

LAPORAN TUGAS AKHIR

ANALISIS PENYEBAB CACAT PRODUK DENGAN METODE *HUMAN ERROR ASSESSMENT REDUCTION TECHNIQUE* (HEART) DAN *FAULT TREE ANALYSIS* (FTA) (Studi Kasus Di PT. Sinar Semesta)

Laporan Ini Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu (S1) Pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung Semarang



DISUSUN OLEH :

Bagus Sholikhul Hadi

(31601601256)

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG**

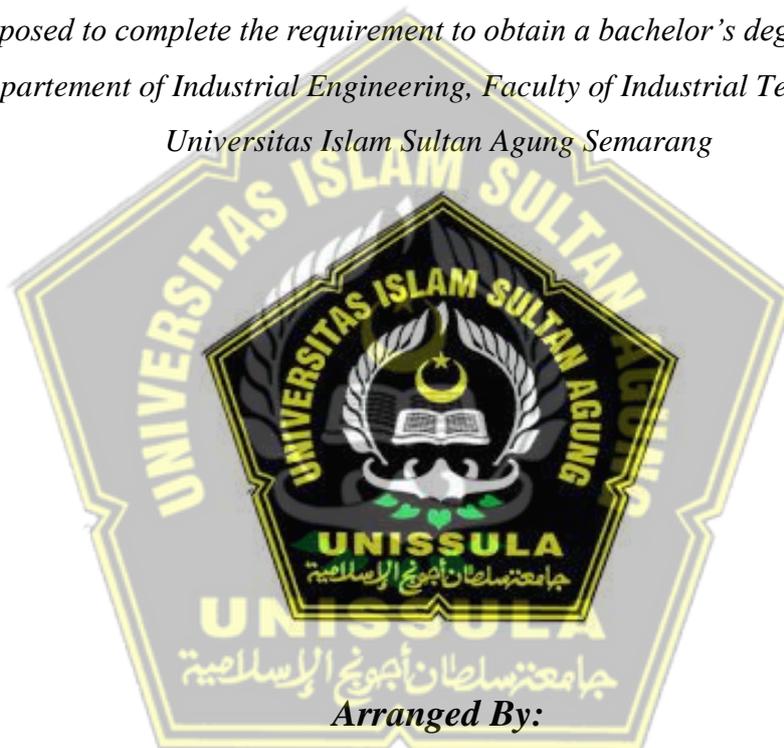
2022

FINAL PROJECT

**ANALYSIS OF CAUSES OF PRODUCT DISABILITY USING
HUMAN ERROR ASSESMENT REDUCTION TECHNIQUE
(HEART) AND FAULT TREE ANALYSIS (FTA) METHODS**

(Case Study : PT. Sinar Semesta)

*Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1) at
Departement of Industrial Engineering, Faculty of Industrial Technology,
Universitas Islam Sultan Agung Semarang*



Arranged By:

Bagus Sholikhul Hadi

(31601601256)

**DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG**

2022

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan tugas akhir dengan judul “**ANALISIS PENYEBAB CACAT PRODUK DENGAN METODE *HUMAN ERROR ASSESMENT REDUCTION TECHNIQUE (HEART)* DAN *FAULT TREE ANALYSIS (FTA)* (Studi Kasus Di PT. Sinar Semesta)**” ini disusun oleh :

Nama : Bagus Sholikhul Hadi

NIM : 31601601256

Program Studi : Teknik Industri

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari :

Tanggal :

Pembimbing I

Pembimbing II


Brav Deva Bernadhi, ST.MT

NIDN. 0630128601


Dr. Andre Sugiyono, ST, MM.

