

Kombinasi *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)* dan *Value Stream Mapping (VSM)* pada proses produksi Medical System Vacuum

Teofilus Valentino^{1*}, Desrina Yusi Irawati², Lasman Parulian Purba³

¹²³Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri, Universitas Katolik Darma Cendika

Email: info@ukdc.ac.id

Abstrak

PT. Intidaya Dinamika Sejati adalah perusahaan yang bergerak di bidang produksi dan distribusi peralatan industri, dengan salah satu produk utamanya adalah Medical System Vacuum. Studi ini menganalisis permasalahan di Departemen Purchasing terkait proses produksi, dengan mengidentifikasi tantangan utama seperti keterlambatan dalam pembuatan Bill of Materials (BOM) akibat antrean analisis kerusakan serta ketidakefisienan dalam alur kerja dari Sales Order (SO) ke Work Order (WO). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan meminimalkan keterlambatan proses produksi Medical System Vacuum di PT. Intidaya Dinamika Sejati menggunakan metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) dan Value Stream Mapping (VSM). FMEA digunakan untuk menentukan risiko kegagalan berdasarkan nilai Risk Priority Number (RPN), sedangkan VSM digunakan untuk menganalisis aliran nilai dan lead time produksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa antrian panjang pada analisis kerusakan Bill of Materials (BOM) memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 432, diikuti keterlambatan kedatangan material (RPN 280) dan persetujuan Purchase Order (RPN 210). Lead time total mencapai 177 jam, dengan kontribusi waktu non-produksi sebesar 81%.

Kata kunci: Bill of Materials, FMEA, VSM, Lead Time, Medical System Vacuum

Abstract

PT. Intidaya Dinamika Sejati is a company engaged in the production and distribution of industrial equipment, with one of its main products being the Medical System Vacuum. This study analyzes the problems in the Purchasing Department related to the production process, by identifying key challenges such as delays in Bill of Materials (BOM) creation due to queues for damage analysis and inefficiencies in the workflow from Sales Order (SO) to Work Order (WO). This study aims to identify and minimize delays in the Medical System Vacuum production process at PT. Intidaya Dinamika Sejati using the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) and Value Stream Mapping (VSM) methods. FMEA is used to determine the risk of failure based on the Risk Priority Number (RPN) value, while VSM is used to analyze the value stream and production lead time. The results show that long queues in the Bill of Materials (BOM) damage analysis have the highest RPN value of 432, followed by delays in material arrival (RPN 280) and Purchase Order approval (RPN 210). The total lead time reaches 177 hours, with a non-production time contribution of 81%.

