

Analisa Penerapan Metode *Theory Of Constraint* Untuk Mengoptimalkan Stasiun Kerja Di PT. XYZ

Analysis Of The Application Of The Theory Of Constraint Method To Optimize At PT. XYZ

Robinson Samosir^{a,1}, Yuli Setiawannie^{b,2}

^{a,b}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Dan Ilmu Komputer, Universitas Potensi Utama
Jl. K.L. Yos Sudarso KM 6,5 Tanjung Mulia – Medan
robin017.rs@gmail.com¹; setiawannie79@gmail.com²

ABSTRAK

PT. XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang pengecoran logam dan pemasok suku cadang baja tahan aus ke pasar internasional terutama di pertambangan emas dan tembaga. Produk-produk yang dihasilkan terdiri dari ball mill linier, semi-autogenous grinding mills (SAG MILL), fastener, jaw crusher, cone crusher, mantle dan grinding media. Tahapan-tahapan proses produksi diperlihatkan pada stasiun-stasiun kerja antara lain moulding, furnace, knockout, heat treatment, fettling, quality control dan dispatch. PT. XYZ mengalami masalah penumpukan produk pada salah satu stasiun kerja. Identifikasi kendala dilakukan dengan hasil perhitungan rough cut capacity planning sehingga dapat diketahui stasiun kerja 4 heat treatment mengalami kekurangan kapasitas tersedia pada lantai produksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan stasiun kerja dan memberikan solusi perbaikan pada stasiun kerja 4 heat treatment yang mengalami kemacetan aliran proses produk. Pemecahan kendala kemacetan aliran produk yang diterapkan pada stasiun kerja 4 heat treatment adalah melalui penerapan theory of constraint untuk mengoptimalkan stasiun kerja yang mengalami penumpukan produk. Dari hasil perhitungan rough cut capacity planning dapat diketahui bahwa stasiun kerja yang mengalami penumpukan produk atau kekurangan kapasitas yang tersedia yang tertinggi pada bulan juli = 10.343.170 detik. Alternatif solusi yang diusulkan adalah penambahan mesin pada stasiun kerja heat treatment yang pada awalnya 19 unit mesin ditambah 3 unit mesin menjadi 22 unit mesin.

Kata Kunci : heat treatment, rough cut capacity planning, theory of constraint

ABSTRACT

PT. XYZ is a company manufacturing engaged in the field of casting metal. And supplier of spare parts for wear-resistant steel to the international market, especially in gold and copper. The resulting products consist of linear ball mills, semi-autogenous grinding mills (SAG MILLS), fasteners, jaw crushers, cone crushers, mantles, and grinding media. The stages of the production process shown on stations Work include molding, furnace, knockout, heat treatment, fettling, quality control, and dispatch. PT. XYZ experienced a problem with the buildup of products on Wrong One station work. Identification constraint done with results calculation rough cut capacity planning so can is known station work 4 heat treatment experienced lack capacity available on floor production. Study this aim For optimizing station Work And give solution repair on station work 4 heat treatment that experienced congestion product process flow. Solving constraint congestion Genre applied product on station work of 4 heat treatment is through the application of the theory of constraint to optimize work stations experiencing product buildup. From the results calculation rough cut capacity planning can is known that station experienced work_bottleneck product or lack highest available capacity ie on month July = 10,343,170 seconds. An alternative proposed solution is the addition of machines plus 3 units of machines into 22 unit of the machine.

Keywords : heat treatment, rough cut capacity planning, theory of constraint

Info Artikel :

Disubmit: 12 Oktober 2022

Direview: 14 November 2022

Diterima : 16 Desember 2022

Copyright © 2023 - Journal UPU. All rights reserved.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri pada saat ini menuntut perusahaan untuk melakukan produksi dengan efisien dan efektif. Namun pada kenyataannya banyak perusahaan yang memiliki kendala

atau masalah pada proses produksinya. Pembuatan suatu produk dilakukan melalui beberapa tahap proses pada setiap stasiun kerjanya.

Perencanaan produksi sangat menentukan ukuran kemampuan perusahaan dalam penyediaan produk. Aliran stasiun kerja membutuhkan waktu yang berpengaruh terhadap lamanya waktu proses (waktu siklus) produk tersebut. Jika aliran proses produksi tidak dapat diatur dengan baik, maka dapat terjadi penumpukan produk di stasiun kerja, sehingga mengakibatkan tidak lancarnya aliran produk ke stasiun kerja berikutnya dan waktu tunggu akan lebih panjang.

PT. XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang bergerak dibidang pengecoran logam dan pemasok suku cadang baja tahan aus ke pasar internasional, terutama dipertambangan dan tembaga. Produk-produk yang dihasilkan terdiri dari; *mill linier*, *sem- autogenous grinding mills (SAG MILL)*, *fastener*, *jaw crusher*, *cone crusher*, *mantle* dan *grinding media*. Proses produksi dilakukan berdasarkan *job order* yaitu produk dibuat berdasarkan pesanan dari pelanggan. Tahap-tahap proses produksi dan kapasitasnya diperlihatkan pada stasiun-stasiun kerja yaitu; *moulding* = 262,894 ton, *furnace* = 254025 ton, *knockout* = 258,527 ton, *heat treatment* = 150,670 ton, *fetling* = 251,840 ton, *quality control* = 211,611 ton, dan *dispatch* = 223,559 ton. Dapat dilihat bahwa pada kapasitas terendah berada pada stasiun kerja *heat treatment* sebesar 150,670 ton.

PT. XYZ pada stasiun kerja *heat treatment* sedang mengalami terjadinya kemacetana aliran proses produk dan memiliki waktu standar pengerjaan lebih lama dibandingkan dengan stasiun kerja yang lainnya dimana memiliki keterbatasan kapasitas proses produksi (mesin). Data penumpukan yang diperoleh pada bagian *heat treatment* dalam periode satu minggu dari tanggal 19 September 2022 sampai dengan tanggal 24 September 2022 dapat dilihat pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data penumpukan Produk Stasiun Kerja *Heat Treatment*

Periode	Jumlah Produksi / hari (ton)	Jumlah Penumpukan / hari (ton)
19 September 2022	230	79,33
20 September 2022	209	58,33
21 September 2022	206	55,33
22 September 2022	274	123,33
23 September 2022	287	136,33
24 September 2022	155	4,33
Total	1.361	456,980
Rata-rata	226,833	76,163

Sumber : PT.XYZ.

Tabel 1 memperlihatkan bahwa rata-rata penumpukan yang terjadi selama enam hari sebesar 76,163 ton. Hal ini menjadi permasalahan pada perusahaan yang berdampak pada kinerja perusahaan yaitu pengiriman tidak tepat waktu, waktu proses yang lebih lama, terjadinya tingkat kesulitan penyusunan produk, dan membutuhkan lokasi penumpukan produk. Permasalahan ini harus segera diselesaikan untuk mengoptimalkan stasiun kerja agar tidak terjadi penumpukan.

