

Analisis Bottleneck dan Kapasitas Mesin Untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi Cup Plastik di PT 'X'

Evelyn Agustin¹, Daniel Marcello², Muhammad Ferdy Setiawan³, Michael Valentino Diamond⁴

^{1,2,3,4} Teknik Industri, Universitas Katolik Musi Charitas

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan memberikan solusi terhadap bottleneck dalam proses produksi cup plastik di PT 'X'. Bottleneck yang terjadi pada lampu listrik statis menyebabkan penurunan efisiensi produksi, dengan downtime mencapai 20 menit per hari dan penurunan kapasitas hingga 450.000 cup per bulan. Metode Capacity Requirement Planning (CRP) dan analisis waktu siklus digunakan untuk mengevaluasi kapasitas mesin dan mengidentifikasi penyebab utama hambatan produksi. Setelah perbaikan berupa penambahan alat penghilang listrik statis, cycle time berhasil dioptimalkan dari 0,108 detik/cup menjadi 0,0864 detik/cup, downtime berkurang signifikan menjadi 2 menit per hari, dan produk gagal turun hingga 80%. Kapasitas produksi meningkat dari 2,4 juta menjadi 3 juta cup per hari, sesuai target. Penelitian ini menegaskan bahwa eliminasi bottleneck melalui optimalisasi teknologi dapat meningkatkan efisiensi produksi dan daya saing perusahaan secara signifikan.

Kata Kunci: *Bottleneck, Capacity Requirement Planning*

DOI: <https://doi.org/10.47134/jme.v2i1.3537>

*Correspondence: Evelyn Agustin
Email: evelynputri87@gmail.com

Received: 10-11-2024

Accepted: 19-12-2024

Published: 03-01-2025



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Abstract: *This study aims to identify, analyze, and provide solutions to bottlenecks in the plastic cup production process at PT 'X'. The bottleneck caused by static electricity lamps led to a decrease in production efficiency, with a downtime of up to 20 minutes per day and a reduction in capacity by 450,000 cups per month. The Capacity Requirement Planning (CRP) method and cycle time analysis were employed to evaluate machine capacity and identify the root causes of production constraints. After improvements, including the addition of static electricity eliminators, the cycle time was optimized from 0.108 seconds/cup to 0.0864 seconds/cup, downtime significantly reduced to 2 minutes per day, and defective products decreased by up to 80%. Production capacity increased from 2.4 million to 3 million cups per day, meeting the target. This study highlights that eliminating bottlenecks through technological optimization can significantly enhance production efficiency and the company's competitiveness.*

Keywords: *Bottleneck, Capacity Requirement Planning*

Pendahuluan

Dalam industri manufaktur, efisiensi produksi adalah faktor penting yang menentukan keberlanjutan perusahaan. PT 'X', produsen cup plastik, menghadapi tantangan besar berupa bottleneck pada bagian lampu statis yang digunakan untuk menghilangkan energi listrik pada plastik. *Bottleneck* ini berdampak pada penurunan kapasitas produksi dan meningkatkan tingkat kegagalan produk hingga 0,5% dari total produksi harian, yaitu 15.000 cup (Heizer dan Render, 2020).

PT 'X' memiliki tiga mesin produksi yang terdiri dari dua mesin untuk menghasilkan cup ukuran 200 ml dan satu mesin untuk cup ukuran 250 ml. Setiap mesin memiliki target produksi sebesar 1 juta cup per hari, dengan total produksi harian mencapai 3 juta cup. Untuk mencapai target tersebut, mesin harus memiliki *cycle time* 0,0864 detik per cup. Namun, *cycle time* yang ketat meningkatkan risiko *downtime* akibat *bottleneck* (Groover, 2021).

Ketebalan cup plastik sebesar 0,5 mm menjadi standar kualitas yang harus dipertahankan. Pengukuran menggunakan alat laser memastikan ketepatan spesifikasi. Sementara itu, penggunaan bahan baku *Polypropylene* mencapai 80 ton per bulan menegaskan tingginya permintaan produksi yang harus dipenuhi secara efisien (Stevenson, 2021).

Cycle time analysis menunjukkan bahwa mesin harus beroperasi selama 86.400 detik per hari untuk memenuhi target harian. Posisi pemasangan mesin press yang agak dalam dan operasi sebanyak 36.000 kali per hari menambah tantangan dalam hal pemeliharaan dan efisiensi (Slack et al., 2019).

Capacity Requirement Planning (CRP) membantu perusahaan dalam menganalisis kapasitas yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan produksi. Berdasarkan perhitungan, kapasitas yang tersedia sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan, yaitu 86.400 detik per hari. Namun, dengan adanya *bottleneck*, kapasitas efektif dapat menurun, sehingga perlu ada perbaikan dalam sistem produksi (Render et al., 2020).

