

ANALISIS PENGARUH PROSES PERENCANAAN DAN PERANCANGAN DESAIN TERHADAP KEGAGALAN KOMPONEN HASIL PRODUKSI DI PT “X” DENGAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS*

Harjadi Gunawan¹, Benedicktus Mariano¹, Arka Dwinanda Soewono^{1*}, Christiand¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

*Email: arka.soewono@atmajaya.ac.id

ABSTRAK

Industri manufaktur memegang peranan penting dalam proses mengolah bahan mentah menjadi produk jadi. Dalam praktiknya, proses perencanaan dan perancangan desain yang merupakan tahapan awal pada proses manufaktur merupakan faktor penentu dalam menunjang hasil produksi yang berkualitas dari segi spesifikasi dan fungsi. Akan tetapi, masih ada permasalahan di manan pada tahapan Quality Control ditemukan adanya kecacatan pada sejumlah komponen hasil produksi. Oleh sebab itu, studi kasus ini dilakukan untuk melakukan analisis penyebab cacat produk untuk komponen *chuck* dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) sebagai upaya pengendalian produk gagal untuk mengkaji pengaruh tahapan perencanaan dan perancangan desain terhadap kualitas hasil permesinan. Pengumpulan dan pengolahan data penelitian kuantitatif dalam wujud check sheet dilakukan untuk membuat diagram pohon akar penyebab kesalahan (*Fault Tree Analysis*). Dari hasil *Fault Tree Analysis* ditemukan bahwa faktor kesalahan manusia, adalah penyebab utama atas cacat pada komponen Jigs yang diproduksi. Solusi dari *Fault Tree Analysis* dipakai untuk meningkatkan alur kerja dan produktivitas sistem manufaktur yang telah berlaku di lapangan.

Kata Kunci: Perencanaan Desain, Perancangan Desain, *Fault Tree Analysis*, Sistem Manufaktur, Kontrol Kualitas.

ABSTRACT

The manufacturing industry plays an essential role in the process of processing raw materials into finished products. In practice, the planning and designing activities, the initial stage in the manufacturing process, is a determining factor in supporting quality production results in terms of specifications and functions. However, there is still a problem where at the final Quality Control stage, it is found that there are defects in several production components. Therefore, this case study was conducted to analyze the causes of chuck defects using the Fault Tree Analysis (FTA) method to control failed products and examine the effect of the planning and design steps on the resulting products from the machining process. The quantitative research data, including the company production check sheets, were collected and processed to create a fault tree analysis. The results of the Fault Tree Analysis found that the human error factor was the leading cause of defects in the Jigs components produced. Solutions to avoid underlying causes of failure and increase the productivity of manufacturing systems in this plant included implementing quality control steps during product design planning, increasing operator training and rest intervals, and carrying out regular machine inspections and maintenance.

Keywords: Design Planning, Product Design, *Fault Tree Analysis*, Manufacturing System, Quality Control.

1. PENDAHULUAN

Industri manufaktur memegang peranan penting dalam proses mengolah bahan mentah menjadi produk setengah ataupun produk jadi. Dalam praktiknya, penerapan sistem manufaktur yang efektif dan efisien berperan penting dalam menunjang hasil produksi yang berkualitas, memenuhi spesifikasi, dan

memiliki fungsi sesuai dengan permintaan dari konsumen di era industri 4.0 [1]. Sebagai salah satu pelaku industri khususnya di bidang manufaktur, PT “X”, secara khusus berfokus memenuhi kebutuhan berbagai industri di Indonesia melalui manufaktur berbagai produk seperti *shop floor gauge*, *precision parts*, *clamping tools*, *cutting tools*, *mold-dies*, dan

jig-fixtures. Sistem produksi yang diadopsi oleh PT “X” berbasis *make-to-order* dengan pelanggan utama industri yang bergerak untuk pemenuhan kebutuhan komponen otomotif baik di Indonesia hingga mancanegara.

Berdasarkan hasil studi lapangan, alur produksi pada PT “X” telah mengimplemetasikan Sistem Manufaktur Terpadu atau Integrated Manufacturing System (IMS). Sistem Manufaktur Terpadu ini melibatkan tahap desain produk, perencanaan proses, implementasi produksi, dan manajemen produksi sebagai satu proses berkesinambungan [2]. Termasuk didalamnya terdapat sistem kontrol kualitas produk sebagai teknik dan aktivitas yang dilakukan untuk memenuhi standar kualitas yang ingin dicapai [3].