Metode atau pendekatan pemecahan masalah yang digunakan adalah metode *theory of constraint*. Metode ini memiliki konsep dasar yang mampu mengidentifikasi bagian sistem yang paling lemah, kemudian dapat melihat kelemahan itu apakah kelemahan fisik atau kebijakan yang ditetapkan oleh pihak manajemen dan menentukan cara menghilangkan atau mengelola kendala. Keunggulan metode *theory of constraint* adalah dapat menyeimbangkan aliran proses produk pada setiap stasiun kerja dengan efektif dan efisien.

Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi kemacetan aliran proses produk melalui penentuan waktu standar dan menghitung *rough cut capacity planning* pada setiap stasiun kerja dan memberikan usulan dan perbaikan agar dapat mengoptimalkan stasiun kerja yang mengalami kemacetan aliran proses produk.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah penelitian ini dapat dijadikan sebagai suatu bahan pertimbangan dalam memperkirakan kendala-kendala yang terjadi pada lantai produksi sehingga perusahaan dapat mengatasi setiap kendala yang terjadi dengan lebih cepat dalam meningkatkan kapasitas produksi. Oleh karena itu suatu metode atau pendekatan pemecahan masalah

diperlukan untuk mengoptimalkan stasiun kerja melalui optimalisasi sumber daya yang ada di pabrik serta mengelola kendala-kendala dengan baik.

A. Landasan Teori

1) Optimasi

Optimasi menurut kamus bahasa Indonesia ialah tertinggi, paling baik, sempurna, terbaik, paling menguntungkan. Mengoptimalkan berarti menjadi sempurna, menjadikan maksimal. Optimasi berarti pengoptimalan (Pena, 2015). Ada tiga elemen optimasi (Siringoringo, 2005) yaitu:

- a. Optimasi tujuan
- b. Optimasi alternatif keputusan
- c. Optimasi sumber daya dibatasi

B. Theory of Constraint

Theory of constraint merupakan dari *optimize production* (OPT). Teori ini pertamakali diperkenalkan oleh seorang ilmuwan fisika berkebangsaan Israel, Dr. Eliyahu M Godratt, dalam bukunya yang berjudul “*The Goal : A Process of Ongoing Improvement*,” (Fogarty & Thomas, 1983).

Dalam mengimplementasikan ide-ide sebagai solusi dari suatu permasalahan, Goldratt dalam (Dettmer, 1997) mengembangkan lima langkah yang berurutan supaya proses perbaikan lebih fokus dan berakibat lebih baik bagi sistem. Langkah-langkah tersebut adalah :

- a. Identifikasi kendala (*constraint*)
Mengidentifikasi bagian sistem yang paling lemah kemudian melihat kelemahan fisik atau kebijakan dari pihak manajemen.
- b. Eksploitasi kendala
Menentukan cara menghilangkan atau mengelola kendala dengan biaya paling rendah atau lebih efektif dan efisien.
- c. Subordinasi sumber lainnya
Setelah menemukan kendala dan telah diputuskan bagaimana mengelola kendala tersebut maka harus mengevaluasi apakah kendala tersebut masih menjadi kendala pada performansi sistem atau tidak.
- d. Elevasi kendala
Jika langkah ini dilakukan maka langkah kedua dan ketiga tidak berhasil. Maka harus ada perubahan besar dalam sistem, seperti reorganisasi, perbaikan modal atau modifikasi substansi sistem.
- e. Mengulangi proses keseluruhan
Jika langkah ketiga dan keempat telah berhasil dilakukan maka akan mengulangi lagi dari langkah pertama. Proses ini akan berputar sebagai siklus.

C. Pengukuran Waktu Kerja

Waktu baku yang dihasilkan dalam aktifitas pengukuran kerja dapat digunakan sebagai alat untuk membuat rencana penjadwalan kerja yang menyatakan berapa lama kegiatan itu harus berlangsung dan berapa output yang dihasilkan serta berapa jumlah tenaga kerja, dan mesin untuk menyelesaikan pekerjaan (Sritomo, 2003).

1) Penyesuaian waktu dengan *rating* faktor (RF)

Ketidak normalan dari waktu kerja ini diakibatkan oleh operator yang bekerja secara kurang wajar yaitu bekerja dalam tempo atau kecepatan yang tidak sebagaimana mestinya (Sutalaksana, Anggrawisasta, Cakraatmala, & Jann, 2006).

- a. Pekerja Normal : $RF = 100\% = 1$ (waktu normal)
- b. Pekerja Terampil : $RF > 1$ (waktu pekerja lebih kecil dari waktu normal)
- c. Pekerja Lamban : $RF < 1$ (waktu pekerja lebih besar dari waktu normal)

2) Penetapan waktu normal

Waktu normal adalah waktu yang dipercaya dengan memasukkan nilai *rating* faktor dari operator yang diamati. Waktu normal dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$W_n = X' \cdot RF \dots\dots\dots (1)$$

Dimana : W_n = Waktu normal
 X' = waktu pengamatan rata-rata
 RF = *Rating* faktor

3) Kelonggaran (*allowance*)

Dalam hal ini waktu longgar dapat diklarifikasikan menjadi tiga macam yang dibutuhkan pribadi menghilangkan rasa *fatigue* dan hambatan-hambatan yang tidak dihindarkan yaitu *personal allowance*, *fatigue allowance* dan *delay allowance* (Sutalaksana, Anggrawisasta, Cakraatmala, & Jann, 2006).

4) Menghitung waktu standar

Waktu standar atau waktu normal ditambah dengan waktu longgar dalam menyelesaikan pekerjaan. Waktu standar ditentukan dengan rumus :

$$W_s = W_n \times \frac{100\%}{100\% - \%Allowance} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana : W_s = Waktu normal
 W_n = Waktu normal

D. Kapasitas

Kapasitas umumnya diukur dalam satuan output unit barang dalam waktu tertentu. Namun untuk perusahaan manufaktur yang memproduksi secara massal, kapasitas diukur dengan sumber daya yang digunakan seperti jumlah jam kerja, jumlah mesin, kapasitas penyimpanan, serta insfrastruktur logistik (Jain & Ong, 2013). Kapasitas tersedia dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kapasitas tersedia} = \text{waktu tersedia} \times \text{efisiensi} \times \text{utilitas} \times \text{jumlah mesin} \dots\dots\dots (3)$$

Utilitas merupakan variabel acak karena sebuah mesin dapat menganggur (*idle*) karena rusak atau pekerjaanya absen, tidak ada pekerjaan yang dilakukan. Makin rendah tingkat utilitas suatu fasilitas, berarti semakin tinggi waktu menganggur (*idle time*= v) dengan rumus (Sinulingga, 2009) :

$$\mu = 1 - v \dots\dots\dots (4)$$

Nilai angka v tidak boleh kecil dari 1,0 (%)

Efisien merupakan jumlah ukuran jumlah input yang digunakan dalam menghasilkan sejumlah *output* tertentu. Semakin tinggi tingkat efisien semakin sedikit jumlah input yang digunakan dalam menghasilkan *output* (Sinulingga, 2009).