Bottleneck yang terjadi pada lampu statis mengakibatkan *downtime* sekitar 20 menit setiap kali terjadi. Dengan estimasi lima kali *bottleneck* per hari, total *downtime* mencapai 100 menit. Ini berarti kapasitas produksi berkurang hingga 450.000 cup per bulan akibat *bottleneck* (Krajewski et al., 2020).

Data menunjukkan bahwa *bottleneck* dapat disebabkan oleh desain sistem yang kurang optimal. Penambahan teknologi atau perbaikan desain pada bagian lampu statis dapat menjadi solusi untuk meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi tingkat kegagalan (Groover, 2021).

Dengan analisis *bottleneck* dan kapasitas, perusahaan dapat menentukan prioritas dalam pengelolaan operasional. Perbaikan sistem produksi tidak hanya meningkatkan

efisiensi tetapi juga mengurangi biaya operasional akibat pemborosan waktu dan material (Heizer dan Render, 2020).

Studi ini memberikan gambaran bahwa pengelolaan *bottleneck* dan optimalisasi kapasitas mesin adalah langkah strategis untuk memastikan keberhasilan operasional di PT 'X'. Dengan penerapan strategi yang tepat, perusahaan dapat meningkatkan daya saing di pasar manufaktur plastik (Slack et al., 2019). Menurut Darnoko (2023), *bottleneck* biasanya disebabkan oleh kapasitas mesin yang tidak seimbang, waktu siklus yang terlalu lama, atau masalah teknis lainnya yang menghambat kelancaran produksi.

Salah satu cara untuk menganalisis *bottleneck* adalah dengan menggunakan pendekatan *Theory of Constraints (TOC)*. TOC membantu mengidentifikasi titik kritis dalam proses produksi dan memberikan solusi untuk meningkatkan efisiensi. Harahap (2023) menyatakan bahwa pendekatan ini sangat efektif untuk memaksimalkan throughput dengan mengoptimalkan kinerja di titik *bottleneck*. Dengan demikian, perusahaan dapat mengurangi waktu tunggu dan meningkatkan kapasitas produksi.

Selain itu, waktu siklus (*cycle time*) juga berperan penting dalam analisis *bottleneck*. Menurut Nugroho (2022), pengurangan waktu siklus dapat dicapai melalui perbaikan proses seperti pengurangan waktu *setup* atau peningkatan teknologi pada mesin produksi. Dalam konteks produksi cup plastik, pengaturan waktu siklus yang optimal sangat penting untuk memenuhi target produksi harian. Wahyudi (2022) menunjukkan bahwa evaluasi kapasitas mesin menggunakan metode *Capacity Requirement Planning (CRP)* dapat membantu perusahaan dalam menentukan apakah kapasitas yang tersedia cukup untuk memenuhi permintaan. Jika kapasitas yang tersedia tidak mencukupi, maka perbaikan seperti penambahan mesin atau peningkatan efisiensi mesin harus dilakukan untuk mengurangi potensi *bottleneck*.

Menurut Nurhayati (2022), dampak *bottleneck* tidak hanya memengaruhi *output* produksi tetapi juga biaya operasional. *Bottleneck* yang tidak teratasi dapat menyebabkan *downtime* yang tinggi, sehingga meningkatkan biaya produksi secara keseluruhan. Oleh karena itu, diperlukan analisis mendalam terhadap penyebab *bottleneck* dan tindakan korektif yang tepat untuk mengurangi kerugian finansial.

Analisis Waktu Siklus (*Cycle Time Analysis*) adalah metode yang digunakan untuk mengukur dan menganalisis durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus proses produksi atau aktivitas tertentu. Tujuan utama dari analisis ini adalah mengidentifikasi dan mengurangi waktu yang tidak produktif, sehingga meningkatkan efisiensi dan produktivitas proses produksi. Menurut Nevenda dan Wulandari (2023), waktu siklus mencakup seluruh periode yang diperlukan untuk menghasilkan satu unit produk pada suatu stasiun kerja tertentu.

Dalam konteks manufaktur, pengukuran waktu siklus dilakukan dengan mencatat durasi setiap elemen kerja menggunakan metode seperti *stopwatch time study*. Penelitian oleh Yudhistira (2022) menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam menentukan waktu standar yang diperlukan untuk setiap elemen kerja, yang kemudian digunakan sebagai acuan dalam perencanaan kapasitas dan penjadwalan produksi.

Implementasi analisis waktu siklus memungkinkan perusahaan untuk mengidentifikasi *bottleneck* dalam proses produksi. Dengan mengetahui tahapan mana yang memerlukan waktu lebih lama dari yang seharusnya, perusahaan dapat mengambil tindakan perbaikan seperti penyeimbangan lini produksi atau peningkatan efisiensi pada stasiun kerja tertentu. Hal ini sejalan dengan temuan Prayuda (2020), yang menunjukkan bahwa analisis waktu kerja dapat meningkatkan produktivitas dengan mengurangi waktu yang tidak bernilai tambah.

