

# Optimalisasi Proses Produksi dengan Metode *Theory of Constraint* (TOC) berbasis Perbaikan *Drum Buffer Rope* (DBR)

## *Optimization of the Production Process using the Theory of Constraints (TOC) Method based on Drum-Buffer-Rope (DBR) Improvements*

<sup>1</sup>Destiara Nabila Widyarsa\*, <sup>2</sup>Rr. Rochmoeljati

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

<sup>1,2</sup>Jl. Rungkut Madya No. 1, Gunung Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294, Indonesia

\*e-mail: [destiarawidyarsa@gmail.com](mailto:destiarawidyarsa@gmail.com), [rochmoeljati@upnjatim.ac.id](mailto:rochmoeljati@upnjatim.ac.id)

(received: 9 May 2025, revised: 17 May 2025, accepted: 17 May 2025)

### Abstrak

Salah satu usaha di bidang industri manufaktur alas kaki yang berlokasi di Surabaya dalam beberapa tahun terakhir mengalami peningkatan permintaan produksi pada sandal wanita dan sandal pria. Permasalahan utama yang terjadi yaitu terdapat *bottleneck* di stasiun kerja tertentu akibat kapasitas yang tidak seimbang, sehingga menghambat kelancaran aliran produksi. Untuk mengatasi kendala tersebut, dilakukan penelitian menggunakan metode *Theory of Constraints* (TOC) berbasis konsep *Drum-Buffer-Rope* (DBR) serta *Linear Programming* (LP). Tahapan penelitian meliputi identifikasi *constraints*, eksploitasi *constraints*, subordinasi *non-constraints*, dan elevasi *constraints*. Hasil analisis menunjukkan adanya *constraint* pada stasiun kerja pelapisan dan perekatan yang berdampak pada *throughput* sistem produksi. Dilakukan penambahan waktu lembur pada stasiun-stasiun tersebut untuk meningkatkan kapasitas produksi. Hasil implementasi menunjukkan peningkatan *throughput* dari Rp39.849.260 dengan 1.594 *unit* menjadi Rp46.490.330 dengan 1.860 *unit*, mencerminkan kenaikan sebesar 14,3%. Temuan ini menunjukkan bahwa penerapan TOC dan DBR secara efektif dapat menyeimbangkan aliran proses, mengoptimalkan stasiun kerja *bottleneck*, dan memperbaiki *throughput* produksi.

**Kata Kunci:** *bottleneck, drum buffer rope, sandal, theory of constraint*

### Abstract

*One footwear manufacturing company located in Surabaya has experienced an increase in production demand for both women's and men's sandals in recent years. The main issue faced by the company is the presence of bottlenecks at specific workstations due to unbalanced capacity, which disrupts the smooth flow of the production process. To address this issue, the study applies the Theory of Constraints (TOC) method based on the Drum-Buffer-Rope (DBR) concept, in combination with Linear Programming (LP). The research stages include identifying the constraints, exploiting the constraints, subordinating non-constraints, and elevating the constraints. The analysis results indicate that the coating and bonding workstations are the main constraints affecting the system's throughput. To overcome this, overtime was added at these workstations to increase production capacity. The implementation results showed an improvement in throughput from IDR 39,849,260 with 1,594 units to IDR 46,490,330 with 1,860 units, reflecting a 14.3% increase. These findings demonstrate that the application of TOC and DBR can effectively balance the production flow, optimize bottleneck workstations, and enhance overall production throughput.*

**Keywords:** *bottleneck, drum buffer rope, slippers, theory of constraint*

## 1 Pendahuluan

Industri merupakan suatu konteks kegiatan yang dilakukan oleh manusia dalam sektor ekonomi dengan tujuan untuk mentransformasikan sekumpulan *input*. Transformasi tersebut menghasilkan

<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

*output* berupa barang atau jasa yang mendapatkan peningkatan nilai berdasarkan standar yang telah ditetapkan [1]. Produksi adalah fungsi penting dalam organisasi yang bertujuan menambahkan nilai pada produk melalui berbagai aktivitas, sehingga menghasilkan *output* yang bernilai bagi organisasi industri [2]. Salah satu elemen penting yang dapat mendorong perusahaan menjadi unggul yaitu penerapan sistem produksi yang efisien dan efektif. Untuk meningkatkan efisiensi proses produksi, perusahaan perlu melakukan berbagai upaya perbaikan. Aktivitas manufaktur sangat penting dalam kelangsungan bisnis. Apabila proses produksi mengalami gangguan, maka seluruh aktivitas perusahaan pun dapat terhenti. Maka dari itu, menjaga kelancaran proses produksi menjadi prioritas utama demi menjamin kelangsungan bisnis secara keseluruhan [3].

XYZ merupakan salah satu usaha yang memproduksi berbagai jenis alas kaki, seperti sandal dan sepatu yang bergerak di sektor industri manufaktur. Dalam beberapa tahun terakhir, permintaan produk mengalami peningkatan, namun perusahaan menghadapi tantangan dalam efisiensi proses produksi. Masalah utama yang dihadapi adalah ketidakseimbangan aliran produksi yang menyebabkan terjadinya *bottleneck* terutama pada stasiun kerja pelapisan dan perekatan. Hal ini mengakibatkan menurunnya kinerja dalam memenuhi permintaan pasar. Untuk membentuk dan menyeimbangkan beban kerja pada setiap stasiun kerja, tujuan utama dari penyiapan lintasan produksi adalah memastikan alokasi kerja yang optimal [4]. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi terhadap kendala-kendala pada sistem produksi yang dihadapi dengan menerapkan metode *Theory of Constraint* (TOC) berbasis perbaikan *Drum buffer rope* (DBR). Penelitian ini akan menganalisis permasalahan tersebut guna menemukan solusi yang tepat untuk mengatasi proses produksi dengan fokus pada identifikasi dan optimasi stasiun kerja yang mengalami *bottleneck*. Dengan menggunakan pendekatan TOC diharapkan dapat menyeimbangkan aliran proses, meningkatkan *throughput*, dan mengoptimalkan kapasitas kerja pada berbagai stasiun produksi.