E. Rough Cut Capacity Planning (RCCP)

Rough cut capacity planning digunakan untuk menghitung kebutuhan kapasitas secara kasar dan membandingkannya dengan kapasitas yang tersedia. Perhitungan secara kasar yang dimaksud adalah kebutuhan kapasitas masih didasarkan pada kelompok produk, bukan produk per produk dan tidak memperhitungkan jumlah persediaan yang telah ada (Sinulingga, 2009). Untuk menguji kelayakan kapasitas perlu dilakukan penentuan terhadap jumlah kapasitas antara lain :

1) Kapasitas yang dibutuhkan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Capacity Requirement (CR)} = \sum_{k=1}^n a_k b_k \dots\dots\dots (5)$$

Dimana ; a_{ik} = waktu standar pengerjaan elemen k pada stasiun kerja i
 b_{ik} = jumlah produk k yang akan diproses

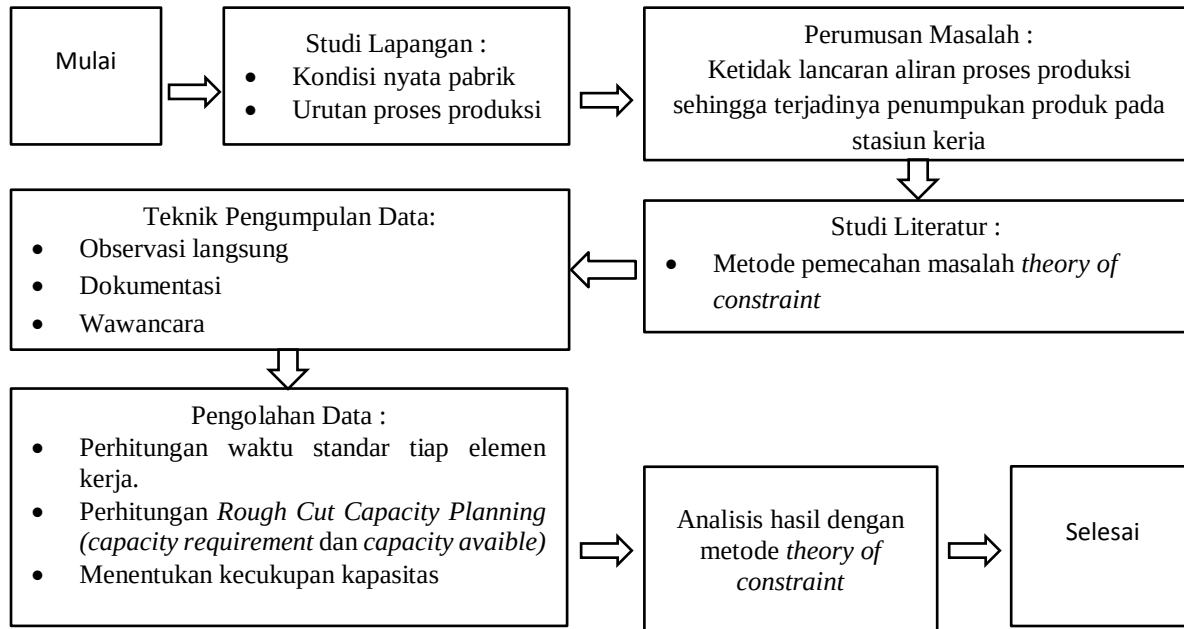
2) Perhitungan menentukan kecukupan kapasitas dengan menggunakan rumus :

$$\text{Varian} = \text{CR} - \text{CA} \dots\dots\dots (6)$$

2. METODE

Metodologi penelitian adalah suatu cara atau teknik untuk mendapatkan informasi dan sumber data yang akan digunakan dalam penelitian. Jenis penelitian ini adalah penelitian diskriptif yaitu penelitian bertujuan mendiskripsikan secara sistematis, faktual, dan akurat tentang fakta, akurat tentang fakta-fakta dan sifat-sifat suatu objek atau populasi tertentu (Kriyantono, 2010). Penelitian

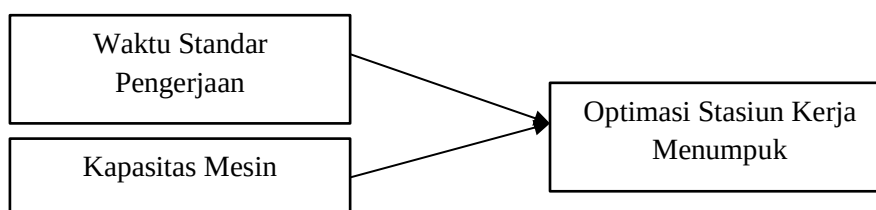
ini tergolong dari penelitian diskriptif kuantitatif. Penelitian diskriptif kuantitatif adalah penelitian yang menggambarkan, mengkaji dan menjelaskan suatu fenomena dengan data (angka) apa adanya tanpa bermaksud menguji suatu hipotesis. Untuk memperoleh sumber data haruslah membuat tahap-tahap penelitian. Tahap-tahap penelitian dapat dilihat pada gambar 1.1 berikut.



Gambar 1. Flowchart Metode Penelitian

A. Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual menunjukkan hubungan logis antara variabel-variabel yang telah diidentifikasi yang penting dan menjadi pondasi dalam melaksanakan penelitian. Variabel terikat (*dependent*) pada penelitian ini adalah optimalisasi stasiun kerja menumpuk, sedangkan variabel bebas (*independent*) adalah waktu standar pengerjaan dan keterbatasan kapasitas mesin. Kerangka konseptual penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