Selain itu, analisis waktu siklus berperan penting dalam perencanaan kapasitas produksi. Dengan memahami waktu yang dibutuhkan untuk setiap proses, perusahaan dapat menentukan jumlah tenaga kerja dan mesin yang diperlukan untuk memenuhi target produksi. Menurut penelitian oleh Yudisha (2021), perhitungan waktu baku menggunakan metode jam henti pada proses *bottling* membantu dalam menentukan kebutuhan sumber daya secara akurat.

Capacity Requirement Planning (CRP) adalah metode yang digunakan untuk memastikan bahwa kapasitas produksi yang tersedia dapat memenuhi kebutuhan produksi yang telah ditentukan. CRP menghitung kapasitas mesin atau sumber daya yang diperlukan untuk mendukung jadwal produksi. Menurut Harahap (2022), CRP merupakan bagian penting dari perencanaan kapasitas yang bertujuan untuk mengidentifikasi kesenjangan antara kapasitas yang tersedia dan kebutuhan produksi.

CRP bekerja dengan memadukan data permintaan produk, jadwal produksi, dan kapasitas sumber daya. Dalam konteks industri manufaktur, CRP membantu memastikan bahwa mesin-mesin produksi dapat bekerja dengan optimal tanpa menimbulkan *bottleneck*. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Nugroho (2023), CRP memberikan gambaran menyeluruh mengenai beban kerja mesin, sehingga perusahaan dapat mengambil langkah proaktif untuk mengatasi potensi keterbatasan kapasitas.

Salah satu elemen penting dalam CRP adalah analisis waktu siklus atau *cycle time*. Menurut Wibowo (2022), perhitungan waktu siklus yang akurat sangat penting dalam proses CRP karena menjadi dasar dalam menentukan kebutuhan kapasitas. Jika waktu siklus suatu mesin terlalu lama, maka akan terjadi penumpukan pekerjaan yang berpotensi menghambat aliran produksi. Dengan demikian, CRP dapat digunakan sebagai alat untuk mengevaluasi efisiensi setiap stasiun kerja.

Selain itu, penerapan CRP juga memanfaatkan teknologi sistem informasi untuk mempermudah proses perhitungan dan analisis data. Studi oleh Purnomo (2023) menunjukkan bahwa integrasi CRP dengan sistem *Enterprise Resource Planning* (ERP) dapat meningkatkan akurasi dalam perencanaan kapasitas sekaligus mengurangi risiko kesalahan manusia. Teknologi ini memungkinkan perusahaan untuk melakukan simulasi kapasitas dan mengevaluasi berbagai skenario produksi.

CRP juga dapat digunakan untuk mendukung strategi penambahan kapasitas atau peningkatan efisiensi. Menurut Kurniawan (2023), CRP membantu perusahaan menentukan apakah perlu menambah mesin, meningkatkan kecepatan produksi, atau mengatur ulang jadwal kerja untuk menghindari kendala kapasitas. Dalam hal ini, CRP menjadi alat strategis untuk memastikan bahwa sumber daya digunakan secara optimal dan sesuai dengan target produksi.

Di sisi lain, CRP juga memiliki keterbatasan jika data yang digunakan tidak akurat. Sebagaimana dijelaskan oleh Rahmawati (2022), kesalahan dalam memasukkan data produksi atau kapasitas mesin dapat menyebabkan hasil analisis yang tidak tepat, sehingga berpotensi meningkatkan biaya operasional. Oleh karena itu, implementasi CRP membutuhkan koordinasi yang baik antara tim produksi, perencanaan, dan teknologi informasi untuk mencapai hasil yang maksimal.

Metodologi

Metodologi penelitian ini dirancang untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan memberikan solusi terhadap permasalahan *bottleneck* dalam proses produksi serta mengevaluasi kapasitas mesin guna meningkatkan efisiensi produksi cup plastik di PT 'X'. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, yang berfokus pada pengumpulan, pengolahan, dan analisis data numerik untuk menghasilkan rekomendasi berbasis data. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung, pengukuran waktu siklus (*cycle time*), dan wawancara dengan pihak terkait di lini produksi. Data sekunder berupa dokumen produksi, laporan kapasitas mesin, dan catatan terkait *downtime* yang relevan dengan analisis *bottleneck*.

Proses analisis melibatkan beberapa metode, termasuk analisis waktu siklus untuk menentukan waktu standar, analisis kapasitas mesin menggunakan metode *Capacity Requirement Planning* (CRP), serta identifikasi titik *bottleneck* berdasarkan frekuensi dan dampak pada proses produksi. Hasil dari analisis tersebut akan dibandingkan dengan target produksi dan kapasitas mesin yang tersedia. Rekomendasi perbaikan akan disusun berdasarkan temuan penelitian, dengan mempertimbangkan solusi seperti penyeimbangan

lini produksi, pengaturan ulang waktu siklus, atau penambahan kapasitas mesin jika diperlukan.