## 2 Tinjauan Literatur

Gagasan utama dari *Theory of Constraint* yaitu pendekatan yang menekankan peningkatan proses dengan berfokus pada elemen yang menjadi kendala utama dalam sistem. Dengan mengoptimalkan elemen tersebut, perusahaan dapat meningkatkan *output* secara keseluruhan dan mencapai keberhasilan dalam operasional produksinya [5]. Salah satu studi yang signifikan dilakukan oleh penelitian Kemaluddin dan Praseyaningsih [6] yang meneliti penerapan TOC di PT Pindad. Dalam penelitian ini, mengidentifikasi bahwa *bottleneck* terjadi di stasiun kerja pengelasan dan mig, yang memiliki kapasitas yang kecil dibandingkan dengan stasiun kerja lainnya. Dengan menerapkan TOC, perusahaan dapat mengeksploitasi *bottleneck* tersebut dan melakukan penyesuaian aliran produksi. Hasilnya, berhasil menurunkan utilitas *bottleneck* dari 168,72% menjadi 84,36% serta meningkatkan keuntungan perusahaan secara signifikan dengan penerapan TOC dan pendekatan DBR.

Selanjutnya, penelitian oleh Agraprana dan Donoriyanto [7] di CV. Wijaya Mandiri Label juga menyoroti penerapan TOC untuk mengatasi kendala kapasitas yang dihadapi oleh perusahaan. Dalam penelitian ini, ditemukan bahwa stasiun kerja mengalami kelebihan beban, yang menyebabkan *output* yang dihasilkan tidak optimal. Dengan menggunakan pendekatan TOC, berhasil meningkatkan kapasitas produksi dan *throughput*. *Throughput* adalah laju di mana organisasi menghasilkan uang dari penjualan produk atau jasa [8]. Yang dimana hasil optimasi menunjukkan peningkatan produksi OPP menjadi 5.438,42 *unit*, sehingga *throughput* meningkat menjadi Rp 23.113.300, atau mengalami kenaikan sebesar Rp 6.332.300 (27,4%).

Di sisi lain, Bidiawati dan Setiawati [9] melakukan penelitian yang berfokus pada pengoptimalan aliran produksi menggunakan metode *Drum Buffer Rope* (DBR) dalam industri pembuatan meubel. Perbaikan dengan metode *Drum Buffer Rope* (DBR) dipilih karena mampu mengoptimalkan sistem produksi dengan memaksimalkan kinerja *bottleneck* dan meningkatkan *throughput* [10]. Ditemukan ketidakseimbangan aliran produksi dan kurangnya jadwal produksi yang optimal menyebabkan tingginya tingkat *Work In Process* (WIP). Penelitian ini menunjukkan hasil terbaik dengan total makespan selama 93.723,43 menit dan waktu *idle* yang lebih rendah di setiap stasiun kerja. Dengan penerapan TOC, stasiun kerja amplas yang sebelumnya kekurangan kapasitas kini dapat beroperasi dengan maksimal, mencapai 100% kapasitas.

Selain itu, penelitian [11] juga membahas penerapan *Theory Of Constraint* (TOC) dalam penjadwalan sistem *Drum-Buffer-Rope* (DBR) di industri manufaktur. Jurnal ini menjelaskan bahwa penerapan TOC dan DBR dapat membantu perusahaan dalam mengelola sumber daya secara lebih

<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

efektif, mengurangi biaya operasional, dan meningkatkan *throughput*. Konsep DBR berfungsi untuk mengatur aliran produksi dengan cara mengembangkan jadwal berdasarkan kendala utama, sehingga memastikan bahwa setiap bagian dari proses produksi beroperasi secara optimal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan TOC dan sistem DBR secara signifikan meningkatkan kinerja operasional perusahaan. Beberapa studi kasus yang diulas dalam jurnal ini menunjukkan peningkatan *throughput* hingga 50%, pengurangan inventaris WIP, dan peningkatan persentase pengiriman tepat waktu.

Dalam penelitian [12] membahas penerapan DBR dalam TOC di PT Phapros Semarang untuk mengatasi masalah *bottleneck* pada stasiun kerja di bagian kemas. Hasil analisis menunjukkan bahwa labelling 3 adalah stasiun dengan *bottleneck* terbesar, dengan kapasitas yang dibutuhkan jauh melebihi kapasitas yang tersedia. Penerapan DBR dilakukan dengan menempatkan *drum* pada stasiun *bottleneck*, *buffer* untuk melindungi aliran produksi, dan *rope* sebagai pengendali pelepasan material ke lini produksi. *Time buffer* terbesar dialokasikan ke *labelling 3* (256 menit) untuk mengurangi dampak *bottleneck*. Dengan penerapan DBR, diharapkan *throughput* dapat meningkat dan inventory dapat diminimalkan tanpa perlu investasi besar dalam penambahan kapasitas.