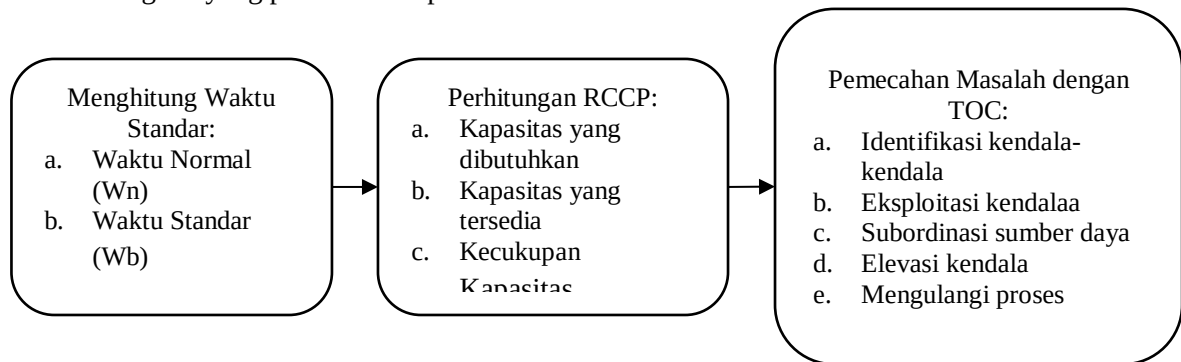
Gambar 2. Kerangka Konseptual

Pengolahan data

Pengolahan data pada penelitian ini terdiri dari :

- 1) Menghitung waktu standar .
Waktu normal (W_n) dengan menggunakan rumus (1).
Waktu standar (W_b) dengan menggunakan rumus (2).
- 2) Menghitung *rough cut capacity planning*
 - a. Perhitungan kapasitas yang dibutuhkan (5)
 - b. Perhitungan kapasitas tersedia dengan menggunakan rumus (3)
 - c. Menentukan kecukupan kapasitas dengan menggunakan rumus (6)
- 3) Pemecahan masalah dengan lima langkah-langka metode *theory of constraint* :

- 1) Identifikasi kendala-kendala perusahaan melalui hasil perhitungan *rough cut capacity planning* dari hasil perhitungan tersebut dapat diketahui stasiun kerja yang mengalami penumpukan produk yang menjadi kendala yang harus diselesaikan.
- 2) Mengeksploitasi kendala yang mengikat.
Pada tahap ini dicari solusi-solusi yang mungkin dilakukan untuk menyelesaikan kendala pada perusahaan tersebut.
- 3) Subordinasi sumber daya.
Pada tahap ini dilakukan subordinasi solusi untuk menyelesaikan kendala.
- 4) Elevasi kendala
Jika langkah ini dilakukan maka langkah kedua dan ketiga tidak berhasil menangani *constraint*, akan harus ada perubahan besar dalam sistem, seperti reorganisasi, perbaikan modal dan substansi system.
- 5) Mengulangi proses
Apabila terdapat kendala dalam proses produksi untuk mencapai tujuan maka kembali ke langkah yang pertama atau perbaikan dilakukan terus-menerus.



Gambar 3. Langkah-langkah Pengolahan Data

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Perhitungan Waktu Standar

Waktu standar ini sudah mencakup penyesuaian waktu pengamatan berdasarkan *performance rating* (rating faktor) yang ditunjukkan oleh operator dan kelonggaran waktu (*allowance time*). Berikut perhitungan waktu standar :

1) Perhitungan Rating Faktor

Penentuan *rating* faktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah cara *westing house* yang dipengaruhi oleh ketrampilan, usaha, kondisi dan konsistensi. Perhitungan *rating* faktor pada stasiun kerja *moulding* elemen kerja 1 adalah sebagai berikut:

Ketrampilan	=	0,03
Usaha	=	0,02
Kondisi kerja	=	0,00
Konsistensi kerja	=	0,01
Rating faktor	=	1,00

Maka nilai *rating* faktornya adalah 1,06 %.

2) Allowance

Pengukuran *allowance* dilakukan untuk menentukan kelonggaran yang dibutuhkan dalam bekerja.

Berikut penentuan *allowance* pada stasiun kerja 1:

Faktor A. Tenaga kerja yang dikeluarkan	=	9
Faktor B. Sikap kerja	=	2.5
Faktor C. Gerakan kerja	=	0
Faktor D. Kelelahan mata	=	3
Faktor E. Keadaan temperature tempat kerja	=	5
Faktor F. Keadaan atmosfer	=	5

$$\text{Faktor G. Keadaan lingkungan kerja} = 1$$

$$\text{Maka jumlahnya nilai allowance} = 25,5\%.$$

- 3) Perhitungan waktu normal (Wn) dengan menggunakan rumus (1) :

$$W_n = 1.200 \times 1.06 \text{ detik}$$

$W_n = 1.272$ detik, maka waktu normal stasiun kerja 1 pada elemen kerja 1 adalah 1.272 detik.

- 4) Perhitungan baku (Wb) dengan menggunakan rumus (2) :

$$W_b = 1.272 \text{ detik} \times \frac{100\%}{100\% - 25,5\%} = 1.272 \text{ detik} \times 1,342\%$$

$W_b = 1.707$ detik, maka waktu baku pada stasiun kerja 1 pada elemen kerja 1 adalah = 1.707 detik.

Rekapitulasi waktu standar untuk masing-masing elemen kerja dapat dilihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Rekapitulasi Waktu Standar Tiap Elemen Kerja

Stasiun Kerja	Elemen Kerja	Waktu Terpilih (Detik)	Rating Faktor	Waktu Longgar (%)	Waktu Normal (Detik)	Waktu Standar Tiap Elemen (Detik)	Total Waktu Standar/ Stasiun (Detik)
1	EK1	1.200	1,06	25,5	1.272	1.707	4.387
	EK2	900	1,11	25,5	999	1.341	
	EK3	600	1,06	30,5	636	915	
	EK4	300	1,04	26,5	312	424	
2	EK1	8.100	1,16	28,5	9.396	13.141	15.343
	EK2	1.200	1,17	28,5	1.404	1.964	
	EK3	180	1,02	23	184	238	
3	EK1	900	1,13	23,5	1.017	1.329	4.230
	EK2	600	1,11	23,5	666	871	
	EK3	1.200	1,14	23,5	1.368	1.788	
	EK4	180	1,03	23,5	185	242	
4	EK1	106	1,11	25,5	118	158	15.227
	EK2	150	1,17	26	176	237	
	EK3	6.000	1	0	6.000	6.000	
	EK4	130	1	25,5	130	174	
	EK5	7.200	1,17	0	8.424	8.424	
	EK6	180	1	23	180	234	
5	EK1	2.700	1,08	28	2.916	4.050	4.314
	EK2	180	1,05	28,5	189	264	
6	EK1	185	1,06	28,5	196	274	12.977
	EK2	7.200	1,14	28,5	8.208	11.480	
	EK3	300	1,14	28,5	342	478	
	EK4	300	1,14	28,5	342	478	
	EK5	180	1,06	28,5	191	267	
7	EK1	120	1,06	28,5	127	178	888
	EK2	60	1,03	32	62	91	
	EK3	120	1,06	32	127	187	
	EK4	300	1,11	23	333	432	

- 5) Perhitungan *Rough Cut Capacity Planning*

Rough Cut Capacity Planning digunakan untuk kebutuhan kapasitas secara kasar dan membandingkannya dengan kapasitas yang tersedia. Untuk menguji kelayakan kapasitas perlu dilakukan penentuan terhadap jumlah kapasitas (Sinulingga, 2009) antara lain :

- a. Perhitungan kapasitas yang dibutuhkan (*capacity requirement*).

