

Optimalisasi Kapasitas Stasiun Kerja dengan Pendekatan *Theory of Constraint* untuk Meningkatkan Jumlah Produksi

Optimization of Workstation Capacity using the Theory of Constraints Approach to Increase Production Output

¹Fadilla Umeida Putri*, ²Enny Aryanny

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional
"Veteran" Jawa Timur

^{1,2}Jl. Rungkut Madya No. 1, Gunung Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294, Indonesia

*e-mail: fadillaup27@gmail.com, enny.ti@upnjatim.ac.id

(received: 28 January 2025, revised: 31 January 2025, accepted: 2 February 2025)

Abstrak

Sebuah perusahaan manufaktur di Surabaya yang memproduksi berbagai produk berbahan dasar logam sedang menghadapi masalah *bottleneck* terutama dalam produksi *steel door* dan *fire door* akibat ketidakseimbangan kapasitas mesin dan waktu siklus. Masalah ini menyebabkan penumpukan barang setengah jadi dan menurunkan efisiensi produksi. Untuk mengatasinya, penelitian ini menerapkan metode *Theory of Constraints* (TOC) untuk merancang ulang perencanaan produksi melalui lima tahap utama. Berdasarkan hasil perhitungan RCCP menunjukkan *bottleneck* terjadi pada stasiun kerja *bending* (SK-2), *assembly* (SK-3), dan *painting* (SK-5). Untuk mengatasi hal tersebut, dilakukan penambahan waktu lembur selama 7 jam di ketiga stasiun pada bulan Juli sampai November 2024. Langkah ini berhasil meningkatkan produksi *fire door* dari 89 unit dengan *throughput* Rp178.000.000 menjadi 167 unit dengan *throughput* Rp334.000.000, meningkat sebesar Rp156.000.000 atau 46,7%. Dengan demikian, usulan ini terbukti efektif dalam mengoptimalkan *throughput* dan memaksimalkan pemanfaatan kapasitas produksi.

Kata kunci: *bottleneck, fire door, rough cut capacity planning, steel door, theory of constraints*

Abstract

A manufacturing company in Surabaya that produces various metal-based products is facing *bottleneck* issues, particularly in the production of *steel doors* and *fire doors*, due to an imbalance in machine capacity and cycle time. This problem has led to an accumulation of semi-finished goods and a decline in production efficiency. To address this issue, this study applies the *Theory of Constraints* (TOC) to redesign production planning through five key stages. Based on *Rough-Cut Capacity Planning* (RCCP) calculations, *bottlenecks* were identified at the *bending workstation* (SK-2), *assembly workstation* (SK-3), and *painting workstation* (SK-5). To mitigate these constraints, an additional 7 hours of overtime was implemented at these three workstations from July to November 2024. This strategy successfully increased *fire door* production from 89 units with a *throughput* of Rp178,000,000 to 167 units with a *throughput* of Rp334,000,000, reflecting a growth of Rp156,000,000 (46.7%). These findings demonstrate that the proposed approach is effective in optimizing *throughput* and maximizing production capacity utilization.

Keywords: *bottleneck, fire door, rough cut capacity planning, steel door, theory of constraints*

1 Pendahuluan

Dalam industri yang kompetitif, perbaikan berkelanjutan diperlukan untuk meningkatkan produktivitas dan mempertahankan daya saing. Proses produksi adalah salah satu aktivitas paling krusial dalam perusahaan. Apabila proses ini terhenti, maka seluruh operasional perusahaan akan mengalami gangguan [1]. Kapasitas stasiun kerja menjadi faktor kunci keberhasilan dalam mencapai

target produksi dan efisiensi operasional, yang mencerminkan output maksimum suatu fasilitas dalam waktu tertentu [2]. Kapasitas diartikan sebagai jumlah maksimal *output* yang dapat dihasilkan oleh fasilitas produksi dalam jangka waktu tertentu, yang menunjukkan tingkat produksi tertinggi yang dapat dicapai dalam periode tersebut [3]. Perencanaan kapasitas yang tepat membantu meningkatkan efisiensi, mengoptimalkan sumber daya, dan menjaga keunggulan kompetitif perusahaan.