Dari kelima penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penerapan metode *Theory of Constraint* (TOC) dan pendekatan *Drum Buffer Rope* (DBR) secara signifikan dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas di berbagai sektor industri. Oleh karena itu, penelitian ini dapat merujuk pada kelima studi tersebut sebagai landasan atau referensi utama yang berfokus pada penerapan TOC dan DBR di XYZ untuk merumuskan strategi perbaikan yang lebih komprehensif, yang diharapkan mampu memberikan yang berarti dalam mendorong peningkatan produktivitas dan memperkuat daya saing di industri alas kaki.

### 3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di XYZ yang bertempat di Surabaya, Jawa Timur pada bulan Februari 2025 hingga seluruh data yang diperlukan mencukupi guna memastikan keakuratan hasil yang diinginkan. Objek pada penelitian ini yaitu pada sandal wanita dan sandal pria. Adapun variabel terikat pada penelitian ini yaitu jumlah kapasitas produksi optimal, sedangkan variabel bebasnya adalah permintaan produksi, target produksi dan produksi aktual, stasiun kerja, waktu proses produksi, jumlah tenaga kerja, faktor efisiensi dan utilitas. Data yang digunakan pada penelitian ini yaitu pengumpulan data primer dan juga sekunder. Data primer didapat dari *interview* dan observasi langsung yang bertujuan untuk memperoleh informasi terkait proses produksi *performance rating*, dan *allowance*. Data sekunder dikumpulkan dari dokumen dan laporan yang relevan seperti data permintaan produksi, target produksi dan produksi aktual, tenaga kerja, serta faktor efisiensi utilitas. Setelah data terkumpul, dilakukan analisis dengan menggunakan metode *Theory of Constraint* (TOC). Tahapan pertama adalah identifikasi *constraint*, yaitu mengidentifikasi kendala melalui aliran produksi dan perhitungan kapasitas. Selanjutnya, dilakukan tahap eksploitasi *constraint*, dengan menyusun model optimasi menggunakan metode *linear programming* untuk menentukan jumlah produksi optimal berdasarkan batasan kapasitas tiap stasiun kerja. Tahap berikutnya adalah subordinasi *non-constraint*, yaitu menyesuaikan alur kerja pada stasiun *non-bottleneck* dengan penerapan ilustrasi *drum buffer rope*. Kemudian, dilakukan elevasi *constraint* untuk mengidentifikasi dan mengatasi kendala dalam proses produksi.

### 4 Hasil dan Pembahasan

Hasil dari pengolahan data yang dibahas bertujuan untuk meningkatkan efisiensi proses produksi dengan memanfaatkan *Theory Of Constraint* (TOC) berbasis *Drum Buffer Rope* (DBR). Pembahasan mencakup proses identifikasi *constraint*, eksploitasi *constraint*, subordinasi *non-constraint*, dan elevasi *constraint*.

#### 4.1 Pengumpulan Data

Pengukuran waktu kerja dilakukan dengan metode *stopwatch time study*, yaitu mengukur waktu kerja dengan menggunakan *stopwatch* sebagai alat utama [13]. Dalam produksi sandal wanita dan sandal pria terdapat lima stasiun kerja yaitu pemotongan, pelapisan, perekatan, sol, dan *finishing*. Berikut ini adalah waktu siklus sandal wanita yang disajikan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Waktu pengamatan sandal wanita**

Waktu Siklus	Waktu Pengamatan (Menit)				
	SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-5
1	4,40	6,60	6,28	1,74	3,25
2	4,42	6,79	6,25	2,25	3,14
3	3,97	7,16	5,50	2,15	3,07
4	4,14	6,80	6,12	1,85	2,76
5	3,92	7,22	6,15	2,14	3,27
6	4,34	6,75	5,64	2,22	2,97
7	4,17	7,17	6,15	1,93	3,20
8	3,87	7,25	5,82	1,92	2,74
9	4,15	6,82	6,45	1,83	3,00
10	4,31	6,72	6,22	2,22	3,16
11	4,44	7,13	5,58	2,23	2,63
12	4,23	7,12	5,54	2,32	3,17
13	3,82	6,76	6,18	2,27	2,64
14	3,89	7,12	5,89	1,88	2,67
15	4,21	6,89	5,52	2,12	3,23

Berikut data mengenai permintaan sandal wanita dan pria serta faktor efisiensi dan utilitas terdapat dalam Tabel 2 dan Tabel 3.

**Tabel 2. Data permintaan produksi sandal**

Bulan	Rekapitulasi Permintaan Produksi Sandal	
	Sandal Wanita (Unit)	Sandal Pria (Unit)
April 2024	950	820
Mei 2024	880	800
Juni 2024	900	780
Juli 2024	890	910
Agustus 2024	650	500
September 2024	900	850
Oktober 2024	1000	850
November 2024	600	730
Desember 2024	1000	800
Januari 2025	750	550
Februari 2025	950	800
Maret 2025	920	850

**Tabel 3. Data faktor efisiensi dan utilitas**

Stasiun Kerja	Efisiensi	Utilitas
SK-1	81%	86%
SK-2	81%	86%
SK-3	81%	86%
SK-4	81%	86%
SK-5	81%	86%

## 4.2 Pengolahan Data

Berdasarkan hasil analisis diperoleh waktu baku pada setiap stasiun kerja yang terlibat dalam proses produksi sandal, sebagaimana terdapat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Hasil perhitungan waktu baku**

Stasiun Kerja	Waktu Baku (Menit)	
	Sandal Wanita	Sandal Pria
SK-1	5,420	6,089
SK-2	9,121	8,791
SK-3	8,640	8,645
SK-4	3,171	3,086
SK-5	4,073	4,130