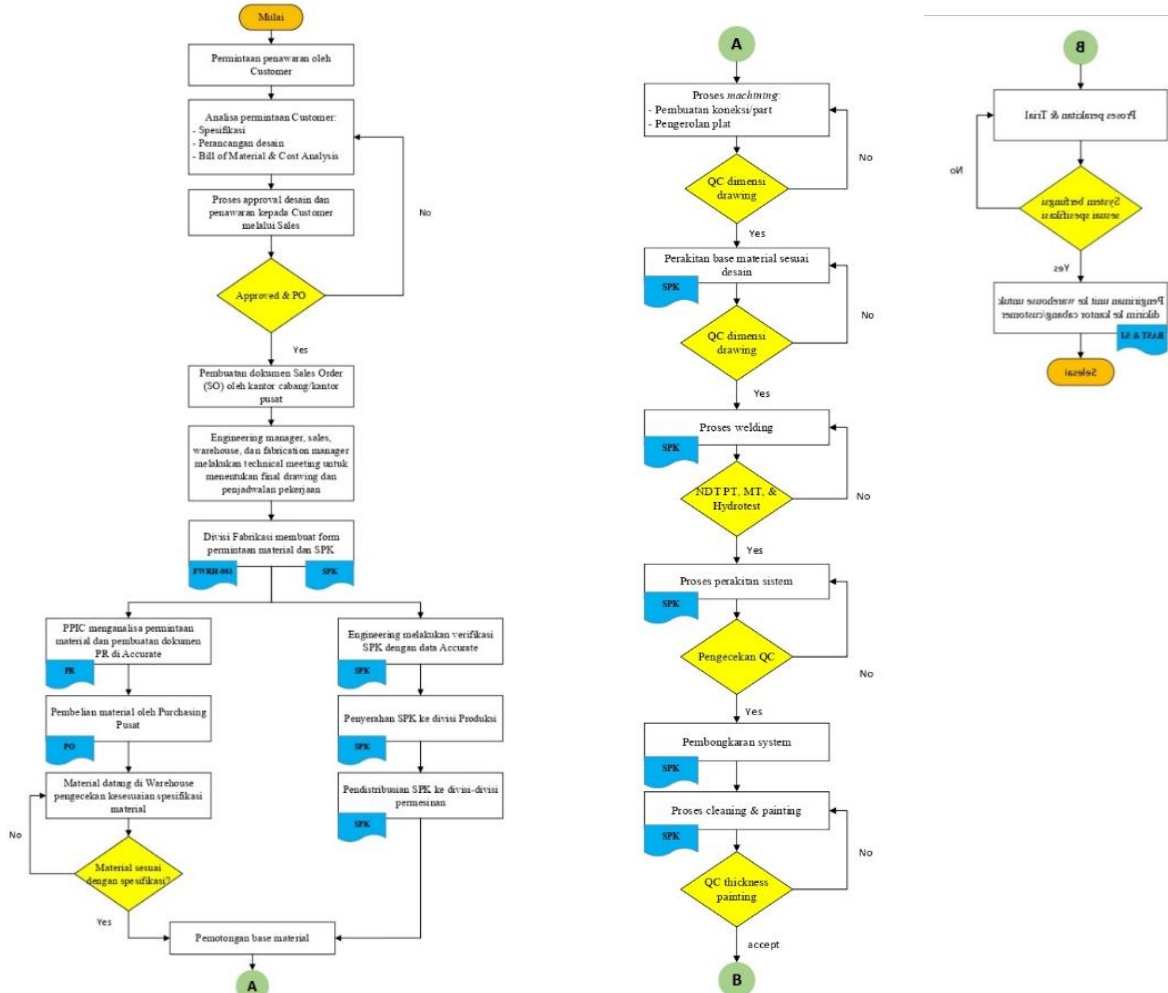
Keywords: Bill of Materials, FMEA, VSM, Lead Time, Medical System Vacuum

1. Pendahuluan

PT. Intidaya Dinamika Sejati (PT. IDS) merupakan perusahaan yang bergerak di bidang peralatan medis... Produk Medical System Vacuum menuntut ketepatan waktu dan kualitas produksi yang tinggi. Namun, perusahaan sering mengalami keterlambatan akibat lamanya proses pembuatan Bill of Materials (BOM), keterlambatan pengadaan material, serta birokrasi persetujuan Purchase Order (PO). FMEA digunakan untuk mengidentifikasi risiko berdasarkan Severity, Occurrence, dan Detection (Stamatis, 2003), sedangkan VSM digunakan untuk mengidentifikasi aktivitas tidak bernilai tambah seperti waiting dan transportation (Liker, 2004).

Salah satu produk unggulan PT. IDS adalah *Medical System Vacuum*, yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan lingkungan medis dengan spesifikasi tekanan vakum tinggi. Berikut alur proses yang ada di PT. Intidaya dinamika sejati.

