

# Aplikasi Pendekatan *Theory of Constraints* pada Maksimasi *Throughput* Produksi

## PT XYZ

Leo Rama Kristiana<sup>1</sup>, Theresia Sunarni<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut Teknologi Harapan Bangsa penulis  
Jl. Dipati Ukur No 80-84 Kota Bandung

<sup>1</sup>leorama@ithb.ac.id

<sup>2</sup> Universitas Katolik Musi Charitas  
Jalan Bangau No. 60 Palembang

<sup>2</sup>nani\_ys@yahoo.com

Dikirimkan: 08, 2018. Diterima: 09, 2018. Dipublikasikan: 10,2018.

**Abstract**—PT XYZ is a manufacturing company that produces various furniture products. The company has two product categories, first category A (as standard products) with production system is make to stock the second is category B (custom products) with production system is make to order. The problem of production will be arise when face high demand. Limitations of production's resources cause bottleneck in lines production and inability to meet demand. In addition, inaccuracies in allocating limited resources will causing descent of throughput. Resource with the biggest gap between needs and availability, and to be causes bottleneck condition known as constraints. The maximum throughput can be achieved by optimizing the constraints. This research was conducted to identify the limitations of resources that become constarints in achieving maximum throughput. Theory of Constraints (TOC) is used as a problem solving approach. The TOC approach is used to identify production resources that are constraints in meeting demand and achieving maximum throughput. Problem of constraints optimization to achieve maximum throughput are modeled in the form of linear programming problems. The result of constraint optimization is the number of each type of product that must be produced at the existing capacity and the maximum total throughput that can be achieved. The TOC approach is the basis in determining the solution of limited resources so that all demand can be met. Data processing concludes that the production resources that become constraints are man power and man hours operators. Optimization of regular resources reaches a maximum throughput at Rp 819,148,490, with the demand for A-101 and A-104 products cannot be met entirely. Production capacity can be increased by several alternatives, such as: overtime hours, day laborers, production sub-contracts, recruitment of new operators, and combinations thereof. The most optimal alternative is a combination of new operator recruitment and overtime. This alternative increases throughput by 22.40%.

**Key word**\_\_\_\_\_ throughput; constraints; theory of constraints

**Abstrak**— PT XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi beraneka ragam produk furniture. Perusahaan ini memiliki dua kategori produk, yaitu kategori A (produk standar) dengan sistem produksi *make to stock* dan kategori B (*custom product*) dengan sistem produksi *make to order*. Produk kategori A memiliki 10 (sepuluh) tipe produk, dan 4 (empat) diantaranya merupakan produk unggulan. Permasalahan produksi PT XYZ timbul ketika menghadapi *demand* yang tinggi. Keterbatasan *resource* produksi menyebabkan terjadinya *bottleneck* pada lintasan produksi dan ketidakmampuan memenuhi *demand*. Selain itu, ketidak tepatan dalam mengalokasikan *resource* yang terbatas berpotensi menurunkan *throughput*. *Resource* yang memiliki ketersediaan terkecil dan menjadi penyebab *bottleneck* dalam mencapai *throughput* maksimal dikategorikan sebagai *constraints*. Titik *throughput* maksimal dapat dicapai dengan mengoptimalkan *constraints*. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi keterbatasan sumber daya (*resources*) yang menjadi *constarints* dalam pencapaian *throughput* maksimal. *Theory of Constraints* (TOC) digunakan sebagai pendekatan penyelesaian masalah. Pendekatan TOC digunakan untuk mengidentifikasi *resource* produksi yang menjadi *constraints* dalam pemenuhan *demand*. Permasalahan optimasi *constraints* untuk mencapai *throughput* maksimal dimodelkan dalam bentuk permasalahan programa linier. Hasil dari

optimasi *constraint* adalah jumlah tiap jenis produk yang harus diproduksi pada kapasitas eksisting dan total *throughput* maksimal yang dapat dicapai. Pendekatan TOC menjadi dasar dalam menentukan solusi keterbatasan sumber daya sehingga seluruh *demand* dapat dipenuhi. Hasil pengolahan data menyimpulkan *resource* produksi yang menjadi *constraints* adalah *man power* dan *man hours* tenaga kerja. Optimalisasi terhadap sumber daya reguler menghasilkan *throughput* maksimum sebesar Rp 819.148.490 dengan demand produk A-101 dan A-104 tidak dapat dipenuhi seluruhnya. Penambahan kapasitas produksi dapat dilakukan dengan beberapa alternatif, yakni: jam lembur, buruh lepas, sub kontrak produksi, penambahan jumlah tenaga kerja dan kombinasinya. *Throughput* maksimal diperoleh dari alternatif kombinasi antara penambahan jumlah tenaga kerja reguler dan jam *over time* dengan peningkatan *throughput* sebesar 22,40%.

Kata kunci— *throughput; constraints; theory of constraints*

## I. PENDAHULUAN

*Theory of constraints* (TOC) diartikan sebagai suatu pendekatan ke arah peningkatan proses yang berfokus pada elemen-elemen yang dibatasi untuk meningkatkan output [1]. Awalnya TOC digunakan untuk melakukan merencanakan sumber daya produksi, dan terus dikembangkan seiring dengan perkembangan teknologi, bentuk dan hubungan industri serta pesaingannya [2]. Penggunaan TOC dalam merencanakan kegiatan produksi tetap relevan digunakan, khususnya untuk perencanaan yang berkaitan dengan keterbatasan sumber daya (*resource*).