### a. Identifikasi *Constraint*

Identifikasi stasiun kerja yang menjadi *bottleneck* dilakukan dengan menganalisis selisih antara kapasitas tersedia (CA) dan kapasitas yang dibutuhkan (CR) pada setiap stasiun. *Capacity available* (Kapasitas Tersedia) adalah jumlah kapasitas produksi yang dapat disediakan oleh suatu sumber daya, sedangkan *capacity requirement* merujuk pada faktor yang membatasi kemampuan sistem untuk mencapai tingkat kinerja yang lebih optimal dalam proses produksi [14]. Nilai selisih ini digunakan sebagai indikator untuk mengevaluasi apakah kapasitas suatu stasiun kerja memadai dalam mendukung proses produksi. Apabila selisih menunjukkan nilai negatif, maka hal ini menandakan kekurangan kapasitas dan stasiun tersebut berpotensi menjadi *bottleneck*. Sebaliknya, nilai positif menunjukkan bahwa kapasitas mencukupi dan tidak menimbulkan hambatan signifikan dalam aliran produksi.

**Tabel 5. Perhitungan kapasitas tersedia (ca), kapasitas dibutuhkan (cr), dan varians**

Stasiun Kerja	Bulan	Kap. Tersedia (CA) (Menit)	Kap. Dibutuhkan (CR) (Menit)	Varians	Keterangan
1	April 2024	14011	10141,9	3868,9	Terpenuhi
	Mei 2024	14011	9640,7	4370,1	Terpenuhi
	Juni 2024	14011	9627,3	4383,5	Terpenuhi
	Juli 2024	15178	10364,7	4813,7	Terpenuhi
	Agustus 2024	14595	6567,4	8027,2	Terpenuhi
	September 2024	14595	10053,5	4541,1	Terpenuhi
	Oktober 2024	15178	10595,5	4582,8	Terpenuhi
	November 2024	15178	7696,9	7481,5	Terpenuhi
	Desember 2024	14595	10291,1	4303,5	Terpenuhi
	Januari 2025	14595	7413,9	7180,7	Terpenuhi
	Februari 2025	14011	10020,1	3990,7	Terpenuhi
	Maret 2025	14595	10161,9	4432,7	Terpenuhi
	2	April 2024	14011	15873,3	-1862,5
Mei 2024		14011	15059	-1048,2	Tidak Terpenuhi
Juni 2024		14011	15065,6	-1054,8	Tidak Terpenuhi
Juli 2024		15178	16117,2	-938,8	Tidak Terpenuhi
Agustus 2024		14595	10324	4270,6	Terpenuhi
September 2024		14595	15681	-1086,4	Tidak Terpenuhi
Oktober 2024		15178	16593,1	-1414,7	Tidak Terpenuhi
November 2024		15178	11889,8	3288,6	Terpenuhi
Desember 2024		14595	16153,5	-1558,9	Tidak Terpenuhi

Stasiun Kerja	Bulan	Kap. Tersedia (CA) (Menit)	Kap. Dibutuhkan (CR) (Menit)	Varians	Keterangan
3	Januari 2025	14595	11675,6	2919,0	Terpenuhi
	Februari 2025	14011	15697,5	-1686,7	Tidak Terpenuhi
	Maret 2025	14595	15863,4	-1268,8	Tidak Terpenuhi
	April 2024	14011	15297	-1286,2	Tidak Terpenuhi
	Mei 2024	14011	14519,3	-508,5	Tidak Terpenuhi
	Juni 2024	14011	14519,2	-508,4	Tidak Terpenuhi
	Juli 2024	15178	15556,7	-378,3	Tidak Terpenuhi
	Agustus 2024	14595	9938,5	4656,1	Terpenuhi
	September 2024	14595	15124,3	-529,7	Tidak Terpenuhi
	Oktober 2024	15178	15988,3	-809,9	Tidak Terpenuhi
	November 2024	15178	11495	3683,4	Terpenuhi
	Desember 2024	14595	15556	-961,4	Tidak Terpenuhi
4	Januari 2025	14595	11234,8	3359,8	Terpenuhi
	Februari 2025	14011	15124,1	-1113,2	Tidak Terpenuhi
	Maret 2025	14595	15297,1	-702,5	Tidak Terpenuhi
	April 2024	14011	5543,2	8467,6	Terpenuhi
	Mei 2024	14011	5259,5	8751,3	Terpenuhi
	Juni 2024	14011	5261,2	8749,6	Terpenuhi
	Juli 2024	15178	5630,7	9547,7	Terpenuhi
	Agustus 2024	14595	3604,3	10990,3	Terpenuhi
	September 2024	14595	5477,3	9117,3	Terpenuhi
	Oktober 2024	15178	5794,4	9384	Terpenuhi
	November 2024	15178	4155,6	11022,8	Terpenuhi
	Desember 2024	14595	5640	8954,6	Terpenuhi
5	Januari 2025	14595	4075,7	10518,9	Terpenuhi
	Februari 2025	14011	5481,5	8529,3	Terpenuhi
	Maret 2025	14595	5540,7	9053,9	Terpenuhi
	April 2024	14011	7256,7	6754,2	Terpenuhi
	Mei 2024	14011	6888,9	7121,9	Terpenuhi
	Juni 2024	14011	6887,8	7123	Terpenuhi
	Juli 2024	15178	7384	7794,4	Terpenuhi
	Agustus 2024	14595	4712,9	9881,7	Terpenuhi
	September 2024	14595	7176,9	7417,7	Terpenuhi
	Oktober 2024	15178	7584,2	7594,1	Terpenuhi
	November 2024	15178	5459,2	9719,1	Terpenuhi
	Desember 2024	14595	7377,7	7216,9	Terpenuhi
Januari 2025	14595	5326,8	9267,8	Terpenuhi	
Februari 2025	14011	7174	6836,8	Terpenuhi	
Maret 2025	14595	7258,4	7336,2	Terpenuhi	