Berdasarkan hasil survei pendahuluan di lapangan, Sistem Manufaktur Terpadu yang telah diterapkan masih menghasilkan produksi komponen yang masih belum memenuhi spesifikasi atau komponen yang cacat. Berdasarkan data perusahaan, komponen cacat yang dihasilkan akibat dari kesalahan dalam proses produksi masih cukup banyak dan dapat menyebabkan kerugian secara waktu, tenaga, dan material untuk memperbaiki bahkan mengganti berbagai komponen hasil produksi yang tidak memenuhi standar. Oleh sebab itu, diperlukan solusi yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi oleh PT “X”.

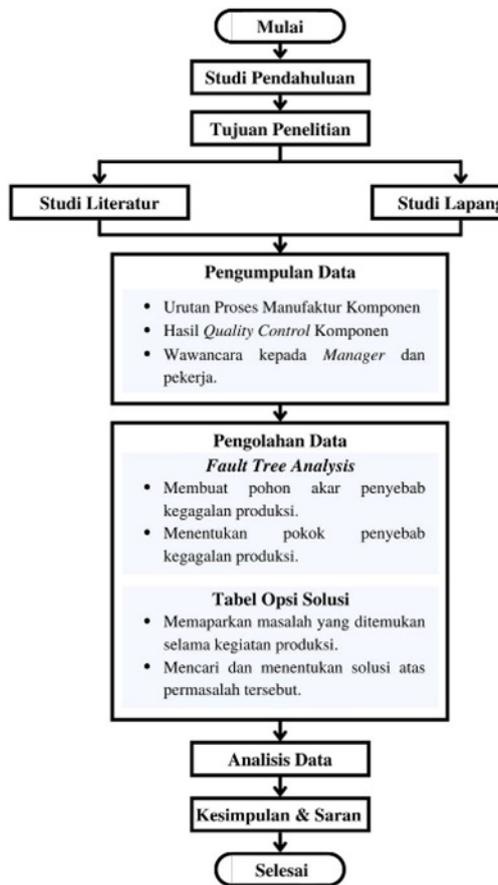
Beberapa penelitian serupa telah dilakukan dalam rangka untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi kegiatan produksi. Hendra Kurniawan dkk. menggunakan metode *Plan Do Check Action* (PDAC) serta 7 (tujuh) alat bantu statistic dalam mengevaluasi dan meningkatkan kualitas produksi di pengendalian kualitas produk hasil *die attach* [4]. Metode PDCA sangat berguna untuk mengidentifikasi sumber permasalahan berdasarkan data kualitatif dan kuantitatif sebagai bagian dari proses peningkatan produksi secara berkelanjutan (*continuous improvement process*) [5]. Kelemahan utama dari metode PDCA adalah pengguna yang memiliki pengetahuan terbatas memiliki kecenderungan tinggi untuk melakukan kesalahan sederhana dalam implementasinya [6]. Metode alternatif yang lebih sederhana dan sering digunakan dalam pengendalian kualitas

produk adalah metode Fault Tree Analysis (FTA). Penggunaan metode Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) terbukti efektif dalam mengidentifikasi akar penyebab penyebab cacat pada industri *furniture* sehingga kegiatan pencegahan dan penanganan solusi lebih mudah diterapkan [7]. Penelitian lain juga menemukan bahwa sistem Quality Control (QC) dan Quality Assurance (QA) dengan menggunakan metode Non-Conformance Report (NCR) berbasis *check sheet* yang diterapkan dalam industri konstruksi *precast* berperan penting dalam meminimalisir cacat produksi [8].