Pengumpulan dan Pengolahan Data

1. *Cycle Time Analysis (Sebelum Perbaikan)*

Cycle time atau waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan oleh mesin untuk memproduksi satu unit cup plastik. Perusahaan memiliki tiga mesin dengan target produksi masing-masing sebesar 1 juta cup per hari, namun dikarenakan terjadi *bottleneck* pada bagian listrik statis sehingga masing masing mesin hanya dapat memproduksi sebanyak 800.000 cup/hari. Jika mesin beroperasi selama 24 jam per hari:

Total Waktu Oprasional harian= 24 jam x 60 menit x 60 detik= 86.400 detik/ hari

Untuk mencapai kapasitas target produksi sebesar 1 juta cup per hari/ kapasitas teoritis (namun target yang terpenuhi hanya 800.000/hari) adalah *Cycle Time* = Total Waktu Oprasional Harian/ Total Target Harian. Maka untuk satu mesin (Sebelum Perbaikan) adalah *Cycle Time* (Sebelum Perbaikan) = 86.400 detik/ 800.000 cup= 0,108 detik/cup.

Tabel 1. Interpretasi Hasil *Cycle Time* (Sebelum Perbaikan)

Mesin	Ukuran Produk (ml)	<i>Cycle Time</i> Sebelum Perbaikan (detik/cup)	Target Produksi Harian Yang Terpenuhi (cup)
Mesin 1	200 ml	0,108	800.000
Mesin 2	200 ml	0,108	800.000
Mesin 3	200 ml	0,108	800.000

Jika *cycle time* yang diperlukan terlalu ketat atau mesin tidak dapat mencapainya, ini menunjukkan adanya potensi *bottleneck*, dan diperlukan perbaikan baik dari segi teknologi, kecepatan mesin, atau penambahan jumlah mesin.

2. *Capacity Requirement Planning (CRP)*

CRP adalah metode yang digunakan untuk memastikan bahwa kapasitas mesin cukup untuk memenuhi permintaan produksi yang telah ditetapkan. Dalam hal ini, kita akan menganalisis kapasitas yang dibutuhkan untuk memenuhi target produksi dan membandingkannya dengan kapasitas yang tersedia.

Hitung kapasitas mesin yang dibutuhkan (*Capacity Demand*), dengan target produksi harian 800.000 cup dan *cycle time* 0,108 detik/cup, kita sudah menghitung bahwa satu mesin perlu beroperasi selama 86.400 detik untuk mencapai target. Dengan dua mesin 200 ml dan satu mesin 250 ml, total kapasitas yang dibutuhkan tetap 86.400 detik per mesin.

Setelah itu, bandingkan dengan kapasitas mesin yang tersedia karena mesin dioperasikan 24 jam penuh, kapasitas yang tersedia adalah 86.400 detik per hari. Ini sesuai dengan kebutuhan kapasitas untuk mencapai 800.000 cup/ mesin per hari, sehingga kapasitas yang tersedia sudah optimal.

Tabel 2. Total permintaan produksi harian adalah 1.000.000 cup/mesin namun yang terpenuhi hanya 800.000 cup/mesin

Nama Mesin	Jumlah Produksi Per Hari
Mesin Ke-1 (200 ml)	800.000 cup
Mesin Ke-2 (200 ml)	800.000 cup
Mesin Ke-3 (250 ml)	800.000 cup

Dengan mesin yang beroperasi 24 jam atau 86.400 detik/hari, kapasitas yang tersedia untuk setiap mesin adalah Kapasitas yang tersedia per mesin= 86.400 detik/hari. Berdasarkan *cycle time* 0,108 detik per cup adalah **Kapasitas yang Dibutuhkan= Target Produksi Harian x Cycle Time.**

Kapasitas yang Dibutuhkan Per Mesin= 800.000 cup x 0,108 detik/ cup = 86.400 detik/ cup. Untuk setiap mesin, karena kapasitas yang tersedia (86.400 detik) sama dengan kapasitas yang dibutuhkan (86.400 detik) untuk setiap mesin, hasilnya adalah **Kapasitas Tersedia= Kapasitas yang Dibutuhkan.**

Tabel 3. *Capacity Requirement Planning* (CRP) (Sebelum Perbaikan)

Mesin	Ukuran Cup	Kapasitas Target Produksi Harian (Cup)	Kapasitas Produksi Harian yang Terpenuhi (Cup)	Cycle Time (detik/ cup)	Kapasitas yang Dibutuhkan (detik/hari)	Kapasitas yang tersedia (detik/hari)	Status
Mesin 1	200 ml	1.000.000	800.000	0,108	86.400	86.400	Tidak mencukupi
Mesin 2	200 ml	1.000.000	800.000	0,108	86.400	86.400	Tidak Mencukupi
Mesin 3	250 ml	1.000.000	800.000	0,108	86.400	86.400	Tidak Mencukupi