NIDN. 0603088001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri



Nuzulia Khoiriyah, ST., MT

NIK. 210603029

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan tugas akhir dengan judul “**ANALISIS PENYEBAB CACAT PRODUK DENGAN METODE *HUMAN ERROR ASSESMENT REDUCTION TECHNIQUE* (HEART) DAN *FAULT TREE ANALYSIS* (FTA) (Studi Kasus Di PT. Sinar Semesta)**” ini telah dipertahankan didepan dosen penguji tugas akhir

pada :

Hari :

Tanggal :

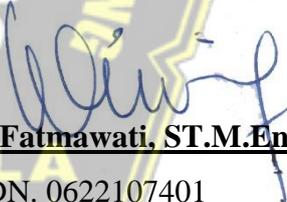
TIM PENGUJI

Anggota I

Anggota II


Nuzulia Khoiriyah, ST,MT

NIDN. 0624057901


Wiwiek Fatmawati, ST.M.Eng

NIDN. 0622107401

Ketua Penguji


Irwan Sukendar, ST, MT IPM,ASEAN Eng

NIDN. 0010017601

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Bagus Sholikhul Hadi
Nim : 31601601256
Judul Tugas Akhir :“ANALISIS PENYEBAB CACAT PRODUK DENGAN METODE *HUMAN ERROR ASSESMENT REDUCTION TECHNIQUE* (HEART) DAN *FAULT TREE ANALYSIS* (FTA) (Studi Kasus Di PT. Sinar Semesta)”

Dengan ini saya menyatakan judul Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Industri tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 31 Agustus 2022

Yang menyatakan



Bagus Sholikhul Hadi

SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Bagus Sholikhul Hadi

NIM : 31601601256

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan Judul : **“ANALISIS PENYEBAB cacat PRODUK DENGAN METODE *HUMAN ERROR ASSESMENT REDUCTION TECHNIQUE (HEART)* dan *FAULT TREE ANALYSIS (FTA)* (Studi Khusus Di Pt. Sinar Semesta).** Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hokum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 31 Agustus 2022

Yang menyatakan



Bagus Sholikhul Hadi

HALAMAN PERSEMBAHAN

Sujud syukur saya persembahkan kepadamu ya Allah yang Maha Agung lagi Maha Penyayang, atas takdirmu dan kehendakmu yang telah menjadikan saya manusia yang senantiasa beriman berpikir, berilmu, dan bersabar dalam menjalani kehidupan ini. Semoga keberhasilan ini menjadi suatu langkah awal bagi hambamu ini untuk melangkah lebih baik. Kupersembahkan sebuah karya kecil ini untuk orang tua saya tercinta, yang tiada hentinya memberikan semangat, doa, dorongan, nasehat dan kasih sayang dan pengorbanan yang tak pernah tergantikan, yang selalu menjadi panutanku, yang selalu menjadi motivator, mengajarku betapa pentingnya suatu perjuangan, kerja keras, dan bersyukur serta tidak berpangku tangan kepada orang lain. Semoga kalian senang dan bangga dengan anakmu ini terimalah bukti kecil ini sebagai kado untuk membalas semua pengorbananmu dalam hidupmu dengan ikhlas mengorbankan segala perasaan tanpa kenal letih. Mempelajari arti kehidupan, tanggung jawab sebagai anak dan terimakasih atas segalanya yang telah kalian berikan terimakasih sudah merawat saya, tanpa kalian anakmu ini bukan apa-apa. Tanpa doa, bantuan, dan restu kalian, tugas akhir ini tidak akan selesai. Untuk itu kupersembahkan ungkapan terimakasihku kepada :

- ❖ Orang tua saya yang telah banyak memberikan Do'a, semangat, materil, dorongan, dan perhatian selama ini.
- ❖ Fanny Nurul Rahmawati sebagai pendamping yang selalu menyemangati dan mau menerima keluh kesah sepanjang waktu, yang selalu menjadi semangat dalam menghadapi hari hari yang selalu yakin kalau saya Bagus Sholikhul Hadi bisa menjadi orang yang sukses dan dapat membuat orang tua saya menikmati hari tua dengan bahagia.
- ❖ Seluruh dosen-dosen Teknik Industri dan segenap keluarga Fakultas Teknologi Industri yang telah mengajarku untuk menjadi seorang teknik industri.
- ❖ Teman-teman Teknik Industri angkatan 2016 Amirul, Jihad, Danang, Rakha kita sama – sama berjuang, saling menyemangati, menasehati dan memberikan masukan-masukan positif. Terima kasih atas kebaikan kalian.

