingga dapat meminimalisir gangguan dan produk yang menumpuk dalam sistem produksi.

#### 4.4 Perbaikan Kapasitas

##### ❖ Fishbone Diagram

*Fishbone diagram* merupakan diagram yang dapat mengidentifikasi penyebab timbulnya permasalahan, dan dapat diketahui secara rinci. Stasiun kerja yang mengalami *bottleneck* terbesar terdapat pada stasiun kerja *labelling*, yaitu pada *labelling 3* yang dikerjakan menggunakan mesin KWT 215.



Gambar 2. Fishbone diagram

### ❖ 5 Whys

Mengapa terjadi *bottleneck* pada dua stasiun kerja, yaitu *viewling* dan *labelling* secara berurutan?: Karena sistem aliran produksi dari kedua stasiun kerja ini berurutan, dimana *lining* produk dari *viewling 1* akan diproses di *labelling 3*, *lining* produk *viewling 2* akan diproses di *labelling 4*. Sumber *bottleneck* sebenarnya adalah stasiun kerja *viewling*, dimana kenyataannya pada stasiun *viewling* memiliki 3 mesin yang dapat beroperasi, namun pada periode penelitian ini dilakukan

Mengapa *labelling 3* menjadi stasiun yang mengalami *bottleneck* terbesar?: Jika dilihat pada data perbandingan kapasitas tersedia dan dibutuhkan yang telah dihitung, total kapasitas waktu dibutuhkan *viewling 2* lebih besar jika dibandingkan dengan *viewling 1*, yang artinya *viewling 1* lebih efisien waktu dan produktivitasnya lebih tinggi dibandingkan dengan *viewling 2*.

Mengapa produktivitas *labelling 3* lebih rendah dibandingkan dengan *labelling 4* yang memproduksi produk yang sama?: Karena mesin *labelling 3* hanya memiliki kemampuan produksi 180 unit/menit (pada kondisi normal), yang berarti kecepatan mesinnya lebih rendah dibandingkan *labelling 4*, sehingga menyebabkan *output* dari *labelling 3* lebih sedikit.

Mengapa stasiun kerja *labelling* memiliki persentase beban kerja yang cukup banyak?: Karena proses *labelling* harus menunggu proses *viewling* hingga penuh (misal 1 *batch*), maka banyak terjadi waktu menganggur bagi operator maupun mesin.

Mengapa pekerjaan yang dilakukan banyak yang kurang efisien waktu? Karena adanya waktu-waktu seperti waktu *setup* atau waktu persiapan, seperti kegiatan pengecekan mesin, *line clearance* setiap pergantian *batch*, pembersihan mesin, transport produk, mengatasi kerusakan minor, dll.

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis yang telah dilakukan, disimpulkan bahwa stasiun kerja yang mengalami *bottleneck* pada Unit ISS Kemas PT. Phapros ditemui pada stasiun kerja *viewling* dan *labelling*, dengan stasiun kerja *labelling* sebagai *bottleneck* utama dengan kapasitas dibutuhkan terbesar yaitu 676 menit atau 11,3 jam dari kapasitas tersedia yang hanya 7 jam kerja. Konsep *drum buffer rope* diterapkan untuk mengatasi permasalahan *bottleneck* yang dialami oleh

stasiun kerja *viewing* dan *labelling*, yaitu dengan ilustrasi peta *drum buffer rope* yang telah dibuat diatas, dan diberikan *time buffer* pada masing-masing stasiun *bottleneck*. *Time buffer* terbesar dialokasikan pada *labelling* 3, yaitu sebesar 256 menit atau 4,3 jam. Identifikasi penyebab stasiun *bottleneck* terbesar dianalisis menggunakan dua *tools* yaitu dengan *fishbone diagram* dan *5 whys* pada stasiun *labelling* 3.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Baker, K.R, dan Trietsch, D. (2009). *Principles Of Sequencing And Scheduling*. New. Jersey: John Wiley & Sons.
2. Bedworth, D. D. dan Bailey, J. E. (1987). *Integrated Production Control System*. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
3. Brewer, P. C., & Eighme, J. E. (2005). *Using Six Sigma to Improve the Finance Function*. Boston: IMA'S Annual Conference.
4. Bruer, Greg. (2002). *Six Sigma for Manager*. Jakarta : Canary.
5. Fogarty, D. W., Blackstone, J. H., dan Hoffmann, T. R. (1995). *Production and Inventory Management*. Ohio: South-Western Publishing Co.
6. Mustikasari, Ardiles. (2017). *Implementasi Theory of Constraints untuk Meningkatkan Produktivitas Proses Painting Battery Cover pada PT. HIT Kudus*. Teknik Industri Universitas Diponegoro, Semarang.
7. Narasimhan. (1995). *Production Planning adn Inventory Control*, Penerbit Prentice Hall.
8. Pinedo, Michael. (2002). *Scheduling (Theory, Algorithms, and Systems)*. Second Edition. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
9. Pyzdex, Thomas. (2002). *The Six Sigma Handbook, Panduan Lengkap untuk Greenbelts, Blackbelts dan Manager pada Semua Tingkatan*. Jakarta : Salemba Empat.
10. Sri Hartini. (2011). *Teknik Mencapai Produksi Optimal*. Cetakan Ketiga, Bandung, CV. Lubuk Agung.