PRODUCTION FLOW PROCESS – MEDICAL SYSTEM VACUUM



Gambar 1. Diagram alir Proses Produksi Medical System Vacuum

Produk ini berfungsi dalam menjaga kebersihan dan keselamatan pasien, sehingga kualitas serta ketepatan waktu produksi menjadi faktor utama yang harus dijaga. Meskipun PT. IDS telah memiliki sistem produksi yang terstruktur, terdapat beberapa kendala yang dapat menghambat kelancaran produksi dan distribusi produk kepada pelanggan. Berikut alur proses yang ada di PT. Intidaya dinamika sejati.

Permasalahan utama yang sering terjadi adalah keterlambatan dalam proses produksi, yang berdampak pada pelanggaran tenggat waktu proyek (*overdue*). Salah satu faktor penyebab utama keterlambatan ini adalah waktu yang dibutuhkan dalam pembuatan *Bill of Materials* (BOM). Proses pembuatan BOM yang memakan waktu lama sering kali menyebabkan antrean dalam analisis material dan kerusakan, yang pada akhirnya menunda pengadaan bahan baku yang dibutuhkan.

Dampaknya, waktu produksi menjadi lebih lama dari yang telah direncanakan, sehingga keterlambatan ini berujung pada denda dan berpengaruh terhadap arus kas serta reputasi perusahaan di mata pelanggan. Sebagai perusahaan yang berkomitmen terhadap kualitas produk dan kepuasan pelanggan, PT. IDS perlu melakukan evaluasi mendalam terhadap proses produksi, terutama pada aspek pembuatan BOM, pengadaan material, serta efisiensi jalur produksi. Dengan memahami hambatan yang ada,

perusahaan dapat mengidentifikasi aspek yang memerlukan perbaikan dan mengimplementasikan solusi yang efektif untuk meningkatkan efisiensi produksi.

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan strategi perbaikan yang dapat mempercepat proses produksi, mengurangi waktu tunggu, serta meminimalkan risiko keterlambatan dan denda akibat *overdue*. Dengan demikian, PT. IDS dapat meningkatkan kepuasan pelanggan, menjaga reputasi perusahaan, serta memperkuat daya saingnya di industri peralatan medis. Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengurangi waktu yang dibutuhkan dalam pembuatan *Bill of Materials* (BOM).
2. Mengoptimalkan proses pengadaan material untuk memastikan ketersediaan bahan tepat waktu.
3. Meningkatkan koordinasi antar divisi untuk memperlancar proses produksi.
4. Menyusun strategi dalam mengurangi keterlambatan (*overdue*) proyek.

Ruang lingkup penelitian ini berfokus pada proses produksi *Medical System Vacuum* di PT. IDS, mulai dari pemesanan material, pembuatan BOM, perakitan, hingga pengujian produk sebelum dikirim ke pelanggan. Penelitian ini tidak mencakup aspek pemasaran, hubungan pelanggan, atau manajemen keuangan, melainkan lebih berfokus pada faktor-faktor yang dapat meningkatkan efisiensi produksi. Berdasarkan hasil observasi dan analisis yang dilakukan, beberapa permasalahan utama yang ditemukan dalam proses produksi *Medical System Vacuum* adalah keterlambatan dalam pembuatan bill of material (BOM), ketidakpastian ketersediaan material, koordinasi antar divisi yang kurang optimal berdasarkan permasalahan yang ditemukan, beberapa langkah perbaikan yang dapat diimplementasikan oleh PT. IDS adalah Digitalisasi dan Otomatisasi, Optimalisasi Pengadaan Material, Peningkatan Koordinasi Antar Divisi

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan **deskriptif**, yaitu metode penelitian yang bertujuan untuk menggambarkan atau melukiskan kondisi objek penelitian secara sistematis, faktual, dan akurat berdasarkan data yang diperoleh di lapangan. Pendekatan ini digunakan untuk memahami permasalahan keterlambatan proses produksi secara aktual tanpa melakukan manipulasi terhadap variabel penelitian. Objek penelitian yang diamati adalah **keterlambatan proses pembuatan Sales Order (SO) ke Work Order (WO)** yang mengalami *overdue* akibat lamanya analisis Bill of Materials (BOM). Penelitian dilaksanakan di **PT. Intidaya Dinamika Sejati (PT. IDS)** yang berlokasi di Jl. Sidosermo Indah I/11, Kelurahan Sidosermo, Kecamatan Wonocolo, Surabaya. Waktu pelaksanaan penelitian berlangsung selama **bulan November 2024**. Penelitian ini menggunakan dua metode analisis utama, yaitu **Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)** dan **Value Stream Mapping (VSM)**.