Perencanaan produksi dilakukan untuk menjamin kelancaran proses produksi guna pemenuhan tujuan yang ingin dicapai. Tantangan yang dihadapi dalam kegiatan produksi sama seperti yang dihadapi dalam kegiatan ekonomi, begitu juga dengan tujuan yang ingin dicapai, yakni peningkatan layanan, penurunan biaya (*the reduction of cost*), dan meningkatkan kepuasan pelanggan [3]. *Theory of constraints* (TOC) memiliki perspektif bahwa semua organisasi memiliki tujuan akhir yang ingin dicapai, *goal* yang terukur, dari setiap elemen organisasi yang terhubung, dan dalam proses pencapaiannya terdapat keterbatasan (*constraints*) dari sejumlah faktor yang dapat menyebabkan penundaan atau kemacetan yang dikenal dengan istilah *bottleneck* [3].

PT XYZ adalah perusahaan manufaktur yang memproduksi *furniture*. Produk diklasifikasikan berdasarkan sistem produksinya, yaitu *make to stock* yang merupakan produk standar atau kategori A, dan *make to order* atau di produksi *by request* dikelompokkan pada produk kategori B. Pemenuhan permintaan konsumen dapat dilakukan apabila perusahaan memiliki perencanaan produksi yang baik. Dalam perencanaan produksi ada beberapa hal yang harus diperhatikan, seperti sistem lintasan produksi yang seimbang, perhitungan kapasitas produksi serta integrasinya antar kapasitas stasiun kerja dan sistem ketenaga-kerjaan. Ketiga hal tersebut adalah *resource* yang dibutuhkan dalam

menghasilkan *throughput* maksimal. *Resource* yang memiliki kapasitas terkecil berpotensi menimbulkan *bottleneck*, dan akan dikategorikan sebagai *constraints*.

Keterbatasan *resource* dioptimalkan dengan memilih jenis produk yang memiliki *throughput* maksimal untuk diproduksi. Kekurangan *resource* membuat sejumlah *demand* dari beberapa produk tidak dapat dipenuhi oleh kapasitas produksi eksisting. Apabila kapasitas perusahaan tidak dapat memenuhi *demand* menggunakan kapasitas *resources* eksisting, perusahaan dapat meningkatkan kapasitas *resource* eksisting atau menggunakan alternatif *resource* non-reguler. *Resource* non-reguler dapat berupa jam lembur (*over time*), buruh harian lepas (*out sourcing operator*), dan sub kontrak produksi. Kesalahan penentuan produksi dan penentuan pemenuhan *resource* membuat *throughput* sebagai keuntungan perusahaan menurun. Identifikasi *constraints* dari *resources* dan elemen *throughput* dilakukan menggunakan pendekatan *Theory of Constraints* (TOC). Permasalahan optimalisasi *constraints* dengan tujuan maksimasi *throughput* dilakukan menggunakan metode program linier.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi *bottleneck resource* sehingga sistem dapat mencapai *throughput* produksi yang maksimal. *Throughput* produksi mencerminkan tingkat profitabilitas produksi. Profitabilitas didapatkan dengan melakukan optimalisasi penggunaan *resource* yang ada dan kemampuan untuk meningkatkan efisiensi proses. [3]. Dengan demikian perlu untuk diketahui *resource* yang menjadi *constraints*, pengaturan produksi untuk tiap jenis produk, dan menentukan cara pemenuhan *demand* pada kapasitas eksisting terpasang dan strategi peningkatan kapasitas yang dapat digunakan. Pada penelitian ini berfokus pada empat jenis produk kategori-A dan *resource* produksi.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Definisi dan Prinsip Theory of Constraints

Teori Kendala atau *theory of constraints* (TOC) merupakan sebuah filosofi manajemen yang mula-mula dikembangkan oleh Eliyahu M. Goldratt dan dikenalkan dalam bukunya, *The Goal Theory Of Constraintss* [1]. TOC dapat diartikan juga sebagai pendekatan manajemen yang berfokus pada eliminasi proses *bottleneck* dilakukan secara terus menerus untuk meningkatkan performa proses manufaktur [4]. Pendekatan TOC memiliki beberapa konsep, antara lain proses berpikir TOC, lima langkah TOC, sembilan langkah *optimized production technology* (OPT), dan *drum-buffer-rope scheduling*. Pendekatan ini digunakan untuk menjawab tiga pertanyaan dasar, yaitu: apa yang dirubah/perbaiki (*what to change*); dirubah/diperbaiki menjadi seperti apa (*to what to change to*); dan bagaimana membuat perubahan/perbaikan (*how cause the change*) [4].

Setiap perusahaan secara langsung memiliki keterbatasan dalam mencapai tujuannya. Segala sesuatu sumber daya yang terbatas dapat disebut dengan *constraints*. Terdapat enam variable sebagai ukuran perusahaan atau organisasi mencapai tujuannya. Variable ini bagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok operasional: *throughput*, *inventory*, biaya operasional; dan kelompok finansial: laba bersih, pengembalian investasi, dan arus kas [5].

TOC sebagai pendekatan manajemen dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk mencapai tujuan perusahaan. Pendekatan ini bekerja dengan meningkatkan keuntungan dengan memaksimalkan *throughput* produksinya dan meminimalisasi semua ongkos atau biaya yang relevan seperti biaya simpan, biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya modal. Penerapan TOC lebih terfokus pada pengelolaan operasi yang berkendala sebagai kunci dalam meningkatkan kinerja sistem produksi, nantinya dapat berpengaruh terhadap profitabilitas secara keseluruhan.