Manufaktur merupakan industri yang menggunakan peralatan canggih dan sistem manajemen terukur untuk mengubah bahan mentah menjadi produk jadi yang siap dipasarkan. Sistem manufaktur bekerja secara sistematis dan terintegrasi untuk memastikan kualitas dan kuantitas produk sesuai kebutuhan konsumen [4] [5]. PT XYZ merupakan perusahaan manufaktur di Surabaya yang berdiri sejak 2005, awalnya berfokus pada jasa *laser* dan potong tekuk plat dengan presisi tinggi. Seiring waktu, perusahaan berkembang menjadi industri fabrikasi bertaraf internasional yang memproduksi berbagai produk, termasuk *customize product*, sistem pintu baja dan pintu tahan api, komponen kereta api, penahan balok bekisting, dan produk arsitektur. Namun, perusahaan menghadapi permasalahan penumpukan barang setengah jadi pada produksi *steel door* dan *fire door*, yang melibatkan lima stasiun kerja utama yaitu *laser*, *bending*, *assembly*, *sanding*, dan *painting*. Penumpukan bahan setengah jadi terjadi terutama di stasiun *laser* dan *sanding*, yang menyebabkan *bottleneck* di stasiun berikutnya yaitu *bending*, *assembly*, dan *painting* akibat kapasitas mesin yang belum optimal. Ketidaksesuaian *cycle time* antarproses semakin memperburuk ketidakseimbangan alur produksi, yang mengarah pada penundaan penyelesaian produk akhir dan peningkatan risiko kerusakan barang akibat penyimpanan yang terlalu lama.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dilakukan penelitian terkait optimasi kapasitas stasiun kerja dengan menerapkan metode *Theory of Constraints* (TOC). Pendekatan ini diharapkan mampu mengurangi *bottleneck* pada stasiun kerja, sehingga aliran produksi dapat berjalan lebih efektif dan efisien. *Theory of Constraints* (TOC), yang diperkenalkan oleh Eliyahu M. Goldratt pada 1980-an, berfokus pada keterbatasan yang menghambat kinerja perusahaan. Metode ini membantu perusahaan meningkatkan efisiensi, khususnya dalam mengurangi waktu tunggu yang menggambarkan durasi proses perubahan bahan mentah menjadi produk jadi [6]. Penjadwalan dengan TOC dapat mengurangi *bottleneck* produksi dengan memprioritaskan stasiun *constrain* dan menyesuaikan jadwal di stasiun *non-constrain* [7]. Penelitian ini mengusulkan penerapan metode *Theory of Constraints* (TOC) untuk mengurangi *bottleneck* di stasiun kerja *bending*, *assembly*, dan *painting* guna meningkatkan jumlah produksi dan *throughput* pada produk *steel door* dan *fire door* di PT XYZ. TOC diharapkan dapat mengatasi penumpukan bahan setengah jadi, meningkatkan produktivitas, dan mempercepat aliran produksi. Dengan mengoptimalkan penggunaan sumber daya, perusahaan dapat meningkatkan keuntungan dan lebih kompetitif di pasar.

2 Tinjauan Literatur

Theory of Constraints sering digunakan oleh perusahaan untuk mengidentifikasi dan mengatasi *bottleneck* yang menghambat kelancaran proses produksi. Metode ini membantu perusahaan dalam mengoptimalkan alur produksi dengan memaksimalkan pemanfaatan sumber daya pada titik-titik kritis yang menjadi hambatan utama. Penelitian Samosir dan Setiawannie [8] fokus pada optimalisasi stasiun kerja *heat treatment* yang mengalami *bottleneck*, yang menghambat aliran produksi dan menyebabkan keterlambatan pengiriman serta kebutuhan ruang penyimpanan tambahan. *Bottleneck* merupakan situasi di mana beberapa stasiun kerja beroperasi dengan kapasitas penuh, sedangkan stasiun kerja lainnya terhenti atau tidak aktif karena harus menunggu bahan baku atau *input* dari stasiun kerja sebelumnya [9]. Masalah ini dapat diidentifikasi melalui perhitungan menggunakan metode *Rough Cut Capacity Planning* (RCCP), yang menunjukkan bahwa pada bulan Juli 2022, stasiun *heat treatment* mengalami kekurangan kapasitas terbesar sebesar 10.343.170 detik. Untuk mengatasi kendala tersebut, beberapa alternatif solusi diajukan, seperti penambahan *shift* kerja dan mesin di stasiun kerja *heat treatment*. Implementasi solusi ini berhasil mengoptimalkan stasiun *heat treatment* dan mengurangi penumpukan produk yang terjadi sebelumnya.

Penelitian Ahadi [10] membahas penerapan *Theory of Constraints* (TOC) dalam mengatasi *bottleneck* pada lini produksi tiang pancang bulat di PT Wijaya Karya Beton Tbk, salah satu produsen dan distributor beton terbesar di Indonesia. Permasalahan utama ditemukan pada stasiun kerja *Mould Spinning*, yang menjadi sumber kendala dalam proses produksi karena membutuhkan waktu lebih

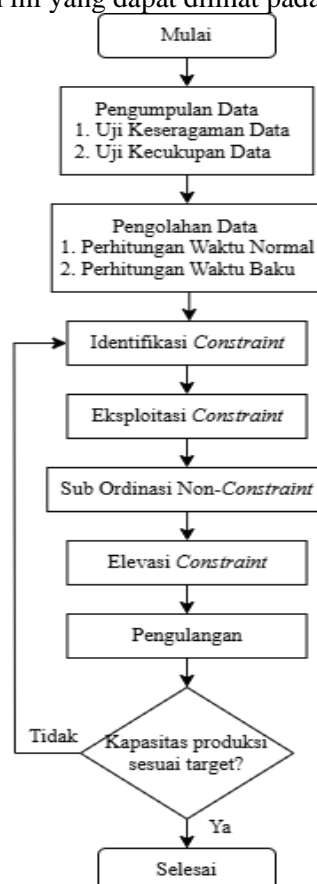
lama dengan tingkat utilisasi yang mencapai 128%, lebih tinggi dari stasiun kerja lainnya. Metode TOC digunakan untuk mengidentifikasi *bottleneck*, menghitung *buffer time* sebelum dan sesudah stasiun kendala, dan mengoptimalkan penjadwalan produksi. *Buffer time* bertujuan untuk menjaga laju produksi (*throughput*) agar tidak terhambat [11]. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan *buffer time* sebesar 0,427 jam sebelum stasiun kerja kendala dan 0,125 jam setelahnya berhasil membantu mengurangi *bottleneck*.