Berdasarkan pertimbangan di atas, tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan alat kontrol kualitas kualitatif dalam rupa *Fault Tree Analysis* (FTA) dan alat kuantitatif berupa *check sheet* sebagai bagian dari Sistem Manufaktur Terpadu pada alur produksi komponen *jig-fixtures* pada PT “X”. Analisa dan evaluasi terhadap gabungan metode FTA dan *check sheet* kemudian dilakukan sebagai upaya untuk mengidentifikasi faktor penyebab cacat produk yang terjadi sehingga dampaknya dapat diminimalisir ke depannya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Alur penelitian yang dilakukan dijabarkan dalam Gambar 1. Penelitian ini dimulai dengan melakukan sstudi pustaka dan survei pendahuluan untuk mengamati proses Sistem Manufaktur Terpadu yang diterapkan di jalur produksi PT “X”. Tahap berikutnya melibatkan pengumpulan data dan informasi untuk mengidentifikasi permasalahan cacat produk yang sering terjadi. Data tersebut kemudian diolah dan dianalisis dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA)



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

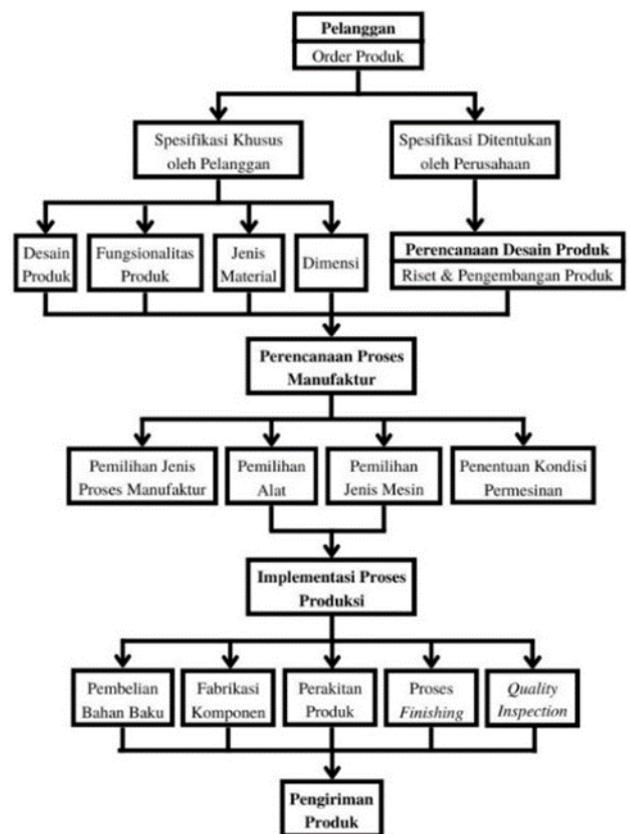
Penelitian ini dilakukan secara eksploratif deskriptif dimana dilaksanakan pada PT “X” dengan objek yang diteliti berupa komponen *Jigs* yang diproduksi PT “X” atas permintaan pelanggan. Data kolektif diperoleh selama periode 5 Juli 2022 hingga 18 Agustus 2022.

Tahap pengumpulan data penelitian dilakukan dengan mengumpulkan informasi relevan terkait proses perencanaan dan perancangan desain komponen *Jigs* yang diterapkan sebagai bagian dari Sistem Manufaktur Terpadu. Pengumpulan informasi dan pengambilan data didapat secara primer melalui wawancara dengan operator dan observasi lapangan. Informasi tambahan juga diperoleh dari wawancara dengan engineer yang bertanggung jawab dalam melakukan proses perancangan komponen. Data sekunder dalam rupa data rasio produk cacat diperoleh dari bagian kontrol kualitas PT “X”. Data kuantitatif dan kualitatif yang diperoleh akan dipilah dan dikaji secara komprehensif untuk

menyusun pohon kesalahan atau Fault Tree Analysis sederhana. FTA yang disusun merupakan representasi dalam bentuk model grafis yang menggambarkan berbagai kegiatan dalam bentuk urutan (proses) dan logika sebab-akibat terjadinya cacat produk [9], [10]. Dalam studi ini, diagram FTA yang akan dibahas sebatas diagram yang menyangkut faktor utama penyebab cacat produk *Jig*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses manufaktur yang diadopsi oleh PT “X” merupakan Integrated Manufacturing System yang dimodifikasi untuk menyesuaikan dengan aspek riil di lapangan, seperti faktor ketersediaan sumber daya dan budaya kerja perusahaan. Rangkuman alur Sistem Manufaktur Terpadu dapat dilihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Sistem Manufaktur Terpadu PT “X”

3.1 Tahap Perencanaan Desain Produk

Sebagai bentuk tahap proses lanjutan setelah order (pemesanan) setelah diterima perusahaan. Terdapat 2 (dua) tipe kategori order, yang dijabarkan sebagai berikut:

- Spesifikasi Khusus oleh Konsumen.
Biasanya perencanaan desain produk telah terlebih dahulu didiskusikan secara internal oleh konsumen (*customer*). Berbagai parameter seperti desain produk, fungsionalitas produk, jenis material, dan dimensi telah ditetapkan.
- Spesifikasi Ditentukan oleh PT “X”
Belum ada perencanaan desain produk secara spesifik atau perencanaan produk belum secara matang dibuat. Penentuan beberapa parameter diserahkan kepada perusahaan produsen.