Sedangkan menurut Gunadi [6] *constraints* adalah segala hal dalam perusahaan yang membatasinya untuk mencapai tujuannya. Adapun kendala yang timbul dapat terletak pada kapasitas mesin dan kemampuan tenaga kerja yang dimiliki oleh perusahaan. Ketepatan waktu dan kualitas bahan baku yang dikirim supplier dapat juga menjadi kendala, sehingga seringkali target produksi kurang dapat tercapai. Teori ini memfokuskan diri pada tiga ukuran yaitu [7]:

- a) *Throughput*, adalah suatu ukuran dimana suatu perusahaan menghasilkan uang melalui penjualan.
- b) *Persediaan*, adalah semua dana yang dikeluarkan perusahaan untuk mengubah

bahan baku mentah melalui *throughput*. Bahan persediaan dalam TOC merupakan semua aktiva yang dimiliki dan tersedia secara potensial untuk penjualan.

- c) Biaya-biaya operasional, yang dikeluarkan perusahaan untuk mengubah persediaan menjadi *throughput*. Biaya operasi ini terjadi untuk mendukung dan mengoptimalkan *throughput* dalam kendala.

Bentuk *constraints* pada sistem dapat dikelompokkan menjadi *physical* dan *non physical constraintss* [12]. *Constraints* harus diklasifikasikan berdasarkan bagaimana mengelolanya [8]. Terdapat beberapa bentuk *constraints*, seperti kapasitas, ketersediaan bahan baku, kondisi politik, market, infrastruktur, logistik, metode kerja, tingkah laku, administrasi, dan sumber daya manusia.

*Theory of Constraints* memiliki lima langkah penyelesaian masalah yang dikemukakan oleh Goldratt [7]. Lima langkah tersebut adalah:

- 1) Identifikasi *constraints* dalam sistem. Tahap awal ini dilakukan dengan melihat kelemahan sistem yang menjadi kendala pengoptimalan. kelemahan yang ada selanjutnya dikelompokkan berdasarkan kelemahan fisik atau kelemahan kebijakan.
- 2) Eksploitasi *constraints* (*exploiting the constraints*), menentukan bagai mana cara melakukan eksploitasi batasan atau *constraints* dengan menggunakan biaya yang efisien.
- 3) Subordinasi sumber lainnya (*subordinating the remaining resources*), setelah menentukan *constraints* dan memutuskan cara pengelolannya maka langkah selanjutnya adalah mengevaluasi apakah *constraints* tersebut masih menjadi kendala pada performansi sistem atau tidak. Jika tidak maka akan menuju langkah kelima, tetapi jika ya akan menuju langkah keempat.
- 4) Evaluasi *constraints* (*elevating the constraints*), jika langkah ini dilakukan maka langkah kedua dan ketiga tidak berhasil menangani konstrain. Maka harus ada perubahan di dalam sistem, dapat berupa reorganisasi, perbaikan lintasan produksi, perbaikan modal atau modifikasi substansi sistem.
- 5) Mengulangi proses keseluruhan (*repeating the process*). Jika langkah ketiga dan keempat telah berhasil dilakukan maka akan mengulangi lagi dari langkah pertama. Proses ini akan berputar sebagai siklus. Penyelesaian yang dilakukan pada langkah

empat akan memiliki kemungkinan untuk menimbulkan *constraints* baru.

Pendekatan TOC memiliki beberapa asumsi yang digunakan. Asumsi yang biasanya digunakan pada penelitian-penelitian TOC antanya, yaitu [8]:

- 1) Tujuan utama dari perusahaan atau organisasi adalah mendapatkan keuntungan yang maksimal;
- 2) Biaya tenaga kerja langsung dianggap sebagai biaya operasional;
- 3) Setidaknya terdapat satu batasan atau kendala (*constraints*) pada setiap produk yang menghalangi perusahaan dalam mencapai tujuan utama. Kendala ini dapat berasal dari internal ataupun eksternal organisasi; dan,
- 4) Selalu ada kesulitan dalam menyusun rencana aliran produk di rantai pasoknya.

TOC sebagai pendekatan manajemen keseluruhan (*wide global view*) suatu organisasi dapat digunakan pada sub-sistem yang kecil dan spesifik, asalkan tujuan yang dicapai merupakan bagian dari tujuan manajemen global organisasinya [11]. Secara umum tujuan global dari manajemen PT XYZ adalah maksimasi profitabilitas dan profit. Pendekatan TOC digunakan pada sub sistem produksi dengan tujuan akhir peningkatan *throughput* direpresentasikan sebagai total kapasitas produksi dan total profit. Prinsip TOC sekilas akan terlihat bertentangan dengan pendekatan perbaikan lain, yang ditujukan untuk mengoptimasi *performance* di setiap bagian area sistem, TOC memiliki dasar pemikiran bahwa meningkatkan peformansi keseluruhan sistem berawal dengan fokus pada penyelesaian kritikal komponen pada sistem [11].