Perhitungan kapasitas yang dibutuhkan dilakukan untuk mengetahui kapasitas yang dibutuhkan pada setiap stasiun kerja untuk dapat memproduksi produk sesuai dengan jumlah permintaan produk dalam bentuk *batch* pengerjaan dengan menggunakan rumus (5).

Kapasitas yang dibutuhkan = $2.042 \text{ batch} \times 4.387 \text{ detik} = 9.958.254 \text{ detik}$. Rekapitulasi perhitungan kapasitas yang dibutuhkan untuk setiap stasiun kerja pada periode Januari 2022 – Desember 2022 dapat dilihat pada tabel 5 berikut.

Tabel 3. Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Yang Dibutuhkan

Bulan	Stasiun Kerja 1	Stasiun Kerja 2	Stasiun Kerja 3	Stasiun Kerja 4	Stasiun Kerja 5	Stasiun Kerja 6	Stasiun Kerja 7
Jan-2022	8.958.254	31.330.406	8.637.660	31.093.534	8.809.188	26.499.034	1.813.296
Feb-2022	7.734.281	27.049.709	7.457.490	26.845.201	7.605.582	22.878.451	1.565.544
Mar-2022	9.616.304	33.631.856	9.272.160	33.377.584	9.456.288	28.445.584	1.946.496
Apr-2022	9.208.313	32.204.957	8.878.770	31.961.473	9.055.086	27.238.723	1.863.912
Mei-2022	8.730.130	30.532.570	8.417.700	30.301.730	8.584.860	25.824.230	1.767.120
Jun 2022	8.238.786	28.814.154	7.943.940	28.596.306	8.101.692	24.370.806	1.667.664
Jul 2022	9.432.050	32.987.450	9.094.500	32.738.050	9.275.100	27.900.550	1.909.200
Agst-2022	8.980.189	31.407.121	8.658.810	31.169.669	8.830.758	26.563.919	1.817.736
Sept-2022	9.607.530	33.601.170	9.263.700	33.347.130	9.447.660	28.419.630	1.944.720
Okt-2022	8.567.811	29.964.879	8.261.190	29.738.331	8.425.242	25.344.081	1.734.264
Nov-2022	8.497.619	29.719.391	8.193.510	29.494.699	8.356.218	25.136.449	1.720.056
Des-2022	8.453.749	29.565.961	8.151.210	29.342.429	8.313.078	25.006.679	1.711.176

b. Perhitungan Kapasitas tersedia (*capacity Available*)

Perhitungan kapasitas tersedia dilakukan untuk mengetahui kapasitas yang tersedia untuk memenuhi kapasitas yang dibutuhkan untuk memproduksi produk sesuai permintaan produk pada periode Januari 2022 – Desember 2022 dengan menggunakan rumus (3). Berikut perhitungan kapasitas tersedia.

Kapasitas tersedia = $25 \times 16 \times 3.600 \times 0,95 \times 0,98 \times 13 = 41.983.920 \text{ detik}$ pada stasiun kerja ke 2. Rekapitulasi perhitungan dapat dilihat pada tabel 6 berikut.

Tabel 4. Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Tersedia

Bulan	Stasiun Kerja 1	Stasiun Kerja 2	Stasiun Kerja 3	Stasiun Kerja 4	Stasiun Kerja 5	Stasiun Kerja 6	Stasiun Kerja 7
Jan-2022	17.428.320	41.983.920	17.811.360	23.392.800	16.894.800	31.190.400	7.797.600
Feb-2022	16.030.080	38.684.160	16.427.520	21.461.760	15.500.160	28.748.160	7.153.920
Mar-2022	18.817.920	45.411.840	19.284.480	25.194.240	18.195.840	33.747.840	8.398.080
Apr-2022	17.424.000	42.048.000	17.856.000	23.328.000	16.848.000	31.248.000	7.776.000
Mei-2022	18.120.960	43.729.920	18.570.240	24.261.120	17.521.920	32.497.920	8.087.040
Juni 2022	17.424.000	42.048.000	17.856.000	23.328.000	16.848.000	31.248.000	7.776.000
Juli 2022	16.727.040	40.366.080	17.141.760	22.394.880	16.174.080	29.998.080	7.464.960
Agst-2022	18.120.960	43.729.920	18.570.240	24.261.120	17.521.920	32.497.920	8.087.040
Sept-2022	18.120.960	43.729.920	18.570.240	24.261.120	17.521.920	32.497.920	8.087.040
Okt-2022	17.424.000	42.048.000	17.856.000	23.328.000	16.848.000	31.248.000	7.776.000
Nov-2022	18.120.960	43.729.920	18.570.240	24.261.120	17.521.920	32.497.920	8.087.040
Des-2022	18.120.960	43.729.920	18.570.240	24.261.120	17.521.920	32.497.920	8.087.040

c. Menentukan Kecukupan Kapasitas

Perhitungan kecukupan kapasitas dilakukan dengan cara membandingkan kapasitas tersedia dengan kapasitas yang dibutuhkan untuk mengetahui kendala-kendala penumpukan produk. Berikut perhitungan kecukupan kapasitas (varian) untuk stasiun kerja 1 periode Januari 2022 – Desember 2022 dengan menggunakan rumus (6) :

Varian = $89.958.254 - 17.428.320 = -8.470.066 \text{ detik}$. Tanda negatif pada hasil menunjukkan bahwa kapasitas pada stasiun tersebut dinyatakan kapasitas cukup dan sebaliknya tanda positif dinyatakan kapasitas tidak cukup artinya yang menjadi kendala. Berikut rekapitulasi perhitungan kecukupan kapasitas pada tabel 7 berikut :

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Kapasitas Cukup dan Kapasitas Tidak Cukup