Semoga tali persahabatan tetap terjalin dengan baik sampai tua sampai memang tiada di dunia terimakasih atas segala bentuk support yang kalian berikan terimakasih mau menerima dengan segala kekurangan dan meski mengetahui kekurangan dan sifat jelek masih tetap mensupport semoga kitasemua menjadi laki laki yang dapat di banggakan di dalam keluarga.



HALAMAN MOTTO

SUKSES BUKANLAH HAL YANG KEBETULAN, SEBAB, SUKSES
TERBENTUK DARI KERJA KERAS, PEMBELAJARAN, PENGORBANAN,
DAN CINTA YANG INGIN KITA LAKUKAN.



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr Wb.

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT, yang melimpahkan rahmat hidayahnya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penelitian dan sekaligus laporan Tugas Akhir yang berjudul “ANALISIS PENYEBAB CACAT PRODUK DENGAN METODE *HUMAN ERROR ASSESMENT REDUCTON TECHNQUE* (HEART) DAN *FAULT TREE ANALYSIS* (FTA)” dengan sebaik-baiknya, sholawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi besar, Nabi Muhammad SAW. Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat bagi mahasiswa untuk meraih gelar Sarjana (S1) di Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini tidak lepas mendapat bantuan dari berbagai pihak. Dengan rasa tulus, penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan ridhonya serta memberikan kelapangan hati dan pikiran dalam menimba ilmu.
2. Orang tua saya yang selalu memberikan dukungan, restu dan juga ridho.
3. Ibu Dr. Hj. Novi Marlyana, S.T., MT, selaku Dekan di Fakultas Teknologi Industri beserta jajarannya.
4. Irwan Sukendar, ST, MT IPM, ASEAN Eng, selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, dan selaku sebagai dosen wali yang perhatian selayak nya orang tua kepada anak nya sendiri.
5. Brav Deva Bernadhi, ST, MT selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penyusun selama penulisan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Dr. Andre Sugiyono, ST, MM₂ selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan kepada penyusun selama penulisan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Industri yang telah memberikan ilmu selama dibangku kuliah.

8. Staff dan Karyawan Fakultas Teknologi Industri yang sudah membantu dalam segala urusan Tugas Akhir mulai dari Surat Permohonan penelitian sampai Sidang Akhir.
9. Kepada pak M Fadli selaku manager PT. Sinar Semesta yang telah membantu penulis dalam kegiatan penelitian Tugas Akhir ini.
10. Terima kasih kepada Saudara-saudaraku yang telah banyak memberikan semangat, dorongan, dan perhatian selama ini.
11. Terima kasih kepada teman-teman teknik industri angkatan 2016 yang telah berjuang bersama dalam menyelesaikan tugas akhir.



DAFTAR ISI

| | |
|---------------------------------------------------------|-------|
| HALAMAN JUDUL (BAHASA INDONESIA) | i |
| HALAMAN JUDUL (BAHASA INGGRIS) | ii |
| LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI | iii |
| SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR | v |
| SURAT PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH | vi |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | vii |
| HALAMAN MOTTO | ix |
| KATA PENGANTAR | x |
| DAFTAR ISI | xii |
| DAFTAR TABEL | xv |
| DAFTAR GAMBAR | xvi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvii |
| DAFTAR ISTILAH | xviii |
| ABSTRAK | xix |
| ABSTRACT | xx |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Perumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Pembatasan Masalah | 3 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 4 |
| 1.6 Sistematika Penulisan..... | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI | 6 |
| 2.1 Tinjauan Pustaka | 6 |
| 2.2 Landasan Teori | 10 |
| 2.2.1 Kualitas | 10 |
| 2.2.2 Manajemen Kualitas..... | 11 |
| 2.2.3 Produk Cacat | 12 |
| 2.2.4 Klasifikasi Human <i>Error</i> | 13 |