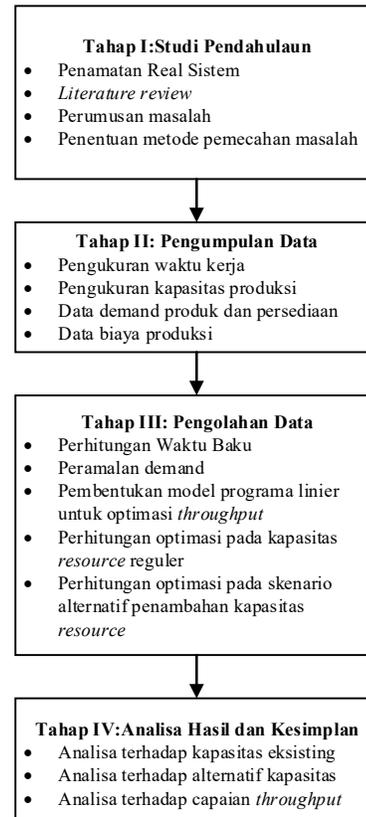
**B. Metodologi Penelitian**

Penelitian diselesaikan melalui IV tahapan, seperti diagram alir pada Gambar 1.

Secara spesifik penelitian ini dilakukan pada objek produk kategori A yaitu produk A-101, A-102, A-103 dan A-104. Jenis produk dipilih berdasarkan jumlah *demand* dan frekuensi *lost sales* tertinggi diantara produk lainnya.

**C. Pengumpulan dan Pengolahan Data Awal**

Komponen biaya yang dibutuhkan dalam penelitian ini meliputi biaya bahan baku, biaya tenaga kerja, biaya sub kontrak, biaya *over head* dan harga jual produk. Data komponen biaya yang menjadi input dalam pengolahan data dapat dilihat pada Tabel I.



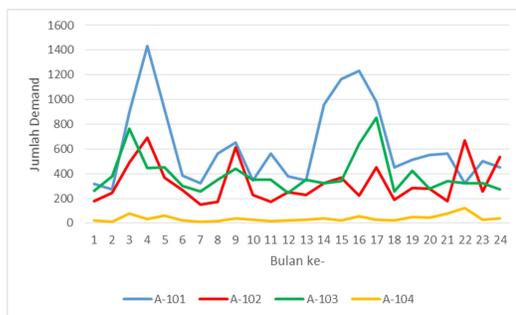
Gambar 1. Diagram Alir Tahapan Penelitian

TABEL I  
DATA PARAMETER BIAYA DAN HARGA

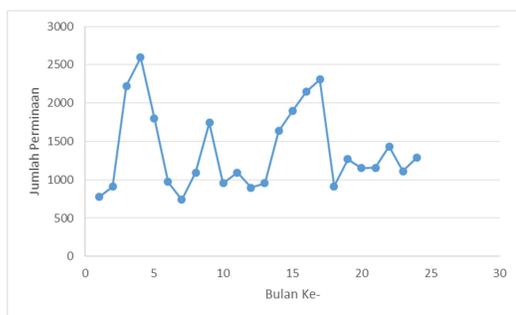
Komponen	Jumlah
Tenaga Kerja Reguler per hari	Rp 50.000
Tenaga Kerja <i>Overtime</i> per jam	Rp 7.500
<b>Tenaga Kerja Borongan per Produk</b>	
A-101	Rp 7.500
A-102	Rp 13.500
A-103	Rp 11.500
A-104	Rp 75.000
Biaya Makan per hari tenaga kerja borongan	Rp 10.0000
Biaya Lepas	Rp 25.000
Biaya <i>overhead</i> *	Rp2.500.000
<b>Harga Jual per Produk</b>	
A-101	Rp 50.000
A-102	Rp 155.000
A-103	Rp 125.000
A-104	Rp 275.000
<b>Biaya Produksi dengan Subkontrak per Produk</b>	
A-101	Rp 38.500
A-102	Rp 125.000
A-103	Rp 105.000

Komponen	Jumlah
A-104	Rp 210.000
<b>Biaya Bahan Baku per Produk</b>	
A-101	Rp 16.500
A-102	Rp 42.500
A-103	Rp 38.600
A-104	Rp 96.000

Untuk mengetahui kebutuhan *resource* diperlukan data *demand* produk. Data *demand* yang digunakan untuk menghitung kebutuhan *resource* adalah data hasil *forecasting* dari data permintaan tahun 2016 dan tahun 2017. Metode *forecasting* dipilih berdasarkan pola data masa lalu. *Plotting* data *demand* masa lalu seperti pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Plotting Data Demand Masa Lalu Per Produk



Gambar 3. Plotting Data Demand Agregat

Pola demand pada Gambar 3 membentuk pola musiman. *Forecasting* dilakukan untuk 12 bulan ke depan dengan menggunakan beberapa metode yang sesuai. Metode *forecasting* terbaik dipilih berdasarkan nilai *mean absolute deviation* (MAD) terkecil, yaitu metode *Holt-Winter Additive Algorithm* (HWA). Hasil *forecasting* untuk periode 12 periode ke depan dapat dilihat pada Tabel II.

TABEL II  
HASIL *FORECASTING DEMAND*

Bln ke-	A-101	A-102	A-103	A-104
1	678	338	438	40
2	691	344	446	41
3	704	350	455	42
4	717	357	463	43
5	730	363	471	43
6	743	370	480	44
7	756	376	488	45
8	768	382	496	46
9	781	389	504	46
10	794	395	513	47
11	807	402	521	48
12	820	408	529	49

Proses produksi produk A-101, A-102, A-103 dan A-104 dilakukan di 4 (empat) stasiun kerja, yaitu Stasiun Kerja (SK) ke-1 untuk proses pemotongan, SK ke-2 untuk proses pembentukan komponen/part, SK ke-3 untuk proses perakitan (*assembly*) komponen/part dan SK ke-4 untuk proses *finishing*. Data waktu proses setiap produk pada keempat stasiun kerja diperoleh dari hasil pengukuran waktu kerja dengan menggunakan metode *direct stop-watch time study* dengan menambahkan faktor penyesuaian (*performance rating*) dan faktor kelonggaran (*allowance*). Faktor penyesuaian dihitung menggunakan metode penilaian *Westing House*, sedangkan faktor kelonggaran disesuaikan dengan kondisi *real* pada area kerja. Hasil pengukuran akan ditetapkan sebagai waktu baku pengerjaan produk. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel III.