Penelitian Giu, dkk [3] bertujuan untuk mengoptimalkan kapasitas produksi tepung kelapa yang mengalami ketidakseimbangan dalam proses produksi sehingga menyebabkan fluktuasi produksi di PT Royal Coconut. Penelitian ini menggunakan metode *Rough Cut Capacity Planning* (RCCP), yang berfungsi untuk menghitung kebutuhan kapasitas produksi serta membandingkannya dengan kapasitas aktual yang tersedia di lapangan [12]. Penelitian ini juga mengukur waktu siklus di berbagai stasiun kerja menggunakan metode *stopwatch time study* dimana pengukuran dilakukan secara singkat dan berulang [13]. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa stasiun kerja Bodega menjadi *bottleneck* karena kapasitasnya yang rendah dibandingkan stasiun lainnya, sehingga tidak dapat memenuhi permintaan produksi. Untuk mengatasi hal ini, perusahaan perlu menambahkan jam lembur sebanyak 1,81 jam per operator, yang diharapkan dapat mengurangi hambatan dan meningkatkan kapasitas produksi secara signifikan.

Ketiga penelitian terdahulu akan dijadikan acuan dalam penelitian ini, sehingga fokus dan tujuan yang telah direncanakan, yaitu menggunakan metode *Theory of Constraint* (TOC) dengan perhitungan *Rough Cut Capacity Planning* (RCCP) dapat tercapai dengan selaras.

3 Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT XYZ, yang berlokasi di Surabaya, Jawa Timur. Objek penelitian berupa data yang diperoleh dari berbagai stasiun kerja yang terletak di bagian produksi *steel door* dan *fire door*, meliputi seluruh aspek yang berkaitan dengan aliran produksi perusahaan. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan November 2024 hingga seluruh data yang diperlukan diperoleh dengan lengkap, guna memastikan keakuratan hasil yang diinginkan. Berikut merupakan alur pemecahan masalah pada penelitian ini yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur pemecahan masalah

Langkah-langkah pemecahan masalah yang dilakukan pada penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data

Berdasarkan jenisnya, Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer mencakup waktu siklus setiap stasiun kerja, sementara data sekunder mencakup informasi mengenai permintaan produksi, produksi aktual selama periode Juni-November 2024, sumber daya kerja, serta faktor efisiensi dan utilitas. Setelah pengumpulan data, dilakukan uji keseragaman dan kecukupan data yang ditampilkan pada persamaan 1 sampai persamaan 4. Selanjutnya, hasil pengukuran dikelompokkan ke dalam *subgroup* untuk analisis lebih lanjut.

$$BKA = \bar{x} + k \cdot \sigma \quad (1)$$

$$BKB = \bar{x} - k \cdot \sigma \quad (2)$$

Standar deviasi dihitung dengan rumus:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (3)$$

Setelah data seragam, dilakukan uji kecukupan data dengan rumus:

$$N' = \left[\frac{k \sqrt{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2 \quad (4)$$

Keterangan:

BKA = Batas kontrol atas

BKB = Batas kontrol bawah

σ = Standar deviasi

\bar{x} = Rata – rata waktu pengamatan

N' = Kecukupan data

n = Banyak data yang diukur

k = Tingkat kepercayaan

s = Derajat ketelitian

2. Pengolahan Data

Metode pengolahan data dalam penelitian ini melibatkan perhitungan waktu normal dan waktu baku. Waktu normal digunakan untuk menghitung durasi kerja dengan kapasitas rata-rata dalam kondisi yang wajar. Di sisi lain, waktu baku merujuk pada waktu yang dibutuhkan oleh pekerja untuk menyelesaikan tugasnya dalam keadaan normal, dengan menggunakan sistem kerja yang optimal [14]. Berikut ditampilkan perhitungan waktu normal dan waktu baku pada persamaan 5 dan persamaan 6.

$$Wn = Ws \times Pr \quad (5)$$

$$Wb = Wn \times \frac{100\%}{100\% - allowance(\%)} \quad (6)$$

Keterangan:

Ws = waktu siklus

Pr = *performance rating*

Wn = waktu normal

Allowance = tingkat kelonggaran

3. Identifikasi Constraint

Langkah ini bertujuan untuk mengidentifikasi stasiun kerja yang mengalami *bottleneck* melalui persentase beban kerja yang dihasilkan. Untuk mengetahui stasiun kerja mengalami *bottleneck* atau tidak dapat dilakukan dengan melakukan perhitungan RCCP untuk mencari kapasitas tersedia (*Capacity Available*), kapasitas yang dibutuhkan (*Capacity Requirement*) dan varians [8] yang ditampilkan pada persamaan 7 sampai persamaan 9.

$$CA = \text{waktu tersedia} \times \text{efisiensi} \times \text{utilitas} \times \text{jumlah mesin} \quad (7)$$

$$CR = \sum_{k-i}^n a_k b_k \quad (8)$$

$$\text{Varians} = CA - CR \quad (9)$$

Keterangan:

a_{ik} = waktu standar pengerjaan elemen k pada stasiun kerja i

b_k = jumlah produk k yang akan diproses

CA = kapasitas tersedia

CR = kapasitas dibutuhkan

4. Eksploitasi *Constraint*

Tahap selanjutnya adalah eksploitasi *constraint* dimana perlu dilakukan analisis untuk mengetahui jumlah optimal unit yang dapat diproduksi dari sumber daya yang ada. Tujuan dari eksploitasi ini adalah untuk menghasilkan *output* yang maksimal dari kapasitas yang tersedia.