Berdasarkan opsi yang dipilih, para perancang (divisi *engineering*) kemudian akan menentukan alur produksi yang terstruktur untuk menghasilkan proses produksi yang efektif dan efisien. Terdapat 3 (tiga) dokumen Administrasi, yang akan disusun yaitu:

- Work Order – Sebuah dokumen yang menandakan “konfirmasi” konsumen untuk melaksanakan perancangan, perencanaan, dan proses produksi suatu komponen.
- Part list – Dokumen berisikan informasi dasar komponen yang akan diproduksi, secara dominan digunakan terutama dalam manufaktur produk yang terdiri atas banyak jumlah komponen yang perlu dirakit.
- Material Order Form - Dokumen berisikan informasi dasar komponen yang akan diproduksi, menyerupai Part List, namun lebih umum digunakan terhadap produk dengan jumlah komponen tunggal atau sedikit jumlah komponen yang akan dirakit.

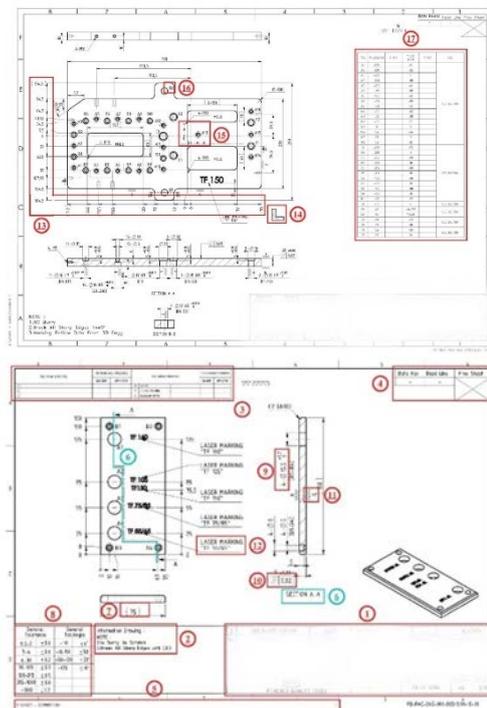
3.2 Perancangan Desain Produk

Pembuatan desain pada PT “X” menggunakan software *Solidworks Dassault Systemes*. Tujuan utama dalam tahap ini adalah pembuatan gambar teknik dari komponen yang akan diproduksi dengan titik berat pada:

- Memberikan visual produk dalam bentuk desain 3D sebelum proses manufaktur berlangsung.
- Memberikan kesempatan fitting produk sebelum manufaktur produk dilaksanakan guna memastikan dimensi dan fungsi produk yang akan dibuat sesuai dengan yang diinginkan konsumen.
- Sebagai bahan baku untuk dilakukannya beberapa simulasi pengujian seperti stress analysis dan finite element analysis guna

menggambarkan kemampuan dan spesifikasi mekanis suatu produk.

Perancangan desain produk dimulai dari pembuatan desain dua dimensi (2D) biasanya atau yang umum dikenal sebagai proses *drafting*. Kegiatan ini berfokus pada menampilkan spesifikasi produk secara terperinci guna mempermudah proses manufaktur produk yang akan dibuat. Dalam template gambar komponen dua dimensi yang digunakan PT “X” tertera informasi seperti dimensi dasar komponen, daftar toleransi umum dan khusus, toleransi geometri, proyeksi potongan produk, *Time Target* Produksi, proses pengerjaan, anotasi *laser marking* dan lokasi penyimpanan file tersebut pada server perusahaan. Gambar 3 menunjukkan gambar *drafting* dari komponen *Jig*.