TABEL III  
DATA WAKTU PRODUKSI

Produk	SK	$\bar{x}$	$W_n$	$W_s$	Total
A-101	1	10,38	10,17	12,33	85,72
	2	8,78	9,04	11,10	
	3	25,73	27,02	30,88	
	4	25,73	27,02	31,41	
A-102	1	18,56	18,19	22,05	121,46
	2	10,06	10,36	12,71	
	3	50,25	52,76	60,30	
	4	21,62	22,70	26,40	
A-103	1	15,6	15,29	18,53	105,81
	2	10,34	10,65	13,07	
	3	39,48	41,45	47,38	
	4	21,98	23,08	26,84	
A-104	1	49,24	48,26	58,49	414,31
	2	35,89	36,97	45,36	
	3	218,58	229,51	262,30	
	4	39,45	41,42	48,17	

Waktu produksi yang digunakan untuk menghitung kebutuhan kapasitas produksi merupakan data waktu standar yang dihitung menggunakan persamaan pada [10], yaitu:

$$Wn = \bar{x}(\bar{x} \times p_f) \tag{1}$$

$$Ws = Wn + \frac{100\%}{100\% - a} \tag{2}$$

Dimana:

- $\bar{x}$  : rata-rata waktu terukur
- $Wn$  : waktu normal
- $Ws$  : waktu standar
- $p_f$  : faktor penyesuaian
- $a$  : persentasi *allowance*

Total waktu produksi ditentukan oleh kecepatan kerja tenaga kerja. Data kapasitas mesin dan kapasitas *man hour* yang tersedia selama proses pengamatan seperti pada Tabel IV.

TABLE IV  
KAPASITAS *RESOURCE* PRODUKSI EKSTING

Stasiun Kerja	Keterangan	Kapasitas Per Hari (dalam menit)
SK1	Man hour	840
	Mesin 1	2400
	Mesin 2	2880
SK2	Man hour	840
	Mesin 3	2400
	Mesin 4	1440
SK3	Man hour	2520
	Mesin 5	4800
	Mesin 6	2400
SK4	Man hour	1680
	Mesin 7	1440
	Mesin 8	28800

Kebutuhan kapasitas produksi dihitung berdasarkan hasil *forecasting* demand untuk 12 periode ke depan dengan mengasumsikan bahwa pola permintaan 12 periode akan mengikuti pola permintaan masa lalu. Kelemahan *forecasting* berbasis *time series* untuk titik waktu yang panjang adalah keakuratan. Hasil *forecasting* akan semakin *bias* jika panjang waktu perkiraan semakin panjang [9].

Kebutuhan kapasitas 12 bulan ke depan dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$W_{pt}^{SK} = \sum_j^n (D_{jp} \times t_{ij}) \tag{3}$$

Dimana:

- $W_{pi}^{SK}$  : total kebutuhan kapasitas stasiun kerja  $i$  di periode  $p$
- $D_{jt}$  : jumlah *demand* produk tipe  $j$  pada periode  $p$
- $t_{ji}$  : Kebutuhan waktu produksi produk  $j$  di stasiun kerja  $i$

TABEL V  
KEBUTUHAN KAPASITAS PRODUKSI (DALAM MENIT)

Bulan ke-	SK1	SK 2	SK 3	SK 4
1	26282,4	19374,3	72638,0	43915,0
2	26781,2	19742,0	74016,6	44748,5
3	27280,1	20109,7	75395,3	45582,0
4	27778,9	20477,4	76774,0	46415,5
5	28277,7	20845,2	78152,6	47249,0
6	28776,6	21212,9	79531,2	48082,5
7	29275,4	21580,6	80909,9	48916,0
8	29774,3	21948,3	82288,6	49749,5
9	30273,1	22316,0	83667,2	50583,0
10	30771,9	22683,8	85045,9	51416,6
11	31270,8	23051,5	86424,6	52250,0
12	31769,6	23419,2	87803,2	53083,5

D. Model Optimasi

Dari data Tabel IV dan Tabel V dapat dilihat kebutuhan kapasitas *resource* lebih tinggi dibandingkan dengan ketersediaan *resource*. Kondisi ini menyebabkan *bottleneck*. *Constraints* yang ingin dioptimalkan terhadap *throughput* adalah *resource* yang memiliki gap tertinggi antara ketersediaan dan kebutuhan kapasitas. Stasiun kerja yang mengalami kondisi *bottleneck* untuk setiap periodenya disajikan pada Tabel VI.