Tahapan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

Metode FMEA digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan memprioritaskan risiko kegagalan yang menyebabkan keterlambatan proses produksi. Tahapan FMEA dalam penelitian ini meliputi:

1. **Identifikasi proses dan potensi kegagalan**
Menentukan tahapan proses produksi serta kemungkinan kegagalan yang dapat terjadi, seperti keterlambatan analisis BOM, keterlambatan material, dan kesalahan produksi.
2. **Penentuan penyebab dan dampak kegagalan**
Menganalisis faktor penyebab kegagalan serta dampaknya terhadap waktu produksi, kualitas produk, dan kepuasan pelanggan.
3. **Penilaian Severity (S), Occurrence (O), dan Detection (D)**
Setiap potensi kegagalan diberi skor berdasarkan tingkat keparahan, frekuensi kejadian, dan kemampuan deteksi.

4. Perhitungan Risk Priority Number (RPN)

RPN dihitung dengan rumus:

$$RPN = S \times O \times D$$

5. Penentuan prioritas penanganan risiko

Potensi kegagalan dengan nilai RPN tertinggi diprioritaskan untuk diberikan tindakan perbaikan.

2.2 Skala Severity, Occurrence, dan Detection

Penilaian FMEA menggunakan skala 1–10 untuk masing-masing parameter:

Tabel 1. Table parameter..

Parameter	Keterangan
Severity (S)	Menunjukkan tingkat keparahan dampak kegagalan terhadap proses produksi. Skor 1 berarti dampak sangat kecil, sedangkan skor 10 berarti dampak sangat kritis dan berisiko tinggi.
Occurrence (O)	Menunjukkan seberapa sering kegagalan terjadi. Skor 1 berarti sangat jarang terjadi, sedangkan skor 10 berarti sangat sering terjadi.
Detection (D)	Menunjukkan kemampuan sistem dalam mendeteksi kegagalan sebelum berdampak. Skor 1 berarti kegagalan sangat mudah terdeteksi, sedangkan skor 10 berarti sangat sulit terdeteksi.

Skala ini digunakan untuk memastikan bahwa penilaian risiko dilakukan secara sistematis dan objektif.

Tahapan Value Stream Mapping (VSM)

Metode VSM digunakan untuk memetakan aliran proses produksi dan mengidentifikasi aktivitas yang bernilai tambah (value-added) maupun yang tidak bernilai tambah (non-value-added). Tahapan VSM dalam penelitian ini meliputi:

1. Pemetaan alur proses produksi

Menggambarkan seluruh tahapan proses dari penerimaan pesanan hingga produk dikirim ke pelanggan.

2. Identifikasi waktu siklus (Cycle Time)

Mengukur waktu yang dibutuhkan pada setiap proses produksi.

3. Identifikasi waktu non-produksi

Mengukur waktu tunggu, pengiriman, dan aktivitas lain yang tidak menambah nilai.

4. Perhitungan lead time total

Menjumlahkan waktu proses dan waktu non-produksi.

5. Identifikasi waste (pemborosan)

Menentukan jenis pemborosan seperti waiting, transportation, dan overprocessing.

Tujuan Penggunaan FMEA dan VSM

Penggunaan FMEA bertujuan untuk **menentukan prioritas penanganan risiko kegagalan** berdasarkan nilai RPN, sedangkan VSM digunakan untuk **mengidentifikasi pemborosan dan bottleneck** dalam alur produksi. Kombinasi kedua metode ini memungkinkan perusahaan memperoleh gambaran menyeluruh mengenai penyebab keterlambatan serta merumuskan strategi perbaikan yang lebih efektif.