5. Sub Ordinasi Non- *Constraint*

Tahapan ini dilakukan untuk menyinkronkan setiap sumber daya selain *constraint* yang ada. Penerapan metode ini diharapkan mampu memfokuskan upaya perbaikan dengan lebih optimal.

6. Elevasi *Constraint*

Tahap ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas di stasiun kerja yang mengalami kendala, sehingga kapasitas dapat ditingkatkan sesuai dengan yang diinginkan.

7. Pengulangan

Setelah langkah-langkah di atas dilakukan, proses ini perlu diulang untuk terus memantau dan mengevaluasi hasil dari penerapan metode. Pengulangan akan memastikan bahwa sistem tetap optimal dan dapat menyesuaikan diri dengan perubahan kondisi produksi.

4 Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian ini menyajikan analisis optimalisasi kapasitas stasiun kerja menggunakan *Theory of Constraints* (TOC) untuk meningkatkan jumlah produksi. Pembahasan mencakup identifikasi *bottleneck*, penerapan solusi, serta evaluasi perbaikan yang dilakukan.

4.1 Pengumpulan Data

Pengukuran waktu kerja dilakukan melalui metode *stopwatch time study*, yaitu pengukuran yang menggunakan *stopwatch* sebagai alat untuk mencatat waktu [15]. Pada produksi *steel door* dan *fire door*, terdapat lima stasiun kerja, yaitu pemotongan (*laser*), penekukan (*bending*), perakitan (*assembly*), pengamplasan (*sanding*), dan pengecatan (*painting*). Berikut waktu siklus pada stasiun kerja *laser* yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Waktu siklus stasiun kerja laser (SK-1)

Siklus	Waktu Pengamatan (detik)					
	<i>Steel Door</i>			<i>Fire Door</i>		
	1	2	3	1	2	3
1	1.788	1.785	1.795	1.783	1.781	1.788
2	1.776	1.780	1.802	1.782	1.800	1.802
3	1.801	1.798	1.786	1.783	1.804	1.803
4	1.785	1.785	1.790	1.798	1.805	1.780
5	1.796	1.780	1.801	1.785	1.791	1.786
6	1.790	1.805	1.795	1.783	1.788	1.776
7	1.806	1.810	1.788	1.793	1.799	1.785
8	1.776	1.785	1.776	1.800	1.776	1.779
9	1.795	1.802	1.795	1.789	1.779	-
10	1.800	1.807	-	1.786	1.792	-
$\sum x$	51.978			50.096		
$\sum x^2$	93.165.252			89.631.090		

Berikut data permintaan produk *steel door* dan *fire door*, sumber daya kerja serta faktor efisiensi dan utilitas yang disajikan pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Data permintaan produk dan hari kerja

Bulan	Permintaan Produk		Hari Kerja
	<i>Steel Door</i> (Unit)	<i>Fire Door</i> (Unit)	

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

Bulan	Permintaan Produk		Hari Kerja
	Steel Door (Unit)	Fire Door (Unit)	
Juni 2024	13	71	19
Juli 2024	99	39	23
Agustus 2024	101	65	22
September 2024	95	70	20
Oktober 2024	115	53	23
November 2024	85	55	21

Tabel 3. Data sumber daya kerja dan faktor efisiensi serta utilitas

Stasiun Kerja	Jumlah Mesin (Unit)	Efisiensi	Utilitas
Laser (SK-1)	1	95%	92%
Bending (SK-2)	1	90%	92%
Assembly (SK-3)	4	90%	92%
Sanding (SK-4)	2	95%	92%
Painting (SK-5)	1	90%	92%

4.2 Pengolahan Data

Berdasarkan hasil perhitungan uji keseragaman dan uji kecukupan data, diperoleh pengukuran waktu baku untuk setiap stasiun kerja dalam proses produksi *steel door* dan *fire door*, yang dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Waktu baku steel door dan fire door

Stasiun Kerja	Waktu Baku (menit)	
	Steel Door	Fire Door
Laser (SK-1)	43	43
Bending (SK-2)	90	89
Assembly (SK-3)	292	324
Sanding (SK-4)	21	21
Painting (SK-5)	86	86

1. Identifikasi Constraint

Untuk mengidentifikasi lokasi *constraint* dalam proses produksi di setiap stasiun kerja, dilakukan pengukuran kapasitas waktu produksi yang dibutuhkan dengan metode *Rough Cut Capacity Planning* (RCCP). Penentuan stasiun kerja yang menjadi *bottleneck* dilakukan dengan menghitung selisih antara kapasitas yang tersedia (CA) dan kapasitas yang dibutuhkan (CR). Selisih ini digunakan sebagai indikator utama untuk menilai kecukupan kapasitas di masing-masing stasiun kerja. Jika selisihnya bernilai negatif, itu menunjukkan bahwa kapasitas yang tersedia tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan produksi, sehingga stasiun kerja tersebut dapat dianggap sebagai *bottleneck*. Sebaliknya, jika selisihnya bernilai positif, kapasitas yang tersedia dianggap cukup untuk memenuhi kebutuhan produksi tanpa adanya kendala besar. Berikut disajikan perhitungan varians pada Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan varians