Gambar 3. Contoh Gambaran Desain

3.3 Perencanaan dan Implementasi Proses Manufaktur

Perencanaan proses manufaktur adalah sebuah strategi yang disusun suatu perusahaan manufaktur dalam memastikan susunan rancangan desain produk yang dibuat mampu untuk diproduksi. Dalam prosesnya beberapa aspek seperti proses produksi, waktu produksi, alat yang digunakan, inventaris yang perlu dipersiapkan, dan alur produksi direncanakan sedemikian rupa guna menghasilkan alur proses produksi yang efektif dan efisien. Terdapat beberapa alat

perencanaan proses manufaktur yang digunakan, di PT “X” yaitu:

- **Approximately Production Process (APP)** – sebuah dokumen yang berisikan urutan proses manufaktur suatu produk. Penentuan ini perlu dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai aspek lain dimulai dari bentuk profil-ketelitian dimensi pada desain produk yang akan dibuat, ketersediaan mesin, tingkat kesulitan metode manufaktur, waktu metode manufaktur, dan biaya yang akan dikeluarkan atas metode manufaktur yang dipilih.
- **Approximately Production Time (APT)** – sebuah dokumen yang berisikan perkiraan waktu atas rangkaian proses manufaktur yang terlibat dalam perencanaan. Dokumen ini nantinya dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar pertimbangan untuk menentukan jumlah tenaga kerja yang diperlukan dan perkiraan biaya atas produksi suatu komponen.
- **Computer Aided Manufacturing (CAM)** – sebuah metode perencanaan proses manufaktur dengan bantuan *software* yang digunakan dalam merancang, mengatur, dan mengontrol pembuatan suatu produk manufaktur. Secara singkatnya, geometri profil produk yang telah dirancang dikonversikan ke dalam alur kerja alat dan mesin yang akan digunakan dalam proses manufaktur tersebut.

Setelah seluruh proses perencanaan desain, perancangan desain, dan perencanaan sistem produksi telah disetujui oleh semua pihak (konsumen dan produsen), proses produksi dapat segera dilaksanakan. Dalam praktiknya permasalahan lapangan dan keadaan memaksa (*force majeure*) tidak luput terjadi selama implementasi proses produksi berlangsung. Oleh karenanya kemampuan sumber daya manusia yang unggul dan adaptif dalam menganalisa berbagai masalah yang terjadi berperan penting dalam memastikan kesuksesan proses tersebut.

3.4 Kontrol Kualitas Produk

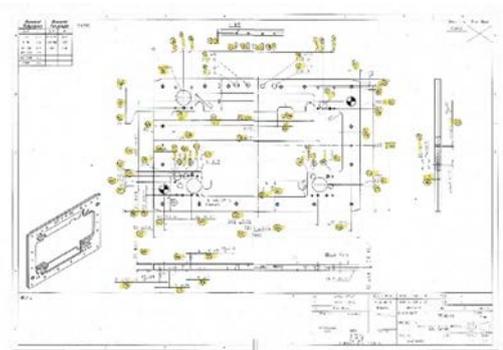
Secara prinsip, kontrol kualitas produk dilakukan dengan melakukan pengamatan, pengukuran, dan uji coba produk sebagai wujud komparasi antara perencanaan produk dan perancangan produk dengan hasil jadi produk yang telah melalui proses manufaktur. Prosedur ini dilakukan sebagai upaya memastikan kembali

produk hasil manufaktur memiliki spesifikasi dan mampu menjalankan fungsi sesuai yang diharapkan konsumen, sebelum produk tersebut diserahkan dan disalurkan kepada konsumen.

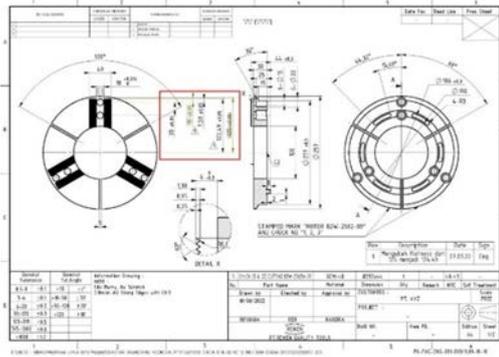
Berdasarkan prosedural yang dijalankan, terdapat 2 kategori penilaian yang dilakukan PT “X” dalam melakukan kontrol kualitas produk:

- **Penilaian Subjektif.** Seluruh kegiatan pengamatan, pengukuran, dan uji coba yang penilaiannya melibatkan indera manusia sebagai acuan. Sebagai contoh; tampilan produk dan fungsionalitas produk.
- **Penilaian Objektif.** Seluruh kegiatan pengamatan, pengukuran, dan uji coba yang memiliki data kuantitatif sebagai acuan. Sebagai contoh: ukuran dimensi produk, derajat kemiringan profil, nilai tingkat kekasaran produk, dan nilai tingkat kekerasan produk.