TABEL VI  
IDENTIFIKASI KONDISI *BOTTLENECK* STASIUN KERJA

Bln	SK1	SK2	SK3	SK4
1	<i>Bottleneck</i>	<i>Bottleneck</i>	<i>Bottleneck</i>	<i>Bottleneck</i>
2	<i>Bottleneck</i>	<i>Non Bottleneck</i>	<i>Bottleneck</i>	<i>Bottleneck</i>
3	<i>Bottleneck</i>	<i>Non Bottleneck</i>	<i>Bottleneck</i>	<i>Bottleneck</i>
4	<i>Bottleneck</i>	<i>Non Bottleneck</i>	<i>Bottleneck</i>	<i>Bottleneck</i>
5	<i>Bottleneck</i>	<i>Bottleneck</i>	<i>Bottleneck</i>	<i>Bottleneck</i>
6	<i>Bottleneck</i>	<i>Bottleneck</i>	<i>Bottleneck</i>	<i>Bottleneck</i>

Bln	SK1	SK2	SK3	SK4
7	Bottleneck	Bottleneck	Bottleneck	Bottleneck
8	Bottleneck	Bottleneck	Bottleneck	Bottleneck
9	Bottleneck	Bottleneck	Bottleneck	Bottleneck
10	Bottleneck	Bottleneck	Bottleneck	Bottleneck
11	Bottleneck	Bottleneck	Bottleneck	Bottleneck
12	Bottleneck	Bottleneck	Bottleneck	Bottleneck

Kondisi *bottleneck* mengartikan bahwa kapasitas produksi eksisting tidak dapat memenuhi seluruh *demand*. PT XYZ perlu untuk mengoptimalkan keterbatasan *resource* yang tersedia agar mencapai titik *throughput* maksimal. Pemilihan jenis dan jumlah produk yang diproduksi harus mengacu pada total *throughput* yang dapat diperoleh.

Pengembangan model *liner programing* digunakan untuk menentukan jenis dan jumlah produk yang diutamakan untuk diproduksi. Fungsi tujuan dari model adalah maksimasi *throughput*, yaitu total potensi keuntungan dari tiap jenis produk. Fungsi pembatas (*constraints*) adalah kapasitas *resource* produksi. Variabel keputusan model adalah jenis dan jumlah produk.

Notasi dan indeks pada model matematis yang digunakan adalah sebagai berikut:

- $Z_p$  : keuntungan maksimum (*throughput*) pada periode  $p$
- $x_{jp}$  : jumlah demand produk tipe  $j$  yang diproduksi di periode  $p$
- $t_{ji}$  : waktu proses produk  $j$  di stasiun kerja  $i$
- $C_{ip}^{sk}$  : kapasitas stasiun kerja  $i$  tersedia
- $D_{jp}$  : total *demand* produk  $j$  pada periode ke  $p$
- $B_j$  : biaya variabel per produk  $j$
- $H_j$  : harga jual produk  $j$
- $OH_p$  : biaya *overhead* periode  $p$
- $S_j$  : varibel artifisial (*slack*)
- $i$  : indeks produk {1=A-101; 2=A-102; 3=A-103; 4=A-104}
- $j$  : indeks stasiun kerja { $i=1, 2, 3, \dots, n$ }
- $p$  : indeks periode { $p=1, 2, 3, \dots, 12$ }
- $n$  : total jenis produk

Fungsi tujuan model adalah maksimasi  $Z$

$$Maks Z_p = \sum_{j=1}^n (H_j - B_j)x_{jp} - OH_p \quad (4)$$

Dengan fungsi pembatas:

$$\sum_{j=1}^n x_{jp} \cdot t_{ij} \leq C_{ip}^{sk} \quad (5)$$

$$x_{jp} \leq D_{jp} \quad (6)$$

$$x_{jp} \geq 0$$

$$x_{jp} \in \{\text{bilangan integer}\} \quad (7)$$

Persamaan (5) adalah fungsi pembatas kapasitas *resource*, Persamaan (6) adalah fungsi pembatas *demand* sedangkan persamaan (7) adalah fungsi pembatas yang menjaga solusi berada himpunan bilangan non negatif integer. Komputasi model dilakukan menggunakan bantuan perangkat lunak (*software*) LINGO.

#### IV. HASIL PENELITIAN

Hasil komputasi numerik dari model dapat dilihat pada Tabel VII.

TABEL VII  
OUTPUT KOMPUTASI MODEL OPTIMASI *THROUGHPUT*

Per.	A-101	A-102	A-103	A-104	Total <i>Throughput</i>
1	114	338	438	40	Rp 66.557.200
2	223	344	446	41	Rp 70.323.900
3	194	350	455	42	Rp 70.954.000
4	164	357	463	43	Rp 71.571.700
5	74	363	471	43	Rp 70.592.900
6	111	370	480	44	Rp 72.841.500
7	83	376	488	45	Rp 73.418.700
8	0	382	496	29	Rp 70.510.400
9	0	389	504	24	Rp 71.059.100
10	1	395	513	33	Rp 73.426.200
11	2	402	521	42	Rp 75.814.400
12	3	408	529	37	Rp 76.289.100

Permintaan yang tidak dapat diproduksi dengan kapasitas reguler eksisting dapat diproduksi dengan tiga alternatif, yakni dengan menggunakan *over time resource*, menggunakan tenaga kerja harian/buruh harian, *out sourcing* produk/ sub kontrak produksi dan perekrutan tenaga kerja baru. Total *throughput* yang diperoleh jika produk yang tidak dapat diproduksi pada kapasitas reguler diproduksi dengan penambahan *resource* dari alternatif yang diusulkan seperti pada Tabel VII.

TABEL VIII  
TOTAL *THROUGHPUT* DENGAN PENAMBAHAN KAPASITAS ALTERNATIF

Metode	Total <i>Throughput</i>
<i>Over Time</i>	Rp 1.017.694.600
<i>Out Sourcing</i> tenaga kerja	Rp 1.003.644.100

Produk Sub Kontrak	Rp 941.447.600
Perekrutan Tenaga kerja Baru	Rp 1.049.366.100
Perekrutan Tenaga kerja Baru dan Jam <i>Over Time</i>	Rp 1.056.763.100

## V. PEMBAHASAN

Kondisi *bottleneck* terjadi apabila selisih antara kapasitas *resource* tersedia dengan kebutuhan kapasitas *resource* bernilai negatif. Sebagian besar stasiun kerja pada seluruh periode mengalami kondisi *bottleneck*. Kondisi *bottleneck* membuat tidak semua produk dapat diproduksi pada *resource* reguler.