Berdasarkan Tabel 5, dapat disimpulkan bahwa *bottleneck* terjadi pada stasiun kerja pelapisan (SK-2) dan perekatan (SK-3) selama periode April 2024, Mei 2024, Juni 2024, Juli 2024, September 2024, Oktober 2024, Desember 2024, Februari 2025, Maret 2025. Hal ini terjadi karena kapasitas

waktu produksi di stasiun-stasiun tersebut tidak memenuhi permintaan produksi, yang dimana akan menghambat kelancaran proses produksi secara keseluruhan. Sebaliknya, stasiun kerja pemotongan (SK-1), sol (SK-4), finishing (SK-5) menunjukkan performa yang stabil dan mampu memenuhi kapasitas waktu produksi dari April 2024 – Maret 2025.

#### b. Eksploitasi Constraint

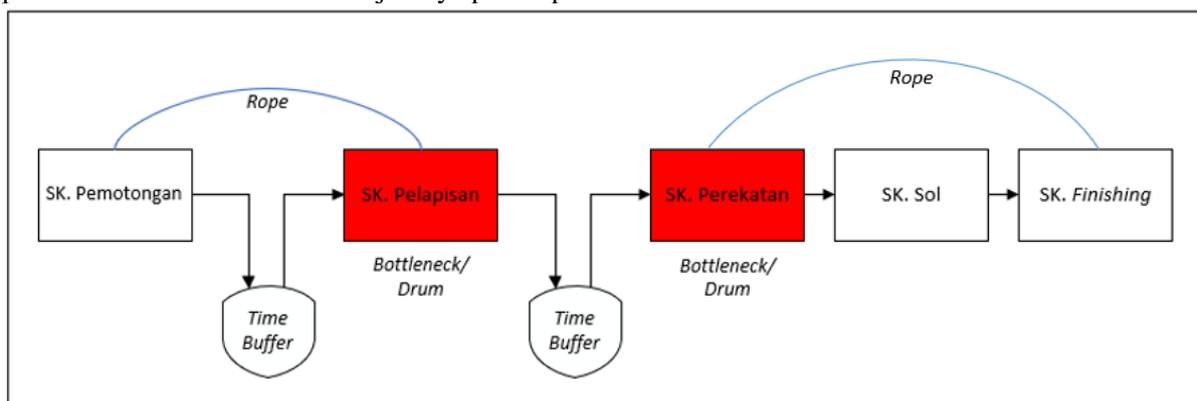
Untuk memperoleh hasil *throughput* dan jumlah produksi yang optimal, diperlukan upaya eksploitasi terhadap *constraint* yang ada, yaitu dengan memaksimalkan performa stasiun kerja yang mengalami *bottleneck* melalui pendekatan *linear programming*. Pemograman linier merupakan suatu metode matematika berbentuk linier untuk menentukan suatu solusi optimal [15]. Berdasarkan hasil pengumpulan data, diketahui bahwa produk sandal wanita memiliki nilai *throughput* per *unit* sebesar Rp20.000, sedangkan produk sandal pria memiliki nilai *throughput* sebesar Rp25.000. Berdasarkan identifikasi *bottleneck* pada tabel 5, ditemukan bahwa stasiun kerja pelapisan (SK-2) dan perekatan (SK-3) menjadi titik hambatan utama selama 9 bulan terakhir.

$$\begin{aligned} \text{Maksimal } Z &= 20000x_1 + 25000x_2 \\ \text{s.t.} \quad &: 5,42x_1 + 6,09x_2 \leq 14011 \\ &9,12x_1 + 8,79x_2 \leq 14011 \\ &8,64x_1 + 8,65x_2 \leq 14011 \\ &3,17x_1 + 3,09x_2 \leq 14011 \\ &4,07x_1 + 4,13x_2 \leq 14011 \\ &x_1 \leq 10390 \\ &x_2 \leq 9240 \\ &x_1, x_2 \geq 0 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui nilai  $x_1 = 0$  dan  $x_2 = 1.593,97$ . Maka nilai  $Z = 20000x_1 + 25000x_2$  adalah  $Z = 20000(0) + 25000(1.593,97) = 39.849.260$ .

#### c. Subordinasi Non-constraint

Pada penelitian ini, subordinasi *non-constraint* diterapkan sebagai upaya untuk menyelaraskan seluruh aktivitas produksi dengan kapasitas dan ritme dari *constraint* yang telah ditentukan. Dengan pendekatan *Drum Buffer Rope* (DBR), proses subordinasi ini bertujuan untuk mengoptimalkan aliran produksi dan meminimalkan terjadinya penumpukan atau keterlambatan.



Gambar 1. Ilustrasi *drum-buffer-rope*

Berdasarkan Gambar 1 di atas, *drum* sebagai stasiun kerja *bottleneck* yang menyesuaikan seluruh proses dengan kapasitas *bottleneck*, *buffer* ditempatkan pada stasiun sebelum stasiun *bottleneck* untuk menjaga aliran produksi dari stasiun sebelumnya, sehingga dapat mengurangi hambatan dan mencegah penumpukan produk dalam sistem produksi. Sementara *rope* mengendalikan aliran agar tidak terjadi *overproduction*.