Setiap produk memiliki keunikan profil desain dan fungsionalitas yang berbeda-beda. Namun, produk yang dibuat bersifat *customize product* dan tidak termasuk dalam kategori *mass production*. Oleh karenanya, prosedur kontrol kualitas PT “X” pada umumnya hanya melibatkan *check sheet*. Beberapa contoh *check sheet* hasil penilaian kontrol kualitas produk dapat dilihat pada Gambar 4.



(a)



Gambar 5. Cacat Dimensi Produk

Untuk menghindari kesalahan yang sama pada *batch* produksi berikutnya, *Fault Tree Analysis* terkait cacat produk untuk komponen *chuck* telah dilakukan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Berdasarkan hasil *Fault Tree Analysis* tersebut, perusahaan dapat segera menetapkan berbagai opsi solusi untuk meminimalisir gagal produksi terjadi di kemudian hari. Opsi tersebut dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 1. Opsi Solusi Hasil FTA

Masalah	Opsi Solusi
Ketidakteklian Akibat Konsentrasi Kerja Menurun. Salah Komunikasi Antara Produsen dan Konsumen.	<ol style="list-style-type: none"> Menyediakan/menambah waktu istirahat kerja. Melakukan konfirmasi perencanaan dan perancangan desain. Melakukan <i>update progress</i> secara berkala.
Ketidakmampuan Pekerja Membaca Gambar Teknik.	<ol style="list-style-type: none"> Mengadakan <i>Training</i> kepada pekerja. Mencari sumber tenaga manusia dengan kemampuan memadai.
Kesalahan Informasi Ukuran Pada Gambar	<ol style="list-style-type: none"> Melakukan tahapan pemeriksaan saat perancangan desain produk.
Kalibrasi Mesin Tidak Baik	<ol style="list-style-type: none"> Melakukan evaluasi komponen mesin sebelum kegiatan produksi berlangsung.

- Menetapkan jadwal *maintenance* mesin secara berkala.

Komponen Mesin Rusak/Usang

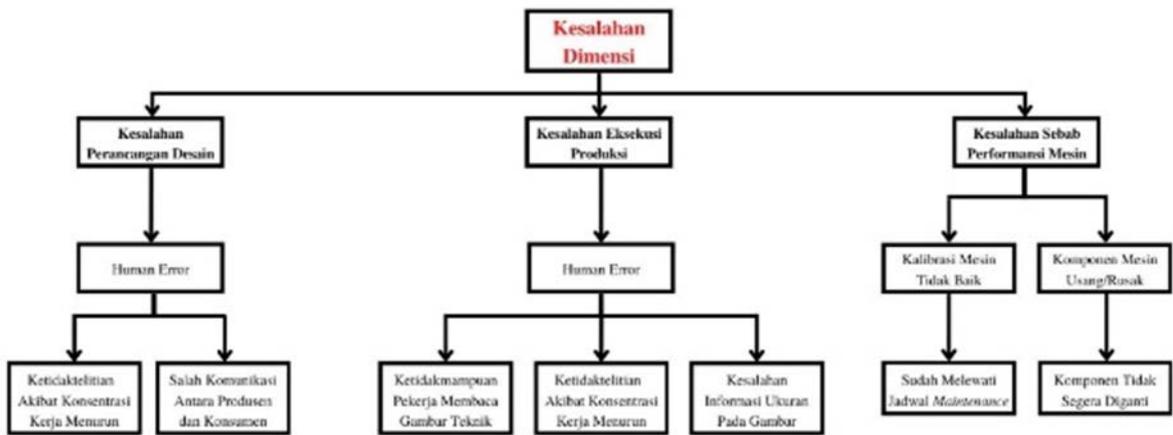
- Melakukan evaluasi komponen mesin sebelum kegiatan produksi berlangsung.
- Mempersiapkan suku cadang.