Pada Mesin 1, Mesin 2 dan Mesin 3, mesin ini digunakan untuk memproduksi cup berukuran 200 ml dan 250 ml dengan target produksi harian sebesar 1.000.000 cup. Namun,

mesin ini hanya mampu memenuhi kapasitas produksi sebanyak 800.000 cup per hari, yang berarti hanya mencapai 80% dari target produksi. *Cycle time* untuk setiap cup adalah 0,108 detik, sehingga kapasitas waktu yang dibutuhkan untuk mencapai target produksi adalah 86.400 detik per hari. Kapasitas waktu yang tersedia dari mesin juga sebesar 86.400 detik per hari, menunjukkan bahwa secara teoritis mesin memiliki waktu yang cukup untuk memenuhi target. Namun, dalam praktiknya, kapasitas produksi aktual yang terpenuhi tidak mencukupi, sehingga status mesin ini dinyatakan **tidak mencukupi** untuk memenuhi target harian.

3. Data *Bottleneck*

Berdasarkan tabel durasi *downtime* per *bottleneck*, terlihat bahwa Proses 2 memiliki durasi *downtime* yang jauh lebih tinggi dibandingkan Proses 1 dan Proses 3. Proses 1 dan Proses 3 masing-masing memiliki *downtime* sebesar 2 menit, sedangkan Proses 2 memiliki *downtime* sebesar 20 menit. Perbedaan yang signifikan ini menunjukkan bahwa terjadi *bottleneck* pada Proses 2, yang mempengaruhi kelancaran produksi secara keseluruhan

Bottleneck ini kemungkinan besar disebabkan oleh keterbatasan kapasitas atau efisiensi di Proses 2, yang menghambat aliran proses dan menyebabkan penumpukan atau keterlambatan di tahap tersebut. Oleh karena itu, Proses 2, yang diindikasikan sebagai lampu statis, memerlukan perhatian khusus untuk mengidentifikasi dan mengatasi penyebab *downtime* yang tinggi, seperti perbaikan mesin, optimalisasi proses, atau penambahan sumber daya.

Tabel 4. Durasi *Downtime* per *Bottleneck*

Proses 1	Proses 2	Proses 3
2 Menit	20 Menit	2 Menit

Sebelum dilakukan penambahan alat listrik statis, proses produksi di PT 'X' sering mengalami hambatan akibat adanya *bottleneck* pada tahap *screening*. Hambatan ini disebabkan oleh kapasitas mesin yang tidak seimbang sehingga menyebabkan cacat pada produk yang dihasilkan dapat mengakibatkan ketidakefektifan pada penggunaan mesin. Berikut data sebelum perbaikan:

Tabel 5. Penurunan Produk Gagal Akibat *Bottleneck* Sebelum Diperbaiki

Variabel	Asumsi/Estimasi	Penjelasan
Frekuensi <i>Bottleneck</i> per Hari	5 kali	Diasumsikan <i>bottleneck</i> terjadi sekitar 5 kali sehari berdasarkan pengamatan umum pada sistem produksi.
Durasi <i>Downtime Bottleneck</i>	20 menit	Diasumsikan setiap <i>bottleneck</i> menyebabkan <i>downtime</i> sekitar 20 menit.
Total <i>Downtime</i> Akibat <i>Bottleneck</i> per Hari	100 menit (5 kali x 20 menit)	Akumulasi total waktu henti produksi per hari karena <i>bottleneck</i> .
Jumlah Mesin	3 mesin (2 mesin 200 ml, 1 mesin 250 ml)	Berdasarkan informasi, terdapat 3 mesin dalam produksi cup plastik.
Kapasitas Produksi per Mesin per Hari	800.000 cup	Tiap mesin menghasilkan 800.000 cup plastik per hari.
Total Kapasitas Produksi per Hari	2.400.000 cup	Dengan 3 mesin, total produksi per hari adalah 2,4 juta cup.
Persentase Kegagalan Akibat <i>Bottleneck</i>	0,5% dari produksi harian	Diasusikan <i>bottleneck</i> berdampak pada 0,5% dari total produksi harian.
Estimasi Kegagalan Akibat <i>Bottleneck</i> per Hari	15.000 cup (0,5% dari 3 juta cup)	Perkiraan jumlah cup yang gagal setiap hari karena <i>bottleneck</i> .
Estimasi Kegagalan Akibat <i>Bottleneck</i> per Bulan	450.000 cup (15.000 cup x 30 hari)	Perkiraan jumlah cup yang gagal per bulan karena <i>bottleneck</i> pada bagian lampu statis.