#### d. Elevasi Constraint

Untuk meningkatkan kapasitas pada stasiun kerja yang menjadi kendala (*constraint*), dilakukan penyesuaian dan perbaikan (*improvement*) guna meningkatkan *throughput* sistem secara menyeluruh. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada Tabel 5, diketahui bahwa stasiun kerja pelapisan dan perekatan belum mampu memenuhi permintaan kapasitas, sehingga diperlukan tindakan perbaikan. Langkah peningkatan ini dilakukan melalui pendekatan metode *drum-buffer-rope* (DBR), di mana usulan perbaikan tersebut diharapkan dapat mendukung memperbaiki hambatan dalam proses

produksi. Solusi yang diajukan adalah penerapan lembur kerja sebagai bentuk upaya optimalisasi. Rencana lembur ini akan dilakukan dengan durasi lembur sebanyak 1 jam. Perhitungan mengenai kapasitas waktu tersedia (CA), kapasitas waktu yang dibutuhkan (CR), serta varians setelah penerapan lembur tersebut dapat dilihat pada Tabel 6 berikut.

**Tabel 6. Pemberian solusi penambahan waktu lembur kerja**

Stasiun Kerja	Bulan	Kap. Tersedia (CA) (Menit)	Kap. Dibutuhkan (CR) (Menit)	Varians	Keterangan
1	April 2024	16346	10141,9	6204,1	Terpenuhi
	Mei 2024	16346	9640,7	6705,3	Terpenuhi
	Juni 2024	16346	9627,3	6718,6	Terpenuhi
	Juli 2024	17708	10364,7	7343,5	Terpenuhi
	Agustus 2024	17027	6567,4	10459,6	Terpenuhi
	September 2024	17027	10053,5	6973,5	Terpenuhi
	Oktober 2024	17708	10595,5	7112,6	Terpenuhi
	November 2024	17708	7696,9	10011,2	Terpenuhi
	Desember 2024	17027	10291,1	6735,9	Terpenuhi
	Januari 2025	17027	7413,9	9613,2	Terpenuhi
	Februari 2025	16346	10020,1	6325,9	Terpenuhi
	Maret 2025	17027	10161,9	6865,1	Terpenuhi
	2	April 2024	16346	15873,3	472,7
Mei 2024		16346	15059	1286,9	Terpenuhi
Juni 2024		16346	15065,6	1280,3	Terpenuhi
Juli 2024		17708	16117,2	1590,9	Terpenuhi
Agustus 2024		17027	10324	6703	Terpenuhi
September 2024		17027	15681	1346,1	Terpenuhi
Oktober 2024		17708	16593,1	1115	Terpenuhi
November 2024		17708	11889,8	5818,3	Terpenuhi
Desember 2024		17027	16153,5	873,5	Terpenuhi
Januari 2025		17027	11675,6	5351,4	Terpenuhi
Februari 2025		16346	15697,5	648,5	Terpenuhi
Maret 2025		17027	15863,4	1163,7	Terpenuhi
3		April 2024	16346	15297	1049
	Mei 2024	16346	14519,3	1826,7	Terpenuhi
	Juni 2024	16346	14519,2	1826,8	Terpenuhi
	Juli 2024	17708	15556,7	2151,4	Terpenuhi
	Agustus 2024	17027	9938,5	7088,5	Terpenuhi
	September 2024	17027	15124,3	1902,7	Terpenuhi
	Oktober 2024	17708	15988,3	1719,8	Terpenuhi
	November 2024	17708	11495	6213,1	Terpenuhi
	Desember 2024	17027	15556	1471	Terpenuhi
	Januari 2025	17027	11234,8	5792,3	Terpenuhi
	Februari 2025	16346	15124,1	1221,9	Terpenuhi
	Maret 2025	17027	15297,1	1729,9	Terpenuhi
	4	April 2024	16346	5543,2	10802,7
Mei 2024		16346	5259,5	11086,4	Terpenuhi

Stasiun Kerja	Bulan	Kap. Tersedia (CA) (Menit)	Kap. Dibutuhkan (CR) (Menit)	Varians	Keterangan
	Juni 2024	16346	5261,2	11084,7	Terpenuhi
	Juli 2024	17708	5630,7	12077,4	Terpenuhi
	Agustus 2024	17027	3604,3	13422,7	Terpenuhi
	September 2024	17027	5477,3	11549,8	Terpenuhi
	Oktober 2024	17708	5794,4	11913,8	Terpenuhi
	November 2024	17708	4155,6	13552,5	Terpenuhi
	Desember 2024	17027	5640	11387	Terpenuhi
	Januari 2025	17027	4075,7	12951,3	Terpenuhi
	Februari 2025	16346	5481,5	10864,5	Terpenuhi
	Maret 2025	17027	5540,7	11486,4	Terpenuhi
	April 2024	16346	7256,7	9089,3	Terpenuhi
	Mei 2024	16346	6888,9	9457	Terpenuhi
	Juni 2024	16346	6887,8	9458,2	Terpenuhi
	Juli 2024	17708	7384	10324,1	Terpenuhi
	Agustus 2024	17027	4712,9	12314,1	Terpenuhi
5	September 2024	17027	7176,9	9850,1	Terpenuhi
	Oktober 2024	17708	7584,2	10123,9	Terpenuhi
	November 2024	17708	5459,2	12248,9	Terpenuhi
	Desember 2024	17027	7377,7	9649,3	Terpenuhi
	Januari 2025	17027	5326,8	11700,3	Terpenuhi
	Februari 2025	16346	7174	9171,9	Terpenuhi
	Maret 2025	17027	7258,4	9768,7	Terpenuhi