4. SIMPULAN

Dari hasil studi kasus yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

- Integrated Manufacturing System* (IMS) yang diterapkan perusahaan mampu membantu memastikan siklus alur proses manufaktur dapat dieksekusi secara sistematis dan efektif, namun belum dapat menjadi solusi utama dalam memastikan dan meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan.
- Implementasi kontrol kualitas berbasis *check sheet* yang diterapkan sebagai *Standard Operating Procedure* (SOP) perusahaan cukup efektif dalam mencegah produk hasil manufaktur yang cacat tersalurkan ke pelanggan. Namun, kegiatan pencegahan ini hanya dilakukan di hilir dan belum ada tindakan pencegahan signifikan dalam meminimalisir cacat produksi dalam proses perencanaan, perancangan desain, dan manufaktur produk.
- Penerapan metode *Fault Tree Analysis* sukses dalam mengidentifikasi akar utama penyebab cacat produk untuk komponen *chuck* yaitu kesalahan manusia (*human errors*).

Penelitian ini merekomendasikan perusahaan menerapkan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dikombinasikan dengan *Fault Tree Analysis* sebagai bagian dari *Integrated Manufacturing System*. Gabungan kedua metode tersebut dapat berperan dalam meminimalisir cacat produksi dengan melakukan evaluasi sistem mulai dari hulu hingga ke hilir sehingga akar permasalahan dapat diidentifikasi dan solusi atas permasalahan tersebut dapat ditemukan.



Gambar 6. *Fault Tree Analysis*

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih ditujukan kepada segenap karyawan PT “X” yang telah membantu dalam proses pengumpulan data primer dan sekunder dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Martínez-Olvera, “The role of manufacturing efficiency in the achievement of sustainable mass customization 4.0,” *Prod. Manuf. Res.*, vol. 10, no. 1, pp. 132–159, Dec. 2022, doi: 10.1080/21693277.2022.2064360.
- [2] U. Khaleeq uz Zaman, A. Siadat, M. Rivette, A. A. Baqai, and L. Qiao, “Integrated product-process design to suggest appropriate manufacturing technology: a review,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 91, no. 1, pp. 1409–1430, 2017, doi: 10.1007/s00170-016-9765-z.
- [3] P. Korytkowski, O. Zaikin, and A. Olejnik-Krugly, “A Model of a Quality Control for Integrated Manufacturing Systems,” *IFAC Proc. Vol.*, vol. 41, no. 3, pp. 187–192, 2008, doi: <https://doi.org/10.3182/20081205-2-CL-4009.00034>.
- [4] H. Kurniawan, E. Sumarya, and A. Merjani, “Peningkatan Kualitas Produksi Untuk Mengurangi Unit Cacat Insufficient Epoxy Dengan Metode PDCA Di Area Die Attach (Studi Kasus Di PT. Unisem),” *Profisiensi*, vol. 5, no. 1, pp. 44–50, 2017, doi: <https://doi.org/10.33373/profis.v5i1.1153>.
- [5] D. A. Taufik, “PDCA Cycle Method implementation in Industries: A Systematic Literature Review,” *Indones. J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 1, no. 3, pp. 157–166, 2020.
- [6] Z. K. Wani, J. F. Chin, and N. A. Muhammad, “Common Mistakes in Running PDCA: A Survey on University Student PDCA Projects,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 530, no. 1, p. 12042, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/530/1/012042.
- [7] M. F. Prayogi, D. P. Sari, and A. Arvianto, “Analisis Penyebab Cacat Produk Furniture Dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Dan Fault Tree Analysis (FTA) (Studi Kasus Pada PT. Ebako Nusantara),” *Ind. Eng. Online J.*, vol. 5, no. 4, 2016, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieo>
- [8] A. D. Hariyanto, H. P. Kwan, and Y. W. Cheong, “Quality Control in Precast Production: A Case Study on Tunnel Segment Manufacture,” *Dimens. Tek. Arsit.*, vol. 33, no. 1, pp. 153–164, 2005.
- [9] J. B. Fussell, “A Review of Fault Tree Analysis with Emphasis on Limitations,” *IFAC Proc. Vol.*, vol. 8, no. 1, Part 3, pp. 552–557, 1975, doi: [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)67596-7](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)67596-7).
- [10] E. Ruijters and M. Stoelinga, “Fault tree analysis: A survey of the state-of-the-art in modeling, analysis and tools,” *Comput. Sci. Rev.*, vol. 15–16, pp. 29–62, 2015, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2015.03.001>.