Eksplotasi *constraints* dilakukan dengan melakukan perhitungan waktu baku. Waktu baku hasil pengukuran digunakan sebagai acuan waktu proses. Eksplotasi *constraints* yang ada belum bisa mengatasi kondisi *bottleneck resource*. Pada aturan TOC, jika kondisi *constraints* tidak dapat dieksploitasi dan disubordinasi kebijakan perubahan untuk melakukan penambahan elemen dalam sistem dapat dilakukan. *Resource* yang menjadi *constraints* adalah kapasitas tenaga kerja (*man hours*).

Proses produksi ke empat jenis produk melalui proses di setiap stasiun kerja. Produk diproses secara berurutan dari stasiun kerja satu sampai stasiun kerja empat. Ketidakseimbangan kapasitas antar stasiun kerja menimbulkan penumpukan barang *work in process* pada stasiun kerja tertentu. Stasiun kerja yang menjadi *buffer of constraints* adalah stasiun kerja 3. Langkah penambahan kapasitas *resource* pada stasiun kerja 3 akan menimbulkan masalah baru apabila kapasitas *resource* pada stasiun kerja lainnya tidak diseimbangkan.

Untuk meningkatkan keuntungan perusahaan dengan keterbatasan *resource* maka dilakukan pengoptimalan *resource* reguler untuk mencapai nilai *throughput* maksimal. Nilai *throughput* maksimal didapat dengan memilih produk yang akan diproduksi pada kapasitas *resource* reguler yang tersedia. Penggunaan *resource* akan optimal untuk menghasilkan *throughput* yang maksimal jika produk A-102 dan A-103 menjadi prioritas untuk dipenuhi. Sedangkan produk A-101 dan A-104 akan dipenuhi apabila kapasitas *resource* masih tersedia setelah seluruh *demand* A-102 dan A-103 terpenuhi.

Kondisi *bottleneck* dapat berpotensi memberikan kerugian senilai Rp 281.379.000 yang disebabkan oleh tidak terpenuhinya *demand* produk A-101 dan A-104. Selain kerugian finansial langsung akibat *lost sales*, kerugian akibat kehilangan konsumen perlu dipertimbangkan.

Penggunaan alternatif *resource jam over time* memberikan nilai *throughput* sebesar Rp 1.017.694.600 atau peningkatan 17,88% dari titik optimal pada kapasitas reguler. Kapasitas alternatif *resource* dari *jam over time* belum bisa memenuhi seluruh kekurangan *resource*, sehingga masih terdapat *demand* yang belum dapat dipenuhi. Selain itu, penggunaan *jam over time* yang tinggi untuk beberapa periode berturut-turut akan melanggar aturan ketenagakerjaan. Namun alternatif ini memiliki kelebihan yaitu mudah dikoordinasikan dan produk yang dihasilkan sesuai dengan standar perusahaan.

Alternatif pemenuhan kekurangan *resource* dengan menggunakan sumber daya eksternal perusahaan dapat dilakukan dengan menggunakan buruh harian lepas, atau melalui sub kontrak (produk diproduksi oleh perusahaan lain).

Penambahan kapasitas *resource* menggunakan alternatif dari tenaga kerja *out sourcing* harian atau buruh harian lepas akan memberikan total Rp 1.003.644.100 atau peningkatan 16,25% dari titik optimal pada kapasitas reguler. Nilai *throughput* lebih kecil dibandingkan dengan penggunaan *jam over time* dikarenakan penggunaan tenaga kerja/buruh harian mengeluarkan biaya tambahan yang lebih besar, adanya biaya makan, biaya lepas dan upah dibayarkan berdasarkan banyaknya produk bukan pada jumlah *jam kerja*. Dibandingkan dengan *over time* dan tenaga kerja harian, penggunaan alternatif sub kontrak produksi memberikan nilai *throughput* terkecil, hanya memberikan peningkatan 9,04% dari *throughput* pada kapasitas reguler.

Penambahan kapasitas *man hours* dengan penambahan tenaga kerja reguler/operator produksi reguler dapat mengatasi kekurangan kapasitas dan meningkatkan *throughput* perusahaan, namun juga menambah beban *fix cost* perusahaan. Penambahan tenaga kerja membuat beban kerja lebih stabil dan berdampak pada konsistensi pengerjaan produk. Peningkatan kapasitas *man hours* dengan perekrutan tenaga kerja/operator produksi dapat mengatasi masalah *bottleneck*. Perbaikan sistem dengan peningkatan kapasitas *resource* reguler dilakukan dengan menambahkan 6 tenaga kerja/operator produksi, yaitu 1 orang pada SK-1, 1 orang pada SK-2, 3 orang pada SK-3 dan 1 orang pada SK-4.

Peningkatan kapasitas produksi dengan menambahkan 6 tenaga kerja/operator produksi tetap akan memberikan kondisi *bottleneck* pada stasiun kerja 1 dan 4 pada periode 8, 9, 10 dan 12. Kondisi *bottleneck* ini dapat diatasi dengan menggunakan *resource over time*. Komposisi penambahan tenaga kerja ditentukan dengan mempertimbangkan *fix cost* yang paling minimum

namun dapat memenuhi seluruh kebutuhan kapasitas.