4. Action Plan dan Implementasi

Masalah lampu listrik statis pada sistem produksi PT 'X' mempengaruhi efisiensi proses secara signifikan. Masalah ini disebabkan penggunaan lampu yang tidak tahan terhadap akumulasi listrik statis. Lampu yang bermasalah menyebabkan inspeksi visual atau sistem otomatisasi terganggu, memperlambat proses produksi. Hal yang dilakukan adalah dengan mengganti lampu listrik statis dengan lampu LED industri yang lebih tahan lama dan dapat berkerja secara optimal serta minim biaya. Implementasi *action plan* ini berlandaskan teori *Lean Manufacturing*, yang menekankan pengurangan pemborosan, seperti *downtime* akibat perangkat bermasalah. Berdasarkan hasil pengamatan dan

perhitungan, maka dilakukan penambahan lampu LED industri di dalam mesin pada proses ke-3. Hasil yang didapatkan ketika sudah menambah lampu LED industri adalah meningkatnya jumlah produksi cup plastik dan berkurangnya *cycle time* serta *bottleneck* yang terjadi semakin kecil, yang dimana hampir menyentuh 0% atau sampai 0,1%. Penerapan ini tidak hanya menyelesaikan masalah listrik statis, tetapi juga meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem produksi secara keseluruhan dimana dari *action plan* ini mengurangi proses *recycle* pada produk yang cacat akibat lampu listrik statis.

Setelah dilakukannya perbaikan dan penambahan listrik statis, hasil yang diperoleh ialah penurunan produk cacat produksi yang diakibatkan terjadinya listrik statis pada bagian pencetakan cup. Berikut data hasil dari perbaikan pada mesin yang telah ditambahkan alat penghilang listrik statis:

Tabel 6. Penurunan Produk Gagal Akibat *Bottleneck* Sebelum Diperbaiki dan Dilakukan Penambahan Listrik Statis

Variabel	Setelah Perbaikan
Frekuensi <i>Bottleneck</i> per Hari	0 kali
Durasi <i>Downtime</i> Akibat <i>Bottleneck</i>	2 menit
Total <i>Downtime</i> Akibat <i>Bottleneck</i> per Hari	6 menit (3 mesin x 2 menit)
Persentase Kegagalan Akibat <i>Bottleneck</i>	0,1%
Estimasi Kegagalan Akibat <i>Bottleneck</i> per Hari	3.000 cup (1.000 cup x 3 mesin)
Kapasitas Produksi Optimal	3.000.000 cup

5. *Cycle Time Analysis* (Setelah Perbaikan)

Setelah perbaikan *bottleneck*, kapasitas mesin dapat kembali ke kapasitas teoritis, yaitu 1.000.000 cup per mesin per hari. Dengan demikian, kita dapat menghitung *cycle time* yang lebih cepat, maka *Cycle Time* (Setelah Perbaikan) = $86.400 \text{ detik} / 1.000.000 \text{ cup} = 0,0864 \text{ detik/cup}$.

6. *Capacity Requirement Planning* CRP (Setelah Perbaikan)

Maka setelah menghitung *Cycle time* setelah perbaikan maka, didapatkan:

- Target produksi harian yang terpenuhi adalah 1.000.000 cup per mesin.
- Jumlah mesin yaitu 2 mesin untuk ukuran 200 ml dan 1 mesin untuk ukuran 250 ml.
- Total waktu operasional adalah 24 jam (86.400 detik).

d. *Cycle time* yang didapatkan adalah 0,0864 detik per cup (dari perhitungan sebelumnya).

Tabel 7. Total permintaan produksi harian adalah 1 juta cup per mesin dan setelah perbaikan pada listrik statis, permintaan dapat terpenuhi

Nama Mesin	Jumlah Produksi Per Hari
Mesin Ke-1 (200 ml)	1.000.000 cup
Mesin Ke-2 (200 ml)	1.000.000 cup
Mesin Ke-3 (250 ml)	1.000.000 cup

Tabel 8. *Capacity Requirement Planning* (CRP) (Setelah Perbaikan)

Mesin	Ukuran Cup	Kapasitas Target Produksi Harian (Cup)	Kapasitas Produksi Harian yang Terpenuhi (Cup)	<i>Cycle Time</i> (detik/cup)	Kapasitas yang Dibutuhkan (detik/hari)	Kapasitas yang tersedia (detik/hari)	Status
Mesin 1	200 ml	1.000.000	1.000.000	0,0864	86.400	86.400	Mencukupi
Mesin 2	200 ml	1.000.000	1.000.000	0,0864	86.400	86.400	Mencukupi
Mesin 3	250 ml	1.000.000	1.000.000	0,0864	86.400	86.400	Mencukupi

Setelah dilakukan perbaikan pada sistem produksi, khususnya dengan optimalisasi lampu listrik statis, hasil yang dicapai menunjukkan peningkatan signifikan dalam kinerja operasional. Sebelum perbaikan, *bottleneck* terjadi secara konsisten dengan frekuensi mencapai beberapa kali per hari, menyebabkan durasi *downtime* hingga 50 menit per mesin per hari. Dengan adanya tiga mesin yang terpengaruh, total *downtime* mencapai 150 menit per hari. Namun, setelah perbaikan, *bottleneck* berhasil dihilangkan sepenuhnya sehingga frekuensi kejadian menjadi 0 kali per hari, dan durasi *downtime* menurun drastis menjadi hanya 2 menit per mesin per hari, dengan total *downtime* hanya 6 menit.