| | | |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.5 | <i>Hierarchical Task Analysis</i> (HTA)..... | 15 |
| 2.2.6 | Metode <i>Human Error Probability Assessment and Reduction</i> (HEART)..... | 15 |
| 2.2.7 | Metode <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)..... | 20 |
| 2.3 | Hipotesa dan Kerangka Teoritis | 22 |
| 2.3.1 | Hipotesa..... | 23 |
| 2.3.2 | Kerangka Teoritis..... | 23 |
| BAB III METODE PENELITIAN | | 25 |
| 3.1 | Pengumpulan Data..... | 25 |
| 3.2 | Teknik Pengumpulan Data | 25 |
| 3.3 | Pengujian Hipotesa..... | 25 |
| 3.4 | Metode Analisis..... | 26 |
| 3.5 | Pembahasan..... | 26 |
| 3.6 | Penarikan Kesimpulan..... | 26 |
| 3.7 | Diagram Alir..... | 27 |
| BAB IV PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | | 28 |
| 4.1 | Pengumpulan Data..... | 28 |
| 4.1.1 | Gambaran Umum PT Sinar Semesta..... | 28 |
| 4.1.2 | Identifikasi Proses Produksi Baseplate R54..... | 29 |
| 4.1.3 | Identifikasi Jenis Cacat Pada Baseplate R54 | 31 |
| 4.2 | Pengolahan Data..... | 32 |
| 4.2.1 | <i>Hierarchy Task Analysis</i> (HTA) Pada Proses Produksi Baseplate R54 | 32 |
| 4.2.2 | <i>Hierarchy Task Analysis</i> (HTA) | 34 |
| 4.2.3 | <i>Human Error Assesment Reduction Technique</i> (HEART) dan <i>Falt Tree Analysis</i> (FTA) | 36 |
| 4.2.3.1 | Reliabilitas Operator Pada Proses Molding | 39 |
| 4.2.3.2 | Reliabilitas Operator Pada Proses Mengoperasikan Mesin Tanur.. | 47 |
| 4.2.3.3 | Reliabilitas Operator Pada Proses Machining..... | 53 |
| 4.2.3.4 | Reliabilitas Operator Pada Proses Milling | 57 |
| 4.3 | Analisa dan Interpretasi | 63 |

| | | |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.1 | Analisa Probabilitas Kesalahan Manusia Berdasarkan Metode <i>Human Error Assessment Reduction Technique</i> (HEART)..... | 63 |
| 4.3.2 | Analisis Probabilitas Kesalahan Manusia Berdasarkan Metode <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA) | 64 |
| 4.4 | Interpretasi..... | 65 |
| 4.5 | Pembuktian Hipotesa..... | 65 |
| BAB V PENUTUP | | 67 |
| 5.1 | Kesimpulan..... | 67 |
| 5.2 | Saran..... | 68 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 69 |
| LAMPIRAN | | |



DAFTAR TABEL

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 1.1 Jumlah Produksi dan Produk Cacat..... | 2 |
| Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka | 8 |
| Tabel 2.2 <i>Generic Categories</i> metode HEART..... | 16 |
| Tabel 2.3 <i>Error Producing Condition</i> (EPCs) HEART | 17 |
| Tabel 2.4 Ketentuan PoA | 18 |
| Tabel 2.5 Simbol-simbol dalam FTA..... | 20 |
| Tabel 4.1 Fungsi proses dalam produksi baseplate R54..... | 29 |
| Tabel 4.2 HTA Proses Produksi Baseplate R54..... | 32 |
| Tabel 4.3 Klasifikasi Tugas Operator Dalam GTTs..... | 36 |
| Tabel 4.4 Pengolahan Reliabilitas Operator pada Proses <i>Molding</i> | 39 |
| Tabel 4.5 EPC Terbilih..... | 40 |
| Tabel 4.6 Pengolahan Reliabilitas Operator pada Proses Mengoperasikan Mesin Tanur | 47 |
| Tabel 4.7 EPC Terpilih..... | 48 |
| Tabel 4.8 Pengolahan Reliabilitas Operator pada Proses <i>Machining</i> | 53 |
| Tabel 4.9 EPC Terpilih..... | 53 |
| Tabel 4.10 Pengolahan Reliabilitas Operator pada Proses <i>Milling</i> | 57 |
| Tabel 4.11 EPC Terpilih..... | 58 |
| Tabel 4.12 Hasil Perhitungan HEP Setuap sub proses dengan Metode HEART . | 63 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1 <i>Single AND-Gate</i> | 22 |
| Gambar 2.2 <i>Single OR-Gate</i> | 22 |
| Gambar 2.3 <i>Kerangka Pikir</i> | 23 |
| Gambar 3.1 <i>Diagram Alir</i> | 27 |
| Gambar 4.1 <i>Cacat Baseplate R54</i> | 31 |
| Gambar 4.2 <i>Cacat Baseplate R54</i> | 31 |
| Gambar 4.3 <i>Struktur pohon HTA proses produksi Baseplate R54</i> | 34 |
| Gambar 4.4 <i>FTA Probabilitas Proses Molding</i> | 45 |
| Gambar 4.5 <i>Akar Masalah dari nilai HEP Terbesar</i> | 46 |
| Gambar 4.6 <i>FTA Probabilitas Proses Mengoperasikan Mesin Tanur</i> | 51 |
| Gambar 4.7 <i>Akar Masalah dari nilai HEP Terbesar</i> | 52 |
| Gambar 4.8 <i>FTA Probabilitas Proses Machining</i> | 56 |
| Gambar 4.9 <i>Akar Masalah dari nilai HEP Terbesar</i> | 57 |
| Gambar 4.10 <i>FTA Probabilitas Proses Milling</i> | 61 |
| Gambar 4.11 <i>Akar Masalah dari nilai HEP Terbesar</i> | 62 |