Stasiun Kerja	Periode	Kapasitas Dibutuhkan	Kapasitas Tersedia	Varian	Beban (%)	Keterangan
1	Jan-2022	8.958.254	17.428.320	-8.470.066	-0,5	Kapasitas cukup
	Feb-2022	7.734.281	16.030.080	-8.295.799	-0,5	Kapasitas cukup
	Mar- 2022	9.616.304	18.817.920	-9.201.616	-0,5	Kapasitas cukup
	Apr- 2022	9.208.313	17.424.000	-8.215.687	-0,5	Kapasitas cukup
	Mei- 2022	8.730.130	18.120.960	-9.390.830	-0,5	Kapasitas cukup
	Jun- 2022	8.238.786	17.424.000	-9.185.214	-0,5	Kapasitas cukup
	Jul-2022	9.432.050	16.727.040	-7.294.990	-0,4	Kapasitas cukup
	Agust- 2022	8.980.189	18.120.960	-9.140.771	-0,5	Kapasitas cukup
	Sept- 2022	9.607.530	18.120.960	-8.513.430	-0,5	Kapasitas cukup
	Okto- 2022	8.567.811	17.424.000	-8.856.189	-0,5	Kapasitas cukup
	Nov- 2022	8.497.619	18.120.960	-9.623.341	-0,5	Kapasitas cukup
	Des- 2022	8.453.749	18.120.960	-9.667.211	-0,5	Kapasitas cukup
2	Jan-2022	31.330.406	41.983.920	-10.653.514	-0,3	Kapasitas cukup
	Feb-2022	27.049.709	38.684.160	-11.634.451	-0,3	Kapasitas cukup
	Mar- 2022	33.631.856	45.411.840	-11.779.984	-0,3	Kapasitas cukup
	Apr- 2022	32.204.957	42.048.000	-9.843.043	-0,2	Kapasitas cukup
	Mei- 2022	30.532.570	43.729.920	-13.197.350	-0,3	Kapasitas cukup
	Jun- 2022	28.814.154	42.048.000	-13.233.846	-0,3	Kapasitas cukup
	Jul-2022	32.987.450	40.366.080	-7.378.630	-0,2	Kapasitas cukup
	Agust- 2022	31.407.121	43.729.920	-12.322.799	-0,3	Kapasitas cukup
	Sept- 2022	33.601.170	43.729.920	-10.382.790	-0,2	Kapasitas cukup
	Okto- 2022	29.964.879	42.048.000	-12.083.121	-0,3	Kapasitas cukup
	Nov- 2022	29.719.391	43.729.920	-14.010.529	-0,3	Kapasitas cukup
	Des- 2022	29.565.961	43.729.920	-14.163.959	-0,3	Kapasitas cukup
3	Jan-2022	8.637.660	17.811.360	-9.173.700	-0,5	Kapasitas cukup
	Feb-2022	7.457.490	16.427.520	-8.970.030	-0,5	Kapasitas cukup
	Mar- 2022	9.272.160	19.284.480	-10.012.320	-0,5	Kapasitas cukup
	Apr- 2022	8.878.770	17.856.000	-8.977.230	-0,5	Kapasitas cukup
	Mei- 2022	8.417.700	13.570.560	-10.152.540	-0,5	Kapasitas cukup
	Jun- 2022	7.943.940	17.856.000	-9.912.060	-0,6	Kapasitas cukup
	Jul-2022	9.094.500	17.141.760	-8.047.260	-0,5	Kapasitas cukup
	Agust- 2022	8.658.810	18.570.240	-9.911.430	-0,5	Kapasitas cukup
	Sept- 2022	9.263.700	18.570.240	-9.306.540	-0,5	Kapasitas cukup
	Okto- 2022	8.261.190	17.856.000	-9.594.810	-0,5	Kapasitas cukup
	Nov- 2022	8.193.510	18.570.240	-10.376.730	-0,6	Kapasitas cukup
	Des- 2022	8.151.210	18.570.240	-10.419.030	-0,6	Kapasitas cukup
4	Jan-2022	31.093.534	23.392.800	7.700.734	0,3	Kapasitas tidak cukup
	Feb-2022	26.845.201	21.461.760	5.383.441	0,3	Kapasitas tidak cukup
	Mar- 2022	33.377.584	25.194.240	8.183.344	0,3	Kapasitas tidak cukup
	Apr- 2022	31.961.473	23.328.000	8.633.473	0,4	Kapasitas tidak cukup
	Mei- 2022	30.301.730	17.729.280	6.040.610	0,2	Kapasitas tidak cukup
	Jun- 2022	28.596.306	23.328.000	5.268.306	0,2	Kapasitas tidak cukup
	Jul-2022	32.738.050	22.394.880	10.343.170	0,5	Kapasitas tidak cukup
	Agust- 2022	31.169.669	24.261.120	6.908.549	0,3	Kapasitas tidak cukup
	Sept- 2022	33.347.130	24.261.120	9.086.010	0,4	Kapasitas tidak cukup
	Okto- 2022	29.738.331	23.328.000	6.410.331	0,3	Kapasitas tidak cukup
	Nov- 2022	29.494.699	24.261.120	5.233.579	0,2	Kapasitas tidak cukup
	Des- 2022	29.342.429	24.261.120	5.081.309	0,2	Kapasitas tidak cukup
5	Jan-2022	8.809.188	16.894.800	-8.085.612	-0,5	Kapasitas cukup
	Feb-2022	7.605.582	15.500.160	-7.894.578	-0,5	Kapasitas cukup
	Mar- 2022	9.456.288	18.195.840	-8.739.552	-0,5	Kapasitas cukup
	Apr- 2022	9.055.086	16.848.000	-7.792.914	-0,5	Kapasitas cukup
	Mei- 2022	8.584.860	12.804.480	-8.937.060	-0,5	Kapasitas cukup
	Jun- 2022	8.101.692	16.848.000	-8.746.308	-0,5	Kapasitas cukup
	Jul-2022	9.275.100	16.174.080	-6.898.980	-0,4	Kapasitas cukup
	Agust- 2022	8.830.758	17.521.920	-8.691.162	-0,5	Kapasitas cukup
	Sept- 2022	9.447.660	17.521.920	-8.074.260	-0,5	Kapasitas cukup