Persentase produk gagal akibat *bottleneck* juga mengalami penurunan signifikan. Sebelum perbaikan, persentase kegagalan mencapai 0,5% dari total produksi harian, setara dengan 15.000 cup per hari (dari target produksi 3 juta cup per hari). Setelah perbaikan, persentase kegagalan berhasil ditekan hingga hanya 0,1%, atau sekitar 3.000 cup per hari.

Hal ini mencerminkan keberhasilan dalam meningkatkan kontrol kualitas dan meminimalkan limbah produksi.

Selain itu, kapasitas produksi optimal juga mengalami peningkatan signifikan. Sebelum perbaikan, kapasitas produksi harian yang terpengaruh *bottleneck* hanya mencapai 2,4 juta cup per hari (800.000 cup per mesin \times 3 mesin). Setelah perbaikan, kapasitas produksi meningkat menjadi 3 juta cup per hari, sesuai dengan target produksi maksimal. Peningkatan ini membuktikan bahwa eliminasi *bottleneck* pada lampu listrik statis mampu menghilangkan hambatan utama dalam proses produksi dan meningkatkan efisiensi sistem secara keseluruhan. Perbaikan ini juga sejalan dengan teori efisiensi produksi yang menekankan pentingnya penghapusan hambatan untuk meningkatkan *output* dan mengurangi *waste* dalam proses manufaktur.

Hasil dan Pembahasan

Setelah dilakukan perbaikan melalui penambahan alat penghilang listrik statis dengan jenis lampu LED pada sistem produksi, terjadi peningkatan yang signifikan dalam efisiensi produksi di PT 'X'. *Cycle time* yang semula berada pada 0,108 detik per cup berhasil dioptimalkan menjadi 0,0864 detik per cup. Hal ini memungkinkan setiap mesin untuk mencapai target produksi harian sebesar 1 juta cup tanpa hambatan. Dengan peningkatan ini, kapasitas produksi total meningkat dari 2,4 juta cup per hari menjadi 3 juta cup per hari, sesuai target yang telah ditetapkan perusahaan.

Downtime yang sebelumnya menjadi hambatan besar dengan durasi mencapai 100 menit per hari kini berhasil ditekan menjadi hanya 6 menit per hari. Hal ini menunjukkan bahwa *bottleneck* utama yang disebabkan oleh lampu statis telah berhasil dihilangkan. Selain itu, jumlah produk gagal yang semula mencapai 450.000 cup per bulan atau 0,5% dari total produksi, berhasil ditekan menjadi hanya 90.000 cup per bulan, atau sekitar 0,1%. Penurunan sebesar 80% ini tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga mengurangi kerugian akibat produk cacat.

Peningkatan efisiensi produksi ini mencerminkan penerapan yang berhasil dari berbagai teori dan metode manajemen operasional modern. Perbaikan pada lampu statis mendukung teori *Lean Manufacturing* yang berfokus pada penghapusan pemborosan, khususnya waktu *downtime* yang tidak perlu (Groover, 2021). Penurunan *cycle time* menjadi 0,0864 detik per cup sejalan dengan prinsip *Time Study*, di mana optimasi waktu kerja menghasilkan peningkatan kapasitas tanpa perlu menambah jumlah mesin (Stevenson, 2021).

Eliminasi *bottleneck* pada proses produksi lampu statis juga mencerminkan implementasi yang sukses dari *Capacity Requirement Planning* (CRP). Dengan CRP, perusahaan dapat memastikan bahwa kapasitas yang tersedia cukup untuk memenuhi

kebutuhan produksi, bahkan ketika sebelumnya terjadi hambatan (Render et al., 2020). Selain itu, teori *Theory of Constraints* (TOC) juga diterapkan dengan baik dalam mengidentifikasi dan menghilangkan hambatan utama yang mengganggu aliran proses produksi (Harahap, 2023). Dengan mengatasi *bottleneck* ini, *throughput* sistem meningkat secara signifikan, memungkinkan produksi berjalan lebih konsisten dan stabil.

Penurunan produk gagal hingga 80% menunjukkan peningkatan kualitas proses produksi yang sesuai dengan prinsip *Statistical Process Control* (SPC). Metode ini membantu meminimalkan variabilitas proses dan menjaga kualitas produk yang dihasilkan, sehingga mengurangi tingkat cacat (Nugroho, 2022). Selain itu, optimalisasi sistem produksi tanpa menurunkan standar kualitas juga mencerminkan penerapan prinsip dasar manajemen operasi modern, yang menekankan keseimbangan antara efisiensi dan kualitas (Slack et al., 2019).

Secara keseluruhan, hasil perbaikan ini menunjukkan bahwa PT 'X' mampu mencapai target produksi harian sebesar 3 juta cup per hari dengan efisiensi yang jauh lebih baik. Perusahaan tidak hanya menghilangkan hambatan utama dalam proses produksi, tetapi juga meningkatkan kontrol kualitas dan daya saingnya di industri manufaktur plastik. Implementasi ini memberikan bukti nyata bahwa pendekatan sistematis dan berbasis teori dapat memberikan solusi yang konkret dan berdampak signifikan pada keberhasilan operasional.