Stasiun Kerja	Bulan	Kapasitas Waktu	Kapasitas Waktu	Varians	Keterangan
		Tersedia (CA) (menit)	Dibutuhkan (CR) (menit)		
1	Juni	7.970	3.612	4.358	Cukup
	Juli	9.648	5.934	3.714	Cukup
	Agustus	9.229	7.138	2.091	Cukup
	September	8.390	7.095	1.295	Cukup
	Oktober	9.648	7.224	2.424	Cukup
	November	8.809	6.020	2.789	Cukup
2	Juni	7.551	7.489	62	Cukup
	Juli	9.141	12.381	-3.240	Tidak Cukup
	Agustus	8.743	14.875	-6.132	Tidak Cukup
	September	7.948	14.780	-6.832	Tidak Cukup
	Oktober	9.141	15.067	-5.926	Tidak Cukup

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

Stasiun Kerja	Bulan	Kapasitas Waktu Tersedia (CA) (menit)	Kapasitas Waktu Dibutuhkan (CR) (menit)	Varians	Keterangan
	November	8.346	12.545	-4.199	Tidak Cukup
3	Juni	30.205	26.800	3.405	Cukup
	Juli	36.564	41.544	-4.980	Tidak Cukup
	Agustus	34.974	50.552	-15.578	Tidak Cukup
	September	31.795	50.420	-18.625	Tidak Cukup
	Oktober	36.564	50.752	-14.188	Tidak Cukup
	November	33.384	42.640	-9.256	Tidak Cukup
4	Juni	15.941	1.764	14.177	Cukup
	Juli	19.297	2.898	16.399	Cukup
	Agustus	18.458	3.486	14.972	Cukup
	September	16.780	3.465	13.315	Cukup
	Oktober	19.297	3.528	15.769	Cukup
	November	17.619	2.940	14.679	Cukup
5	Juni	7.551	7.224	327	Cukup
	Juli	9.141	11.868	-2.727	Tidak Cukup
	Agustus	8.743	14.276	-5.533	Tidak Cukup
	September	7.948	14.190	-6.242	Tidak Cukup
	Oktober	9.141	14.448	-5.307	Tidak Cukup
	November	8.346	12.040	-3.694	Tidak Cukup

Berdasarkan Tabel 5 di atas, dapat diketahui bahwa *bottleneck* terjadi pada stasiun kerja *bending* (SK-2), *assembly* (SK-3), dan *painting* (SK-5) di bulan Juli sampai November 2024. Hal ini disebabkan oleh kapasitas waktu produksi yang tidak mencukupi untuk memenuhi kebutuhan produksi. Kondisi ini menunjukkan adanya kendala pada stasiun-stasiun tersebut dalam mendukung aliran produksi yang optimal. Sedangkan stasiun kerja *laser* (SK-1) dan *sanding* (SK-5) secara konsisten mampu memenuhi kapasitas waktu produksi yang diperlukan pada bulan Juni sampai November 2024.

2. Eksploitasi Constraint

Tahap eksploitasi *constraint* bertujuan untuk memaksimalkan kinerja stasiun kerja yang mengalami *bottleneck*, sehingga hambatan produksi dapat diminimalkan. Berdasarkan pengumpulan data dapat diketahui bahwa produk *steel door* menghasilkan jumlah *throughput* sebesar Rp 1.500.000, sedangkan pada produk *fire door* menghasilkan *throughput* sebesar Rp 2.000.000. Untuk mendapatkan nilai *throughput* dan jumlah produksi yang optimal perlu dilakukan eksploitasi *constraint* dengan memaksimalkan kinerja pada stasiun kerja yang memiliki *bottleneck* dengan menggunakan metode *linear programming*.

Maksimal: $Z = 1.500.000x_1 + 2.000.000x_2$

s.t. : $90x_1 + 89x_2 \leq 7.948$

$292x_1 + 324x_2 \leq 31.795$

$86x_1 + 86x_2 \leq 7.948$

$x_1 \leq 508$

$x_2 \leq 353$

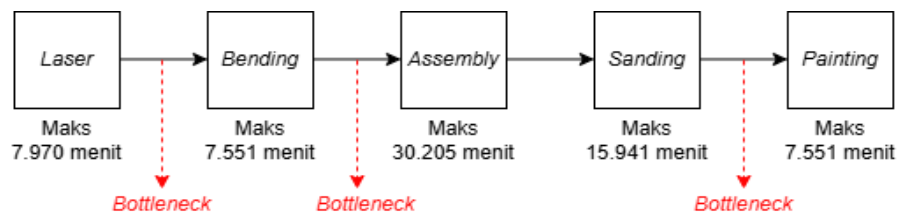
$x_1, x_2 \geq 0$

Berdasarkan hasil perhitungan *linear programming* dapat disimpulkan bahwa nilai $x_1 = 0$ dan $x_2 = 89$ maka nilai $Z = 1.500.000(0) + 2.000.000(89) = 178.000.000$. Hal tersebut menunjukkan bahwa *throughput* maksimum yang akan diperoleh sebesar Rp 178.000.000.