3. Hasil Dan Pembahasan

Untuk mendapatkan gambaran yang jelas mengenai efisiensi dan potensi pemborosan dalam proses produksi, dilakukan beberapa langkah penting. Dengan cara mewawancarai karyawan dari berbagai departemen, termasuk produksi, *engineering*, dan *purchasing*, untuk memahami tantangan dan kebutuhan mereka. Data seperti, tingkat cacat, dan performa produksi dikumpulkan sebagai bahan analisis. Kami juga mempelajari dokumentasi terkait, seperti prosedur kerja, gambar desain, dan data historis, untuk memastikan bahwa semua aspek proses telah dievaluasi dengan cermat. Semua langkah ini dirancang untuk menciptakan solusi yang relevan dan berdampak positif bagi efisiensi operasional perusahaan. Berikut data yang di peroleh dari wawancara yang di lakukan.

Tabel 2. Data RPN

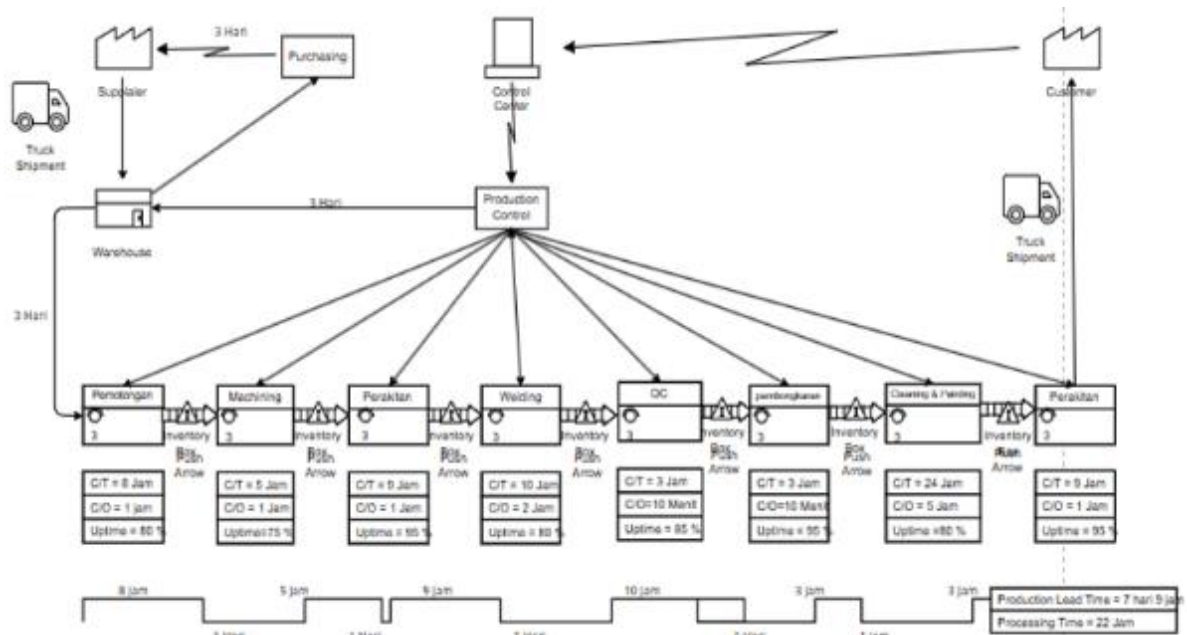
No	Potensi kegagalan	Penyebab kegagalan	dampak kegagalan	Severity (SO)	Occurrence (O)	Detection (D)	RPN
1	keterlambatan analisis BOM	Volume Pekerjaan tinggi,sumber daya terbatas, sistem analisis yang tidak efisien	keterlambatan pembuatan Work order, proyek menjadi overdue	9	8	6	432
2	keterlambatan kedatangan material	Masalah supply chain (Ketergantungan pada jadwal pengiriman dari cabang),kerusakan material saat pengiriman	Penundaan produksi, biaya penyimpanan	8	7	5	280
3	kesalahan dalam pembuatan komponen	kesalahan oprator, peralatan rusak, desain kurang Jelas	Produk cacat, rework, biaya tambahan	8	6	4	192
4	Kegagalan pada proses perakitan dan welding	Kualitas material buruk,kesalahan welding, tekana uji dari supplaier tidak sesuai dengan actualnya	Produk tidak layak pakai, resiko keamanan, biaya perbaikan tinggi	10	5	3	150
5	Keterlambatan Persetujuan	Birokrasi, kurangnya koordinasi	Penundaan produksi, ketidakpuasan pelanggan	7	6	5	210