Tabel 6 menunjukkan tidak terdapat variansi dengan nilai negatif. Dapat disimpulkan bahwa penambahan jam lembur sebagai solusi mengatasi *bottleneck* pada stasiun kerja pelapisan (SK-2) dan perekatan (SK-3). Dengan demikian, kapasitas waktu produksi cukup untuk memenuhi kebutuhan waktu produksi dan permintaan pelanggan. Oleh karena itu, penambahan jam lembur mempengaruhi jumlah *capacity available* (CA) pada stasiun kerja. Dengan demikian perlu dilakukan formulasi ulang dengan *linear programming* untuk penambahan kapasitas.

$$\begin{aligned} \text{Maksimal } Z &= 20000x_1 + 25000x_2 \\ \text{s.t.} \quad &: 5,42x_1 + 6,09x_2 \leq 16346 \\ &9,12x_1 + 8,79x_2 \leq 16346 \\ &8,64x_1 + 8,65x_2 \leq 16346 \\ &3,17x_1 + 3,09x_2 \leq 16346 \\ &4,07x_1 + 4,13x_2 \leq 16346 \\ &x_1 \leq 10390 \\ &x_2 \leq 9240 \\ &x_1, x_2 \geq 0 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui nilai  $x_1 = 0$  dan  $x_2 = 1.859,61$ . Maka nilai  $Z = 20000x_1 + 25000x_2$  adalah  $Z = 20000(0) + 25000(1.859,61) = 46.490.330$ . Berikut adalah *throughput* yang diperoleh dari proses sebelum dan setelah perbaikan.

**Tabel 7. Rekapitulasi *throughput***

	X1	X2	<i>Throughput</i>
<b>Kondisi awal</b>	0	1.593,97	39.849.260
<b>Penambahan waktu lembur</b>	0	1.859,61	46.490.330

$$\text{Hasil kenaikan } \textit{throughput} = \text{Hasil akhir } \textit{throughput} - \text{Hasil awal } \textit{throughput}$$

$$\begin{aligned} &= \text{Rp}46.490.330 - \text{Rp}39.849.260 \\ &= \text{Rp}6.641.070 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Presentase peningkatan throughput} &= 100\% - \left[ \left( \frac{39.849.260}{46.490.330} \right) \times 100\% \right] \\ &= 100\% - [(0,857) \times 100\%] \\ &= 100\% - 85,7\% \\ &= 14,3\% \end{aligned}$$

Berdasarkan tabel dan perhitungan diatas, menunjukkan bahwa *throughput* pada kondisi awal sebesar Rp39.849.260, sedangkan *throughput* setelah penambahan waktu lembur sebesar Rp46.490.330. Sehingga didapatkan kenaikan *throughput* sebesar Rp6.641.070 atau persentase kenaikan sebesar 14,3%.

### 4.3 Hasil Penelitian

Dari perhitungan dan hasil analisis yang telah dilakukan dalam penelitian ini, dapat diketahui bahwa proses produksi di XYZ mengalami hambatan signifikan pada stasiun kerja pelapisan dan perekatan. Kedua stasiun tersebut menjadi titik *bottleneck* karena kapasitas yang tersedia tidak mampu memenuhi kebutuhan produksi, sehingga menghambat kelancaran aliran produksi. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penelitian ini menerapkan pendekatan *Theory of Constraints* (TOC) berbasis *Drum buffer rope* (DBR) melalui lima tahapan perbaikan sistem. Tahapan pertama adalah identifikasi *constraint*, yaitu mengidentifikasi kendala melalui aliran produksi dan perhitungan kapasitas. Selanjutnya, dilakukan tahap eksploitasi *constraint*, dengan menyusun model optimasi menggunakan metode *linear programming* untuk menentukan jumlah produksi optimal berdasarkan batasan kapasitas tiap stasiun kerja. Tahap berikutnya adalah subordinasi *non-constraint*, yaitu menyesuaikan alur kerja pada stasiun *non-bottleneck* dengan menghitung *time buffer* dan penerapan ilustrasi *drum buffer rope*. Lalu, dilakukan elevasi *constraint* dengan penambahan waktu lembur 1 jam. Berdasarkan tabel 6 menunjukkan bahwa dengan penambahan waktu lembur, kapasitas produksi pada setiap bulan tersebut dapat dikatakan cukup, sehingga mencegah terjadinya *bottleneck* dalam proses produksi.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa *throughput* meningkat dari Rp39.849.260 dengan 1.594 *unit* menjadi Rp46.490.330 dengan 1.860 *unit* atau naik sebesar Rp6.641.070 (sekitar 14,3%) setelah penerapan penambahan lembur. Selain itu, konsep *buffer* diterapkan untuk memastikan stasiun *bottleneck* selalu memiliki pasokan material yang cukup, sementara *rope* digunakan untuk mengatur pelepasan pekerjaan dari stasiun sebelumnya agar tidak terjadi penumpukan. Dengan menerapkan kelima tahapan tersebut secara sistematis, pendekatan TOC berbasis DBR dalam penelitian ini terbukti mampu menyeimbangkan aliran proses, mengoptimalkan stasiun kerja *bottleneck*, dan memperbaiki *throughput* produksi di XYZ.

## 5 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, stasiun kerja pelapisan dan perekatan menjadi titik hambatan utama yang menghambat kelancaran aliran produksi. Setelah dilakukan perbaikan, *throughput* mengalami peningkatan dari Rp39.849.260 dengan 1.594 *unit* menjadi Rp46.490.330 dengan 1.860 *unit*, yang mencerminkan kenaikan sebesar 14,3%. Dengan langkah-langkah perbaikan yang sistematis ini, *output* produksi sandal kini dapat memenuhi target yang telah ditetapkan, sehingga meningkatkan efisiensi dan daya saing perusahaan di pasar. Rekomendasi perbaikan dari permasalahan yang terjadi yaitu penambahan 1 jam lembur yang dimana menjadi 8 jam kerja per hari pada stasiun kerja berhasil meningkatkan kapasitas kerja dan memperbaiki aliran produksi secara keseluruhan. Hasil optimasi menggunakan metode *linear programming* menunjukkan peningkatan *throughput*. Maka hasil volume produksi yang diusulkan menghasilkan *throughput* yang maksimal karena lebih besar dari *throughput* perusahaan dan lebih optimal dalam pemenuhan kapasitas produksi dalam proses produksi.