3. Sub Ordinasi Non- Constraint

Proses subordinasi terhadap *constraint* bertujuan untuk mengoptimalkan *output* maksimal dari kendala yang ada, dengan menyesuaikan keputusan operasional berdasarkan kapasitas *constraint* tersebut. Untuk menjaga kinerja sistem secara keseluruhan, dilakukan subordinasi *non-constraint* yang berfungsi mengoptimalkan aliran kerja agar proses tetap berjalan secara efisien dan seimbang. Berikut ini dapat dilihat penggambaran aliran proses produksi *steel door* dan *fire door* dengan kapasitas maksimum setiap stasiun kerja yang dapat dilihat pada Gambar 2.

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



Gambar 2. Mapping kapasitas maksimum

4. Elevasi Constraint

Untuk mengurangi *bottleneck* yang terjadi, dilakukan upaya perencanaan ulang produksi melalui metode elevasi *constraint*. Berdasarkan hasil analisis dan eksploitasi pada stasiun kerja *bending* (SK-2), *assembly* (SK-3) dan *painting* (SK-5), ditemukan bahwa kapasitas kerja pada ketiga stasiun tersebut perlu ditingkatkan. Solusi yang diusulkan adalah menambahkan waktu lembur kerja sebagai langkah optimalisasi. Penambahan waktu lembur ini direncanakan untuk diterapkan pada stasiun kerja *bending* (SK-2), *assembly* (SK-3), dan *painting* (SK-5) di bulan Juli sampai November 2024 dengan durasi lembur selama 7 jam per hari. Berikut perhitungan kapasitas waktu tersedia (CA), kapasitas waktu dibutuhkan (CR), dan varians setelah penambahan waktu lembur dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pemberian solusi penambahan waktu lembur kerja

Stasiun Kerja	Bulan	Kapasitas Waktu Tersedia (CA)	Kapasitas Waktu Dibutuhkan (CR)	Varians	Keterangan
		(menit)	(menit)		
2	Juli	17.139	12.381	4.758	Cukup
	Agustus	16.394	14.875	1.519	Cukup
	September	14.904	14.780	124	Cukup
	Oktober	17.139	15.067	2.072	Cukup
	November	15.649	12.545	3.104	Cukup
3	Juli	68.558	41.544	27.014	Cukup
	Agustus	65.577	50.552	15.025	Cukup
	September	59.616	50.420	9.196	Cukup
	Oktober	68.558	50.752	17.806	Cukup
	November	62.596	42.640	19.956	Cukup
5	Juli	17.139	11.868	5.271	Cukup
	Agustus	16.394	14.276	2.118	Cukup
	September	14.904	14.190	714	Cukup
	Oktober	17.139	14.448	2.691	Cukup
	November	15.649	12.040	3.609	Cukup

5. Pengulangan

Pengulangan adalah tahap terakhir dalam *Theory of Constraint*. Pada tahap ini, dilakukan perhitungan ulang *Rough Cut Capacity Planning* (RCCP) untuk melihat dampak perubahan yang terjadi setelah perbaikan pada tahap elevasi. Hasil perhitungan ulang RCCP dengan menggunakan kapasitas yang dibutuhkan (CR) menunjukkan adanya perubahan pada kapasitas yang tersedia di stasiun kerja 1 hingga 5, akibat penambahan waktu lembur sebanyak 7 jam.

Tabel 7. Pengulangan setelah penambahan waktu lembur kerja

Stasiun Kerja	Bulan	Kapasitas Waktu Tersedia (CA)	Kapasitas Waktu Dibutuhkan (CR)	Varians	Keterangan
		(menit)	(menit)		
1	Juni	14.945	3.612	11.333	Cukup
	Juli	18.091	5.934	12.157	Cukup
	Agustus	17.305	7.138	10.167	Cukup
	September	15.732	7.095	8.637	Cukup
	Oktober	18.091	7.224	10.867	Cukup
	November	16.518	6.020	10.498	Cukup
2	Juni	14.158	7.489	6.669	Cukup
	Juli	17.139	12.381	4.758	Cukup

Stasiun Kerja	Bulan	Kapasitas Waktu Tersedia (CA) (menit)	Kapasitas Waktu Dibutuhkan (CR) (menit)	Varians	Keterangan
	Agustus	16.394	14.875	1.519	Cukup
	September	14.904	14.780	124	Cukup
	Oktober	17.139	15.067	2.072	Cukup
	November	15.649	12.545	3.104	Cukup
3	Juni	56.635	26.800	29.835	Cukup
	Juli	68.558	41.544	27.014	Cukup
	Agustus	65.577	50.552	15.025	Cukup
	September	59.616	50.420	9.196	Cukup
	Oktober	68.558	50.752	17.806	Cukup
	November	62.596	42.640	19.956	Cukup
4	Juni	29.890	1.764	28.126	Cukup
	Juli	36.183	2.898	33.285	Cukup
	Agustus	34.610	3.486	31.124	Cukup
	September	31.464	3.465	27.999	Cukup
	Oktober	36.183	3.528	32.655	Cukup
	November	33.037	2.940	30.097	Cukup
5	Juni	14.158	7.224	6.934	Cukup
	Juli	17.139	11.868	5.271	Cukup
	Agustus	16.394	14.276	2.118	Cukup
	September	14.904	14.190	714	Cukup
	Oktober	17.139	14.448	2.691	Cukup
	November	15.649	12.040	3.609	Cukup