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Kuisisioner penelitian klasifikasi pekerjaan operator produksi baseplate R54 PT. Sinar Semesta berdasarkan *Generic Task Types* (GTTs)
- Lampiran 2** Kuisisioner penelitian penentuan nilai *Error Producing Conditions* (EPCs) dan *Assesses Proportion Of Affect* (APOA)



DAFTAR ISTILAH

Molding : Proses yang dipergunakan industry manufaktur untuk mencetak material

Machining : Proses pembuatan bahan mentah kedalam bentuk dan ukuran yang di inginkan dengan menggunakan alat pemotong dan

Milling : Proses permesinan yang pada umumnya menghasilkan bentuk bidang datar karena pergerakan dari meja mesin, dimana proses pengurangan material benda kerja terjadi karena adanya kontak antara alat potong (*cutter*) yang berputar pada poros dengan benda kerja yang tercekam pada meja mesin.



ABSTRAK

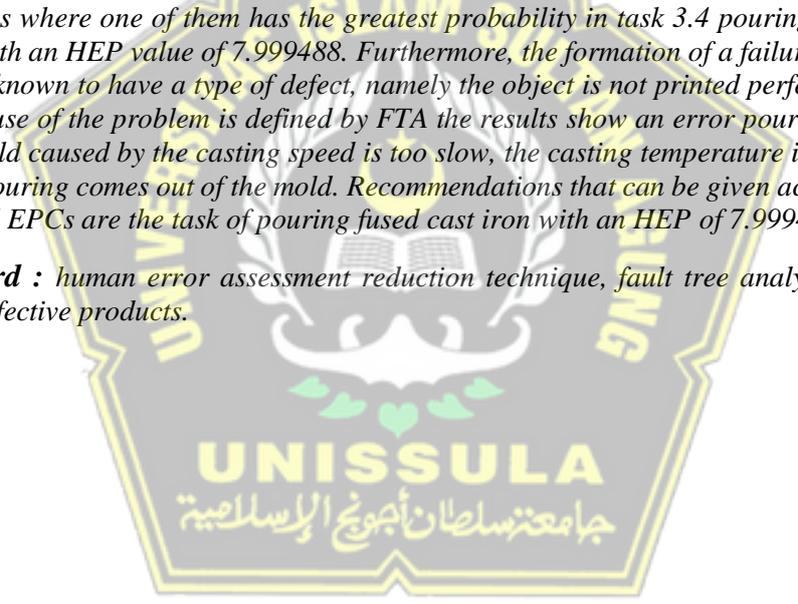
PT. Sinar Semesta merupakan salah satu perusahaan pengecoran logam yang menetapkan kualitas sebagai salah satu bagian dari strategi perusahaan. Kualitas menjadi faktor penting bagi produk PT. Sinar Semesta. Walaupun demikian, perusahaan masih dihadapkan pada masalah kualitas yaitu masih adanya produk yang belum memenuhi spesifikasi. Proses produksi di PT Sinar Semesta memiliki banyak cacat produk, salah satunya produk yang bermasalah di PT. Sinar Semesta yaitu baseplate R54. Dari data yang diperoleh di PT Sinar Semesta, diketahui masih banyak sekali sampah cacat produk yang terbuang setiap bulannya di bagian produksi baseplate R54 mengingot batas dari target maksimal sampah produksi adalah 4%. Penelitian ini bermaksud untuk menganalisis faktor penyebab terjadinya cacat produk baseplat R54. Proses produksi di PT Sinar semesta untuk produksi baseplate R54 ada beberapa tahapan, mulai dari pembuatan cetakan hingga *finishing*. Sebagian besar proses tahapan tersebut dilakukan oleh aktivitas manual, sehingga operator memiliki peran penting dalam pembuatan baseplate R54 agar mencapai produk yang maksimal. Maka dari itu, metode yang cocok digunakan dalam masalah ini adalah *Human Error Probability Assessment and Reduction (HEART)*, dan metode *Fault Tree Analysis (FTA)* untuk analisa terjadinya suatu kegagalan atau kejadian yang tidak diharapkan, dan evaluasi sistem yang lebih baik. Hasil dari perhitungan berdasarkan analisa memperoleh 4 kegiatan kritis dimana salah satunya mempunyai probabilitas terbesar pada task 3.4 menuangkan leburan besi kecetakan dengan nilai HEP sebesar 7,999488. Selanjutnya dilakukan pembentukan pola kegagalan dengan FTA diketahui terdapat jenis cacat yaitu benda tidak tercetak dengan sempurna. Kemudian penyebab dari akar masalah didefinisikan dengan FTA hasilnya menunjukan kesalahan menuangkan leburan besi kecetakan yang disebabkan oleh kecepatan penuangan terlalu lambat, temperature tuang terlalu tinggi, penuangan terlalu banyak yang keluar dari cetakan. Rekomendasi yang bisa diberikan sesuai dari EPCs yang terpilih yaitu task untuk menuangkan leburan besi kecetakan dengan HEP sebesar 7,999488.