	Okto- 2022	8.425.242	16.848.000	-8.422.758	-0,5	Kapasitas cukup
	Nov- 2022	8.356.218	17.521.920	-9.165.702	-0,5	Kapasitas cukup
	Des- 2022	8.313.078	17.521.920	-9.208.842	-0,5	Kapasitas cukup
6	Jan-2022	26.499.034	31.190.400	-4.691.366	-0,2	Kapasitas cukup
	Feb-2022	22.878.451	28.748.160	-5.869.709	-0,2	Kapasitas cukup
	Mar- 2022	28.445.584	33.747.840	-5.302.256	-0,2	Kapasitas cukup
	Apr- 2022	27.238.723	31.248.000	-4.009.277	-0,1	Kapasitas cukup
	Mei- 2022	25.824.230	23.748.480	-6.673.690	-0,2	Kapasitas cukup
	Jun- 2022	24.370.806	31.248.000	-29.580.336	-0,9	Kapasitas cukup
	Jul-2022	27.900.550	29.998.080	-2.097.530	-0,1	Kapasitas cukup
	Agust- 2022	26.563.919	32.497.920	-5.934.001	-0,2	Kapasitas cukup
	Sept- 2022	28.419.630	32.497.920	-4.078.290	-0,1	Kapasitas cukup
	Okto- 2022	25.344.081	31.248.000	-5.903.919	-0,2	Kapasitas cukup
	Nov- 2022	25.136.449	32.497.920	-7.361.471	-0,2	Kapasitas cukup
	Des- 2022	25.006.679	32.497.920	-7.491.241	-0,2	Kapasitas cukup
7	Jan-2022	1.813.296	7.797.600	-5.984.304	-0,8	Kapasitas cukup
	Feb-2022	1.565.544	7.153.920	-5.588.376	-0,8	Kapasitas cukup
	Mar- 2022	1.946.496	8.398.080	-6.451.584	-0,8	Kapasitas cukup
	Apr- 2022	1.863.912	7.776.000	-5.912.088	-0,8	Kapasitas cukup
	Mei- 2022	1.767.120	5.909.760	-6.319.920	-0,8	Kapasitas cukup
	Jun- 2022	1.667.664	7.776.000	-6.108.336	-0,8	Kapasitas cukup
	Jul-2022	1.909.200	7.464.960	-5.555.760	-0,7	Kapasitas cukup
	Agust- 2022	1.817.736	8.087.040	-6.269.304	-0,8	Kapasitas cukup
	Sept- 2022	1.944.720	8.087.040	-6.142.320	-0,8	Kapasitas cukup
	Okto- 2022	1.734.264	7.776.000	-6.041.736	-0,8	Kapasitas cukup
	Nov- 2022	1.720.056	8.087.040	-6.366.984	-0,8	Kapasitas cukup
	Des- 2022	1.711.176	8.087.040	-6.375.864	-0,8	Kapasitas cukup

Pada tabel 7 terlihat bahwa pada stasiun kerja 4 terdapat nilai positif yang menyatakan bahwa kapasitas stasiun kerja *heat treatment* pada periode Januari 2022 – Desember 2022 mengalami kekurangan kapasitas tersedia dalam memenuhi permintaan produksi.

B. Pembahasan

6) Pemecahan Masalah Dengan Metode *Theory of Constraint*

Pemecahan masalah dilakukan dengan pendekatan *theory of constraint* dengan 5 langkah yaitu

a. Mengidentifikasi kendala

Berdasarkan hasil perhitungan kecukupan kapasitas pada tabel 7 terdapat kendala pada stasiun kerja *heat treatment* yang memiliki tanda positif yaitu hasil perbandingan kapasitas tersedia lebih kecil dari kapasitas yang dibutuhkan.

b. Mengeksplorasi kendala-kendala yang mengikat.

Alternatif solusi yang dilakukan adalah melakukan penyesuaian beban produksi dan melakukan *overtime* di stasiun kerja *heat treatment*.

c. Subordinasi sumber daya

Subordinasi sumber daya dilakukan dalam menyelesaikan alternatif solusi yang ditentukan untuk peningkatan kapasitas stasiun kerja yaitu:

- 1) Alternatif pertama yaitu solusi penyesuaian beban jumlah unit produksi tidak dapat dilakukan karena dari kendala stasiun kerja *heat treatment* terlihat hampir semua periode mengalami penumpukan produk.
- 2) Alternatif kedua yaitu solusi *overtime*. Pada solusi ini dilakukan penambahan jam kerja 3 jam setiap hari dari 16 jam kerja menjadi 19 jam kerja. Rekapitulasi perhitungan dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 6. Solusi Penambahan 3 Jam Kerja Pada Stasiun Kerja *Heat Treatment*.

Bulan	Kapasitas Dibutuhkan	Kapasitas Tersedia	Varian (detik)	Beban (%)	Keterangan
Januari 2022	31.089.189	27.778.950	3.310.239	0,1	Kapasitas tidak cukup
Februari 2022	31.926.694	25.556.634	6.370.060	0,2	Kapasitas tidak cukup
Maret 2022	33.383.444	30.001.266	3.382.178	0,1	Kapasitas tidak cukup

April 2022	31.957.149	27.778.950	4.178.199	0,2	Kapasitas tidak cukup
Mei 2022	30.302.442	21.112.002	9.190.440	0,4	Kapasitas tidak cukup
Juni 2022	33.677.840	27.778.950	5.898.890	0,2	Kapasitas tidak cukup
Juli 2022	32.738.820	26.667.792	6.071.028	0,2	Kapasitas tidak cukup
Agustus 2022	31.165.326	28.890.108	2.275.218	0,1	Kapasitas tidak cukup
September 2022	33.347.914	28.890.108	4.457.806	0,2	Kapasitas tidak cukup
Oktober 2022	34.819.892	27.778.950	7.040.942	0,3	Kapasitas tidak cukup
November 2022	34.566.102	28.890.108	5.675.994	0,2	Kapasitas tidak cukup
Desember 2022	34.418.905	28.890.108	5.528.797	0,2	Kapasitas tidak cukup

Dari hasil perhitungan pada tabel 8 dinyatakan masih kondisi kapasitas tidak cukup yaitu masih dalam kondisi kendala.

d. Mengangkat kendala yang mengikat (Elevasi)

Hasil solusi *overtime* masih terdapat kendala walaupun beban penumpukan berkurang dari sebelumnya, namun solusi ini tidak dapat dilakukan secara terus-menerus setiap bulan sepanjang tahun karena akan berdampak terhadap kesehatan dan keselamatan pekerja menurut (Sumarningsih, 2014) dalam penelitiannya *The General Contractors of America*, sehingga perlu dicari alternatif solusi lainnya.

e. Kembali kelangkah awal dan hindari inersia.

Seperti yang diterangkan bahwa *overtime* tidak dapat dilakukan dalam jangka panjang karena berdampak pada kesehatan dan keselamatan pekerja, maka dilakukan kembali ke langkah awal.

1) Identifikasi kendala-kendala perusahaan.

Dari hasil solusi alternatif pertama dan alternatif kedua belum dapat mengoptimalkan stasiun kerja *heat treatment* maka dilakukan penentuan alternatif solusi lainnya.

2) Mengeksplotasi kendala-kendala yang mengikat.

Alternatif solusi berikutnya yang dapat dilakukan adalah penambahan *shift* kerja dari dua *shift* kerja menjadi 3 *shift* jam kerja dan penambahan jumlah unit mesin dari 19 unit menjadi 22 unit mesin pada bagian *heat treatment* untuk mengoptimalkan stasiun kerja yang menumpuk.