Pada Tabel 7 menunjukkan bahwa perlu ditambahkan waktu lembur pada ketiga stasiun kerja tersebut, sehingga perlu dilakukan formulasi ulang dengan linear programming untuk penambahan kapasitas sebagai berikut:

$$\text{Maksimal: } Z = 1.500.000x_1 + 2.000.000x_2$$

$$\text{s.t. : } 90x_1 + 89x_2 \leq 14.904$$

$$292x_1 + 324x_2 \leq 59.616$$

$$86x_1 + 86x_2 \leq 14.904$$

$$x_1 \leq 508$$

$$x_2 \leq 353$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Berdasarkan hasil perhitungan *linear programming* dapat disimpulkan bahwa nilai $x_1 = 0$ dan $x_2 = 167$ maka $Z = 1.500.000(0) + 2.000.000(167) = 334.000.000$. Hal tersebut menunjukkan bahwa *throughput* maksimum yang akan diperoleh sebesar Rp334.000.000. Berikut adalah *throughput* yang diperoleh dari proses sebelum dan setelah perbaikan pada *constraint* di stasiun kerja yang mengalami *bottleneck*, yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Peningkatan *throughput*

	X1 (Unit)	X2 (Unit)	<i>Throughput</i>
Kondisi Awal	0	89	Rp 178.000.000
Penambahan Waktu Lembur	0	167	Rp 334.000.000

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

$$= \text{Rp } 334.000.000 - \text{Rp } 178.000.000$$

$$= \text{Rp } 156.000.000$$

$$\text{Presentase peningkatan } \textit{throughput} = 100\% - \left[\left(\frac{178.000.000}{334.000.000} \right) \times 100\% \right]$$

$$= 100\% - [(0,533) \times 100\%]$$

$$= 100\% - 53,3\%$$

$$= 46,7\%$$

Dari tabel di atas, menunjukkan bahwa *throughput* pada kondisi awal sebesar Rp178.000.000, sedangkan *throughput* setelah penambahan operator sebesar Rp334.000.000. Sehingga didapatkan kenaikan *throughput* sebesar Rp 156.000.000 atau persentase kenaikan sebesar 46,7%.

4.3 Hasil dan Pembahasan

Perencanaan ulang produksi dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah yang ada dalam metode *Theory of Constraints*. Langkah pertama adalah mengidentifikasi *constraint* melalui perhitungan *Rough Cut Capacity Planning* (RCCP), yang bertujuan untuk membandingkan kapasitas waktu produksi yang dibutuhkan untuk *steel door* dan *fire door* dengan kapasitas waktu produksi yang tersedia. Tahap kedua adalah eksploitasi stasiun kendala yang mengalami *bottleneck* melalui perhitungan varians dari kapasitas waktu produksi yang dibutuhkan dengan kapasitas waktu produksi yang tersedia. Hasil menunjukkan bahwa terdapat tiga stasiun kerja yaitu *bending* (SK-2), *assembly* (SK-3), dan *painting* (SK-5) memiliki nilai varians negatif, hal tersebut menandakan bahwa stasiun kerja tersebut mengalami *bottleneck*. Tahap ketiga adalah subordinasi, yang berfokus pada pengaturan aliran produksi dengan mempertimbangkan stasiun kerja yang mengalami *bottleneck* dan kapasitas maksimum setiap stasiun. Tahap keempat adalah elevasi stasiun kendala dengan penambahan waktu lembur selama 7 jam per hari. 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.

Berdasarkan hasil perhitungan *linear programming* terjadi peningkatan *throughput* pada produk *fire door*. Pada kondisi awal, *throughput* sebesar Rp178.000.000 dengan total 89 unit, sementara pada kondisi akhir mencapai Rp334.000.000 dengan total 167 unit. Total kenaikan *throughput* yang diperoleh sebesar Rp 156.000.000 atau dengan persentase kenaikan sebesar 46,7%. Dengan demikian, volume produksi yang diusulkan menghasilkan *throughput* yang maksimal karena lebih besar dari *throughput* perusahaan sebelumnya, serta lebih optimal dalam pemenuhan kapasitas produksi dalam proses produksi.

5 Kesimpulan

Pengoptimalan kapasitas stasiun kerja *bottleneck* di PT XYZ menggunakan metode *Theory of Constraint* dengan penambahan waktu lembur 7 jam per hari berhasil meningkatkan kapasitas produksi secara signifikan. Sebagai contoh, pada bulan Juli, kapasitas produksi di stasiun kerja *bending* (SK-2) dan *painting* (SK-5) meningkat dari 9.141 menit menjadi 17.139 menit, sementara di stasiun kerja *assembly* (SK-3), kapasitas meningkat dari 36.564 menit menjadi 68.558 menit. Peningkatan ini mengurangi *bottleneck* dan meningkatkan *throughput* produk *fire door*, dari 89 unit dengan Rp178.000.000 menjadi 167 unit dengan Rp334.000.000, yang setara dengan kenaikan sebesar 46,7%. Dengan demikian, usulan volume produksi mampu meningkatkan *throughput* dan memaksimalkan pemanfaatan kapasitas produksi. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk mempertimbangkan perencanaan ulang dengan metode yang lebih efektif.