Dengan menggunakan data RPN yang di dapat, bisa menganalisis melalui potensi kegagalan yang telah di olah. Misalnya keterlambatan analisis BOM, keterlambatan kedatangan material, kesalahan dalam pembuatan komponen, kegagalan pada proses perakitan dan welding, keterlambatan persetujuan. Bisa mengidentifikasi potensi kegagalan yang memerlukan perhatian khusus. Misalnya Volume pekerjaan tinggi, sumber daya terbatas, sistem analisis yang tidak efisien, Masalah supply chain (Ketergantungan pada jadwal pengiriman dari cabang), kerusakan material saat pengiriman, Kesalahan operator, peralatan rusak, desain kurang jelas, Kualitas material buruk, kesalahan welding, tekanan uji porduk dari supplaier tidak sesuai dengan actualnya, Birokrasi, kurangnya koordinasi antar devisi. Maka dapat melakukan peningkatan proses produksi ini yaitu mengurangi waktu yang di butuhkan dalam pembuatan bill of material, mengoptimalkan proses pengadaan material, memperbaiki koordinasi antar divisi,mengusulkan strategi yang lebih evisien untuk mengurangi terjadinya overdue.

Berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang di dapat, Fokus utama harus diberikan pada masalah dengan nilai RPN tertinggi, yaitu antrian panjang analisis kerusakan BOM (RPN 432). Perusahaan perlu segera meningkatkan kapasitas analisis dan mengoptimalkan alur kerja teknisi. Selain itu, keterlambatan kedatangan material (RPN 280) serta persetujuan PO (RPN 210) juga membutuhkan perhatian karena langsung berdampak pada keberlanjutan pada proses produksi. Dengan menerapkan tindakan perbaikan, PT. Intidaya Dinamika Sejati diharapkan dapat mengurangi resiko keterlambatan.

- Masalah Utama:** Antrian panjang disebabkan oleh volume pekerjaan yang tidak seimbang dengan kapasitas tim.
Dampak: Proyek menjadi tertunda, menyebabkan *overdue*.
Tindakan Perbaikan: Menambah sumber daya manusia atau mempercepat proses dengan alat bantu analisis. Memberikan pelatihan khusus untuk meningkatkan efisiensi kerja tim teknisi. (Stamatis, 2003)
- Masalah Utama:** Jadwal pengiriman dari cabang yang kurang fleksibel.
Dampak: Waktu produksi terbuang karena unit tidak tersedia tepat waktu.
Tindakan Perbaikan: Meningkatkan frekuensi komunikasi dengan cabang terkait pengiriman. Menyusun kontrak dengan batas waktu yang lebih ketat. (Juran, 1999)
- Masalah Utama:** Referensi teknis yang tidak konsisten dan minim pelatihan teknisi.
Dampak: Komponen diperbaiki atau diganti secara tidak efektif, menambah waktu pengerjaan.
Tindakan Perbaikan: Meningkatkan panduan referensi teknis standar. Mengadakan pelatihan reguler untuk teknisi. (Smith, 2017)
- Masalah Utama:** Birokrasi internal yang panjang dan kurangnya koordinasi antar divisi.
Dampak: Komponen tidak dapat dibeli tepat waktu, menyebabkan stagnasi produksi.
Tindakan Perbaikan: Meninjau ulang alur proses persetujuan untuk menyederhanakan langkah-langkah yang tidak perlu. Menerapkan sistem persetujuan elektronik untuk mempercepat proses. (Liker, 2004)