3) Subordinasi sumber daya

Pada tahap ini peningkatan kapasitas yang tersedia pada stasiun kerja *heat treatment* dilakukan dengan alternatif solusi yang telah ditentukan yaitu penambahan *shift* kerja menjadi 3 *shift* kerja dan penambahan jumlah unit mesin menjadi 22 unit mesin. Berikut rekapitulasi hasil perhitungan penambahan *shift* kerja dan penambahan jumlah unit mesin dapat dilihat pada tabel 9 berikut ini.

Tabel 7. Hasil Solusi Penambahan Shift Kerja Dan Penambahan Jumlah Unit Mesin

Periode	Kapasitas Dibutuhkan	Kapasitas Tersedia	Varian	Beban (%)	Keterangan
Januari 2022	31.089.189	40.629.600	-9540.411	0,2	Kapasitas cukup
Februari 2022	31.926.694	37.379.232	-5452.538	0,1	Kapasitas cukup
Maret 2022	33.383.444	43.879.968	-10.496.524	0,2	Kapasitas cukup
April 2022	31.957.149	40.629.600	-86.720.451	0,2	Kapasitas cukup
Mei 2022	30.302.442	30.878.496	-576.054	0,0	Kapasitas cukup
Juni 2022	33.677.840	40.629.600	-6.951.760	0,2	Kapasitas cukup
Juli 2022	32.738.820	39.004.416	-6.265.596	0,2	Kapasitas cukup
Agustus 2022	31.165.326	42.254.784	-11.089.458	0,3	Kapasitas cukup
September 2022	33.347.914	42.254.784	-8.906.870	0,2	Kapasitas cukup
Oktober 2022	34.819.892	40.629.600	-5.809.708	0,1	Kapasitas cukup
November 2022	34.566.102	42.254.784	-7.688.682	0,2	Kapasitas cukup
Desember 2022	34.418.905	42.254.784	-7.835.879	0,2	Kapasitas cukup

Pada tabel 7 tidak terdapat tanda positif yang menyatakan kendala, sehingga solusi ini dinyatakan dapat mengoptimalkan stasiun kerja *heat treatment*.

- 4) Mengangkat kendala yang mengikat (elevasi)
Kendala stasiun kerja *heat treatment* telah dapat di optimalkan dengan melakukan penambahan *shift* kerja dan penambahan jumlah unit mesin.
- 5) Kendala teratasi
Solusi penambahan *shift* kerja dan penambahan jumlah unit mesin telah dapat mengoptimalkan stasiun kerja yang menumpuk.

C. Analisis Hasil

Dari hasil pembahasan didapat hasil analisis pemecahan masalah yang dapat dipertimbangkan alternatif solusi kendala tersebut dalam jangka waktu yang panjang untuk mengoptimalkan stasiun kerja *heat treatment*. Solusi penambahan *shift* kerja dan penambahan jumlah unit mesin dilakukan hanya pada stasiun kerja *heat treatment*. Dengan penambahan jumlah unit mesin merupakan penambahan investasi pada perusahaan. Berikut perbandingan hasil penelitian sebelum dan sesudah penerapan metode *theory of constraint* untuk mengoptimalkan stasiun kerja *heat treatment* yang mengalami penumpukan produk. Dapat dilihat pada tabel 8 berikut.

Tabel 8. Perbandingan Hasil Sebelum Dan Setelah Penerapan Metode *Theory of Constraint*

Periode	Data Kapasitas Sebelum Penerapan TOC	Data Kapasitas Setelah Penerapan Solusi TOC		
		Solusi Tambah Jam Kerja	Solusi Penambahan Shift Kerja Menjadi 3 shift	Solusi Penambahan Jumlah Mensin menjadi 22 Unit
Jan- 2022	7.700.734	3.310.239	-4.000.011	-9540.411
Feb- 2022	5.383.441	6.370.060	-355.370	-5452.538
Mar- 2022	8.183.344	3.382.178	-4.512.892	-10.496.524
Apr- 2022	8.633.473	4.178.199	-3.132.051	-86.720.451
Mei 2022	6.040.610	9.190.440	3.634.650	-576.054
Jun- 2022	5.268.306	5.898.890	-1.411.360	-6.951.760
Jul- 2022	10.343.170	6.071.028	-946.812	-6.265.596
Agust- 2022	6.908.549	2.275.218	-5.327.442	-11.089.458
Sept- 2022	9.086.010	4.457.806	-3.144.854	-8.906.870
Okto- 2022	6.410.331	7.040.942	-269.308	-5.809.708
Nov- 2022	5.233.579	5.675.994	-1.926.666	-7.688.682
Des- 2022	5.081.309	5.528.797	-2.073.863	-7.835.879

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dikemukakan sebelumnya, di peroleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Berdasarkan hasil perhitungan *rough cut capacity planning* dapat diketahui bahwa stasiun kerja *heat treatment* mengalami penumpukan produk atau kekurangan kapasitas yang tersedia paling besar pada bulan Juli 2022 sebesar 10.343.170 detik.
- 2) Solusi yang dapat di rekomendasikan kepada perusahaan untuk dapat dipertimbangkan untuk mengoptimalkan stasiun kerja *heat treatment* adalah alternatif solusi penambahan *shift* kerja dari 2 *shift* menjadi 3 *shift* (24 jam) kerja. Dan alternatif solusi penambahan jumlah unit mesin dari 19 unit mesin menjadi 22 unit mesin dimana kedua solusi ini dapat mengatasi penumpukan produk dengan mengoptimalkan stasiun kerja *heat treatment*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] Dettmer, W. H. (1997). *A System Approach to Continuous Improvement*. America: ASQ Quality Press.

- [2] Fogarty, D. B., & Thomas, H. (1983). *Production And Inventory Management 2*. New York: Cincinnati.
- [3] Jain, A., & Ong, S. P. (2013). A Material Genome Approach To Accelerating Materials Innovation. *American Institute of Physics AIP*.
- [4] Kriyantono, R. (2010). Teknik Praktis Riset Komunikasi: Disertai Contoh Praktis Riset Media, Public Relations, Adversting, Komunikasi Organisasi, Komunikasi Pemasaran. *Kencana*.
- [5] Pena, T. P. (2015). *Kamus Bahasa Indonesia*. Jakarta: Gita Mesia Press.
- [6] Sinulingga, S. (2009). *Perencanaan Dan Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [7] Siringoringo, H. (2005). *Pemrograman Linier*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [8] Sritomo, W. (2003). *Pengantar Teknik Dan Manajemen Industri*. Surabaya: Guna Widya.
- [9] Sumarningsih, T. (2014). Pengaruh Kerja Lembur Pada Produktivitas Tenaga Kerja Konstruksi. *Media Komunikasi Teknik Sipil*.
- [10] Sitalaksana, I. Z., Anggrawisasta, Cakraatmala, R., & J. H. (2006). *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.