Referensi

- [1] N. P. D. Arwini, "Roti, Pemilihan Bahan dan Proses Pembuatan," *J. Ilm. Vastuwidya*, vol. 4, no. 1, pp. 33–40, 2021, doi: 10.47532/jiv.v4i1.249.
- [2] A. Sugiatna, "Analisis Perencanaan Kapasitas Produksi dengan menggunakan Metoda *Rough Cut Capacity Planning* Pendekatan CPOF di PT. XYZ," *Sist. J. Ilm. Nas. Bid. Ilmu Tek.*, vol. 9, no. 02, pp. 28–32, 2021, doi: 10.53580/sistemik.v9i02.61.
- [3] J. D. Giu, S. Junus, and Y. Arifin, "Optimalisasi Kapasitas Produksi Tepung Kelapa dengan metode *Rough-Cut Capacity Planning*," *J. Teknol. Pertan. Gorontalo*, vol. 7, no. 1, pp. 41–50, 2022, doi: 10.30869/jtpg.v7i1.906.
- [4] H. T. Anaam K I and P. A. Y. W. Pranata R Y, Abdillah h, "Pengaruh Trend Otomasi dalam Dunia Manufaktur dan Industri," *Vocat. Educ. Natl. Semin.*, vol. 1, no. 1, pp. 46–50, 2022, <https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/VENS/article/view/15784>.
- [5] S. Kuswandi, "*Perancangan Teknik Industri*", Global Eksekutif Teknologi, 2022.
- [6] R. Ervil and Z. N. Yulanda, "Identifikasi Kendala pada Proses Produksi dengan menggunakan

- Theory of Constrain* (TOC) dalam mengoptimalkan Kapasitas Produksi PDAM Gunung Pangilun,” *J. Sains dan Teknol. J. Keilmuan dan Apl. Teknol. Ind.*, vol. 20, no. 2, p. 162, 2020, doi: 10.36275/stsp.v20i2.295.
- [7] E. Riadi and A. Suryati, “Proses Penjadwalan Jangka Pendek dengan *Theory Constraint* Asas Prioritas Bahan dan Alat yang diproduksi dalam Kegiatan Operasi Kamar Bedah di Rumah Sakit Umum Pekerja,” *Bussman J. Indones. J. Bus. Manag.*, vol. 3, no. 2, pp. 578–587, 2023, [Online]. Available: <http://bussman.gapenas-publisher.org/index.php/home/article/view/153/164>
- [8] R. Samosir and Y. Setiawannie, “Analisa Penerapan Metode *Theory of Constraint* untuk mengoptimalkan Stasiun Kerja di PT. XYZ,” *Jurnal Teknik Dan Industri*, vol. 1, no. 1, pp. 92–104, 2023.
- [9] A. Basuki and A. D. Cahyani, “Metode *Line Balancing Heuristik* untuk Penyelesaian Masalah terjadinya *Bottleneck* pada Lintasan Produksi,” *Rekayasa*, vol. 13, no. 3, pp. 317–323, 2020, doi: 10.21107/rekayasa.v13i3.19765.
- [10] A. A. Ahadi, “Penjadwalan Produksi dengan menggunakan *Theory of Constraint* pada Lini Produksi Tiang Pancang Bulat di PT Wijaya Karya Beton Tbk,” *SIJIE Sci. J. Ind. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 5–8, 2022, [Online]. Available: <https://www.jim.unindra.ac.id/index.php/sijie/article/view/302%0Ahttps://www.jim.unindra.ac.id/index.php/sijie/article/download/302/1281>
- [11] A. Bakhtiar, F. N. Ayu, D. Nurkertamanda, H. Suliantoro, and S. Hartini, “Penerapan *Drum-Buffer-Rope* pada Stasiun *Bottleneck* PT. Phapros Semarang dengan *Theory of Constraint*,” *Prosiding Industrial Engineering Conference (IEC)*, pp. 70–76, 2020, <http://eprints.upnyk.ac.id/id/eprint/24000>.
- [12] T. Hidayat, R. B. Ulum, and A. Widarman, “Rencana Kapasitas Produksi Pupuk dengan menggunakan Metode *Rough Cut Capacity Planning (RCCP)* pada PT. Pupuk Kujang,” *J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 2, no. 04, pp. 153–161, 2023, doi: 10.56127/jukim.v2i04.816.
- [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] B. I. Putra and R. B. Jakaria, “*Perancangan Sistem Kerja*”. UMSIDA Press, 2020.
- [15] E. Mahawati, I. Yuniwati, R. Ferinia, P. P. Rahayu, T. Fani, A. P. Sari, R. A. Setijaningsih, Q. Fitriyatunur, A. P. Sesilia, I. Mayasari, I. K. Dewi, and S. Bahri, “*Analisis Beban Kerja dan Produktivitas Kerja*”, *Yayasan Kita Menulis*. 2021.