Setelah Mengetahui risiko potensi kegagalan dalam sebuah proses. dan mengumpulkan data dalam tabel, langkah selanjutnya adalah mengidentifikasi area-



area yang dapat ditingkatkan efisiensinya. Berikut adalah sketsa *Value Stream Map* (VSM) untuk proses produksi *Medical System Vacuum*.

Gambar 2. Diagram VSM Produksi di PT. Intidaya Dinamika Sejati

Dari diagram alir Proses berikut memastikan bahwa kegiatan yang digunakan dalam proses produksi *Vacuum medical system*, dengan melakukan wawancara dengan divisi produksi, sehingga Tahapan pertama dalam analisis ini adalah mengidentifikasi waktu siklus (*Cycle Time - C/T*), waktu pergantian (*Changeover Time - C/O*), dan persentase uptime dari setiap proses produksi yang terdapat pada diagram. Informasi ini penting untuk memahami seberapa lama setiap proses berlangsung dan seberapa besar pengaruh *downtime* terhadap waktu total. Berdasarkan data yang ada, waktu siklus dari setiap tahapan adalah sebagai berikut:

Cutting: C/T = 8 jam

Machining: C/T = 5 jam

Assembly: C/T = 2 jam

Welding: C/T = 10 jam

Quality Control (QC): C/T = 3 jam

Pembersihan : C/T = 3 jam

Packing: C/T = 2 jam

Dari data di atas, tahapan dengan waktu siklus terlama adalah *welding*, yaitu 10 jam. Hal ini menunjukkan bahwa *welding* menjadi salah satu proses kritis dalam jalannya produksi.

Setelah semua waktu siklus diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah menjumlahkan waktu siklus dari setiap tahapan untuk mendapatkan total waktu proses produksi. Hasil perhitungannya adalah sebagai berikut:

Total waktu proses

$$= 8 + 5 + 2 + 10 + 3 + 3 + 2$$

$$= 33 \text{ Jam}$$

Total waktu ini menunjukkan lamanya proses produksi tanpa memperhitungkan waktu tunggu atau aktivitas non-produksi lainnya. Selain waktu proses produksi, terdapat pula waktu non-produksi yang mencakup waktu pengiriman bahan baku ke *warehouse* dan waktu pengiriman produk jadi ke pelanggan. Waktu non-produksi ini memiliki kontribusi besar terhadap *lead time* total dan tidak boleh diabaikan. Berdasarkan diagram, waktu non-produksi terdiri dari:

Waktu pengiriman bahan baku ke *warehouse*: 3 hari (setara dengan 72 jam)

Waktu pengiriman produk jadi ke pelanggan: 3 hari (setara dengan 72 jam)

Sehingga, total waktu non-produksi dapat dihitung sebagai berikut:

Total waktu non-produksi

$$= 72 + 72 = 144 \text{ Jam}$$

Lead time total adalah penjumlahan dari total waktu proses produksi dan total waktu non-produksi. Dengan demikian, perhitungan *lead time* total adalah:

Lead time total

$$= \text{Total Waktu Proses} + \text{Total Waktu non Produksi}$$

$$= 33 + 144 = 177 \text{ Jam}$$

Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa *lead time* total untuk seluruh alur produksi adalah 177 jam, yang setara dengan 7 hari 9 jam. Dari analisis yang telah dilakukan, diketahui bahwa *lead time* total proses produksi terdiri dari waktu proses (33 jam) dan waktu non-produksi (144 jam). Waktu non-produksi memiliki kontribusi terbesar terhadap *lead time*, yaitu sekitar 81%. Oleh karena itu, upaya peningkatan efisiensi dapat difokuskan pada pengurangan waktu pengiriman bahan baku dan produk jadi. Selain itu, proses *welding* juga menjadi perhatian karena memiliki waktu siklus

terlama, yaitu 10 jam. Optimalisasi proses *welding* melalui pengurangan *downtime* atau penerapan teknologi baru dapat menjadi salah satu solusi untuk mempercepat waktu produksi.

4. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab utama keterlambatan proses produksi Medical System Vacuum di PT. Intidaya Dinamika Sejati serta merumuskan strategi perbaikan guna mengurangi risiko proyek overdue. Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) dan Value Stream Mapping (VSM), dapat disimpulkan bahwa tujuan penelitian telah tercapai.

Hasil FMEA menunjukkan bahwa keterlambatan analisis Bill of Materials (BOM) merupakan faktor risiko terbesar dengan nilai Risk Priority Number (RPN) sebesar 432. Kondisi ini disebabkan oleh tingginya volume pekerjaan, keterbatasan sumber daya manusia, serta sistem analisis yang belum terotomatisasi. Selain itu, keterlambatan kedatangan material (RPN 280) **dan** lamanya persetujuan Purchase Order (RPN 210) juga berkontribusi signifikan terhadap terhambatnya proses produksi. Temuan ini secara langsung menjawab tujuan penelitian dalam mengidentifikasi faktor utama penyebab keterlambatan produksi.

Analisis Value Stream Mapping (VSM) menunjukkan bahwa lead time total produksi mencapai 177 jam, **dengan** 81% waktu digunakan untuk aktivitas non-produktif seperti menunggu material dan pengiriman produk. Proses *welding* teridentifikasi sebagai bottleneck utama karena memiliki waktu siklus terlama, yaitu 10 jam. Hasil ini menjawab tujuan penelitian dalam mengidentifikasi pemborosan (*waste*) dan titik kritis (*bottleneck*) dalam alur produksi.

Berdasarkan hasil FMEA dan VSM, penelitian ini merekomendasikan beberapa strategi perbaikan, yaitu digitalisasi proses BOM, peningkatan kapasitas teknisi, optimalisasi sistem pengadaan material, serta penyederhanaan alur persetujuan Purchase Order. Strategi tersebut secara langsung mendukung tujuan penelitian untuk mengurangi waktu pembuatan BOM, meningkatkan koordinasi antar divisi, dan menurunkan risiko keterlambatan proyek.

5. Daftar Pustaka.

- Rifai'i, Asep. 2019. "Pengaruh Komunikasi Dan Fasilitas Kerja Terhadap Kinerja Pegawai Pada Kecamatan Sukabumi Kabupaten Sukabumi." *Jurnal Ekonomedia* 8(1):1689–99.
- Albert. 2011. "Pengaruh Fasilitas Kerja Terhadap Produktivitas Kerja Karyawan." *Jurnal Manajemen* 9(1):14–23 Tarwaka, Solichul Bakri, Lilik Sudiajeng. Ergonomi Untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktifitas. Surakarta: Uniba Press, 2004
- Zaharuddin, R., & Harapan, U. N. (2024). *Perbaikan proses produksi menggunakan metode VSM dan FMEA pada CV. XYZ*. Jurnal Aplikasi Ilmu Teknik Industri (JAPTI).
- Samsul Hidayat, M. S., Sulastri, F., & Nindiani, A. (2025). *Penggunaan Lean Manufacturing dengan Metode VSM dan FMEA untuk Mengurangi Risiko Kegagalan di PT. SAI*. Journal of Research and Technology, 11(1), 35–52.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. McGraw-Hill.