Pada kondisi penambahan kapasitas regular, dan jika produk yang tidak dapat dipenuhi pada periode 8, 9, 10 dan 12 diabaikan akan memberikan nilai *throughput* sebesar Rp 1.049.366.100, dengan peningkatan 21,54% dari nilai *throughput* pada kapasitas regular eksisting. Jika kekurangan *resource* dipenuhi dengan menggunakan kapasitas *over time* nilai *throughput* menjadi Rp 1.056.763.100 atau 22,40% dari nilai *throughput* pada kapasitas eksisting. Penggunaan kapasitas *over time* pada alternatif ini masih di dalam batasan aturan ketenagakerjaan. Alternatif ini tidak hanya menyelesaikan permasalahan pemenuhan *demand* tetapi juga perbaikan kapasitas internal eksisting.

## VI. KESIMPULAN

Setiap sistem memiliki keterbatasan (*constraints*) dalam mencapai titik *throughput* maksimal. Identifikasi elemen-elemen yang menjadi *constraints* dan *buffer* perlu dilakukan. Proses identifikasi, eksploitasi, subordinasi dan evaluasi *constraints* adalah proses yang tidak pernah berhenti, layaknya sebuah roda PDCA (*plan-do-check-action*). Penelitian ini menggunakan pendekatan TOC untuk menganalisis sistem produksi PT XYZ. Penerapan aplikasi TOC di PT XYZ hanya dilakukan pada bagian produksi. Pencarian solusi pada pendekatan TOC dikembangkan menggunakan metode lain yang sesuai. Penelitian ini mengembangkan metode pemecahan masalah dengan program linier. Metode lain yang dapat digunakan seperti metode penjadwalan ataupun kesetimbangan lintasan produksi (*line balancing*).

Hasil pengolahan data disimpulkan sumber daya (*resource*) yang menjadi kendala (*constraints*) adalah jumlah tenaga kerja produksi atau operator (*man power*). Jumlah tenaga kerja yang kurang menyebabkan jumlah jam kerja yang dibutuhkan tidak mencekupi, dan terjadi *bottleneck* pada lintasan produksi. *Throughput* produksi yang dapat dicapai dengan mengoptimalkan sumber daya eksisting (*resources regular*) adalah Rp 819.148.490. Produk yang memberikan *throughput* maksimal adalah produk A-102 dan A-103. Nilai *throughput* yang dapat diperoleh pada kapasitas eksisting dari total *demand* yang ada adalah 74.43%. Untuk memenuhi seluruh *demand* dikembangkan beberapa alternatif solusi. Alternatif solusi peningkatan kapasitas produksi yang memberikan nilai *throughput* maksimal dibandingkan dengan alternatif lain yang dikembangkan adalah

penambahan jumlah tenaga kerja/operator produksi.

## REFERENSI

- [1] Sipper, D. dan Bulfin R., *Production: Planning, Control and Integration*, New York: Mc. Graw Hill, 1998.
- [2] Şimşit, Zeynep Tuğçe, Günay, Noyan Sebla, dan Vayvay Ozalp, "Theory of Constraints: A Literature Review," *Science direct-Social and Behavioral Sciences*, vol. 150, pp. 930 – 936, 2014.
- [3] Aguliar-Escobar, V.G., Garindo-Vega, P., and Zamora, "Applying the theory of constraints to the logistics service of medical records of a hospital," *European Research on Management and Business Economics*, vol. 22, pp. 139–146, Sep. 2015.
- [4] Verma, R., "Management Science, Theory of Constraints/Optimized Production Technology and Local Optimization," *Elsivier Science – Journal Management Science*, vol 25 (2), pp. 189-200, 1997.
- [5] Contas, J., Ponte, B., Fuente, D., Pino, R., dan Puche, J., "Applying Goldratt's Theory of Constraints to Reduce the Bullwhip Effect Trough Agent-Based Modeling," *Science Direct - Expert Systems with Applications*, 2014.
- [6] Gunadi, "Aplikasi Theory Of Constraints pada Perusahaan Pengiriman (Studi Kasus PT Nusa Cargo)," *Jurnal Ekonomi Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Indonesia (STEI)*, Jakarta, 2014.
- [7] Dettmer, H. dan Goldratt's, *Theory of Constraint: A system Approach to Continous Improvement*, Milwaukee: ASQC, 1997.
- [8] Okutmus, E., Kahveci , A., and Kartašova, J., "Using theory of constraints for reaching optimal product mix: An a application in the furniture sector," *Science direct-Intellectual Economics*, vol. 9, pp.138–149, Feb 2016.
- [9] Makridakis, *Wheelwright, and Hyndman. Forecasting Method and Applications*, New Delhi: Wiley, 2015.
- [10] Wignjosobroto, S., *Ergonomi, Studi Gerak & waktu*, Jakarta: Penerbit Guna widya, 1995.
- [11] Reid, R. A., "Applying the TOC five-step focusing process in the service sector: A banking subsystem," *Managing Service Quality*, vol. 17(2), pp. 209–234, 2007.
- [12] Šukalová,Viera dan Ceniga, Pavel, "Application of The Theory of Constraints Instrument in The Enterprise Distribution System," *in Proc. Procedia Economics and Finance*, 2015, paper Vol. 23 pp. 134 – 139.
- [13] Gupta, M., "Constraints management–recent advances and practices," *International Journal of Production Research*, vol. 41(4), pp. 647–659, 2003.