## Referensi

- [1] E. Aryanny and A. Paramitha, "Optimalisasi Kapasitas Stasiun Kerja dengan Metode," *J. Ris. dan Konseptual*, Vol. 9, No. 4, pp. 1011–1021, 2024.
- [2] H. Henny, I. Andriana, and J. Ramadhan, "Perbaikan Posisi dan Postur Pekerja pada Operator Produksi Tahu UKM Subang," *J. Pengabd. Tek. dan Ilmu Komput.*, Vol. 2, No. 1, pp. 33–38, 2022, doi: 10.34010/petik.v2i1.7559.

- [3] Seli, P. P. Ardika, Afifah, and C. Anggraiyani, "Penerapan RCCP dan TOC untuk Optimalisasi Stasiun Kerja dalam Proses Produksi di Bengkel Cor Logam Sentosa Jaya," *J. Mech. Eng.*, Vol. 2, No. 1, pp. 1–9, 2025.
- [4] M. Ahyan, E. Kotto, and U. N. Harahap, "Usulan Perbaikan Lintasan Produksi dengan menggunakan Metode *Theory of Constraint* dan Metode *Moddie Young*," *J. Vor.*, Vol. 2, No. 1, pp. 59–70, 2021, doi: 10.54123/vorteks.v2i1.36.
- [5] H. Hasanah, A. Fatimah, and K. Ekasari, "Pendekatan *Theory of Constraints* untuk Peningkatan Laba," *J. Akutansi Indones.*, Vol. 16, No. 1, pp. 1–13, 2020.
- [6] R. P. Kemaluddin and E. Prasetyaningsih, "Perbaikan Stasiun Kerja *Bottleneck* melalui Penerapan *Theory of Constraint* di PT. Pindad (Persero)," *Bandung Conf. Ser. Ind. Eng. SCI.*, Vol. 2, No. 2, pp. 262–270, 2022, doi: 10.29313/bcsies.v2i2.3562.
- [7] A. A. Agraprana and D. S. Donoriyanto, "*Optimization of Production Process by Applying Theory of Constraint ( TOC ) at CV . Wijaya Mandiri Label*," *IJIEM (Indonesian J. Ind. Eng. Manag.*, Vol. 5, No. 1, pp. 192–200, 2024, doi: 10.22441/ijiem.v5i1.22515.
- [8] G. Hamidah and Hastuti, "Penerapan *Theory of Constraints* (TOC) untuk meningkatkan Kapasitas Produksi dan Laba Perusahaan (Studi Kasus pada UMKM Keripik Sari Asih)," *Indones. Account. Lit. J.*, Vol. 5, No. 2, pp. 124–138, 2025.
- [9] A. Bidiawati and L. Setiawati, "Kajian *Drum-Buffer-Rope* berbasis *Theory of Constraint* untuk menyeimbangkan Aliran Produksi," *Ina. J. Ind. Qual. Eng.*, Vol. 8, No. 1, pp. 59–68, 2020, doi: 10.34010/iqe.v8i1.2764.
- [10] J. A. Widiawati and A. A. Sibarani, "Usulan Penjadwalan *Flow Shop* dengan Metode *Drum buffer rope* dan *Campbell, Dudek, Smith* (CDS) untuk mengurangi Keterlambatan d Perusahaan Tekstile," *Electr. Eng. Informatics, Ind. Technol. Creat. Media*, Vol. 4, No. 1, pp. 245–258, 2024, [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/299926805.pdf>
- [11] M. V Shamuvel, Pandit, and G. R. Naik, "*Application of Theory of Constraints on Scheduling of Drum-Buffer-Rope System*," *IOSR J. Mech. Civ. Eng. (IOSR-JMCE)*, pp. 15–20, 2020.
- [12] A. Bakhtiar *et al.*, "Penerapan *Drum-Buffer-Rope* pada Stasiun *Bottleneck* PT Phapros Semarang dengan *Theory of Constraint*," *Pros. Ind. Eng. Conf.*, pp. 70–76, 2020.
- [13] A. Y. Pradana and F. Pulansari, "Analisis Pengukuran Waktu Kerja dengan *Stopwatch Time Study* untuk meningkatkan Target Produksi di PT. Xyz," *Juminten*, Vol. 2, No. 1, pp. 13–24, 2021, doi: 10.33005/juminten.v2i1.217.
- [14] A. P. Utama and D. E. A. Prasetio, "Menggunakan Metode *Rought Cut Capacity Planning ( RCCP )* dalam menentukan Kapasitas Produksi Batu Bata," *Pros. Semin. Nas. Forkepti I4.0 Tek. dan Manaj. Ind.*, Vol. 1, pp. 26–35, 2021.
- [15] V. I. Tutuarima, R. Narendra, R. Akbarita, and G. T. Swastika, "*Tcomparison of Profit Optimization using Linear Programming and Cutting Plane Methods (Case Study : Home Industry Potatora Bakery)*," *Proc. Int. Semin. Business, Educ. Sci.*, Vol. 1, No. August, pp. 98–106, 2022, doi: 10.29407/int.v1i1.2679.