Kesimpulan

Dapat disimpulkan bahwa perbaikan pada sistem produksi PT 'X' melalui penambahan alat penghilang listrik statis pada lampu statis berhasil mengatasi *bottleneck* yang selama ini menjadi kendala utama. Hal ini terbukti dari penurunan signifikan waktu *downtime*, peningkatan kapasitas produksi, dan pengurangan produk cacat. Dengan optimalisasi *cycle time* dan pengelolaan kapasitas mesin yang lebih baik, perusahaan kini mampu mencapai target produksi harian secara konsisten dan efisien. Langkah ini tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional tetapi juga memperkuat daya saing perusahaan dalam memenuhi permintaan pasar di industri manufaktur plastik.

Referensi

- Darnoko, R. (2023). Optimisasi Stasiun Kerja melalui Minimisasi Bottleneck dengan Pendekatan Theory of Constraints. *Jurnal Teknik Industri Indonesia*.
- Groover, M. P. (2021). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. Pearson Education.
- Harahap, A. (2022). Penerapan Capacity Requirement Planning untuk Optimasi Kapasitas Produksi dalam Industri Manufaktur. *Jurnal Teknik dan Sistem Industri*.

- Harahap, A. (2023). Analisis Penyebab Bottleneck pada Aliran Produksi Menggunakan Metode Theory of Constraints. *Jurnal Inovasi Teknik Produksi*.
- Heizer, J., & Render, B. (2020). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*. Pearson.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2020). *Operations Management: Processes and Supply Chains*. Pearson.
- Kurniawan, T. (2023). Strategi Penambahan Kapasitas Mesin Menggunakan Pendekatan CRP dan TOC. *Jurnal Teknik Produksi*.
- Latief, Y., et al. (2021). Analisis Aliran Proses dan Pengukuran Waktu Kerja pada Produksi Trandgate 26 di PT. XYZ. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 4(1), 221-230.
- Nevenda, M., & Wulandari, L. M. C. (2023). Analisis Perhitungan Waktu Standar untuk Menentukan Jumlah Tenaga Kerja Optimal pada Proses Produksi PT. NRZ Prima Gasket. *SATUKATA: Jurnal Sains, Teknik dan Kemasyarakatan*, 1(5), 214-220.
- Nugroho, S. (2022). Analisis Kualitas Produk Cup Thermoforming dengan Metode Statistical Process Control. *Jurnal Integrasi Sistem*.
- Nugroho, S. (2023). Integrasi Capacity Requirement Planning dengan Sistem ERP dalam Perencanaan Kapasitas Produksi. *Jurnal Teknologi Industri*.
- Nurhayati, L. (2022). Peningkatan Produksi Plastik Injection dengan Analisis Overall Equipment Effectiveness dan Single Minute Exchange of Dies. *Jurnal Teknik Mesin dan Manufaktur*.
- Prayuda, S. (2020). Analisis Pengukuran Kerja dalam Menentukan Waktu Baku untuk Meningkatkan Produktivitas Kerja pada Produksi Kerudung Menggunakan Metode Time Study pada UKM Lisna Collection di Tasikmalaya. *Jurnal Mahasiswa Industri Galuh*, 120-126.
- Purnomo, D. (2021). Peningkatan Produksi Plastik Injection dengan Analisis Overall Equipment Effectiveness. *Jurnal Teknologi Manufaktur*.
- Purnomo, D. (2023). Analisis Kapasitas Produksi pada Industri Plastik Menggunakan Metode CRP. *Jurnal Sistem Manufaktur*.
- Rahmawati, L. (2022). Evaluasi Perencanaan Kapasitas Produksi Menggunakan CRP dan Pengaruhnya terhadap Efisiensi Operasional. *Jurnal Manajemen Operasi*.
- Render, B., Stair, R. M., & Hanna, M. E. (2020). *Quantitative Analysis for Management*. Pearson.
- Slack, N., Brandon-Jones, A., & Johnston, R. (2019). *Operations Management*. Pearson.
- Stevenson, W. J. (2021). *Operations Management*. McGraw-Hill Education.
- Wahyudi, T. (2022). Optimalisasi Perencanaan Kapasitas Produksi dengan Metode Theory of Constraints. *Jurnal Rekayasa Produksi*.

-
- Wibowo, R. (2022). Penggunaan Waktu Siklus dalam CRP untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi. *Jurnal Teknologi Produksi dan Sistem Industri*.
- Yudisha, N. (2021). Perhitungan Waktu Baku Menggunakan Metode Jam Henti pada Proses Bottling. *Jurnal Vorteks*, 85-90.
- Yudhistira, G. A. (2022). Analisis Waktu Kerja dengan Metode Stopwatch pada Industri Garmen. *Seminar dan Konferensi Nasional IDEC*, A02.1-A02.10.