Kata kunci : *human error assessment reduction technique, fault tree analysis, baseplate R54, defective products.*

ABSTRACT

PT. Sinar Semesta is one of the metal casting companies that sets quality as a part of the company's strategy. Quality is an important factor for PT. Universe Rays. However, the company is still faced with quality problems, namely there are still products that do not meet specifications. The production process at PT Sinar Semesta has many product defects, one of which is a problematic product at PT. Sinar Semesta is the R54 baseplate. From the data obtained at PT Sinar Semesta, it is known that there is still a lot of product defect waste that is wasted every month in the R54 baseplate production section considering that the maximum target for production waste is 4%. This study intends to analyze the factors that cause defects in the R54 baseplate product. The production process at PT Sinar Universe for the production of the R54 baseplate consists of several stages, from mold making to finishing. Most of the process steps are carried out by manual activities, so the operator has an important role in making the R54 baseplate in order to achieve maximum product. Therefore, the suitable method used in this problem is the Human Error Probability Assessment and Reduction (HEART), and the Fault Tree Analysis (FTA) method for analyzing the occurrence of a failure or unexpected event, and evaluating a better system. The results of the calculations based on the analysis obtained 4 critical activities where one of them has the greatest probability in task 3.4 pouring smelted iron mold with an HEP value of 7.999488. Furthermore, the formation of a failure pattern with FTA is known to have a type of defect, namely the object is not printed perfectly. Then the root cause of the problem is defined by FTA the results show an error pouring the molten iron mold caused by the casting speed is too slow, the casting temperature is too high, too much pouring comes out of the mold. Recommendations that can be given according to the selected EPCs are the task of pouring fused cast iron with an HEP of 7.999488.

Keyword : *human error assessment reduction technique, fault tree analysis, baseplate R54, defective products.*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri saat ini baik dunia maupun di Indonesia sudah sangat pesat, seiring dengan permintaan akan berbagai macam produk. Pengendalian mutu dan kualitas merupakan salah satu fungsi yang terpenting bagi perusahaan. Dengan adanya pengendalian mutu dan kualitas yang baik, presentase cacat produk dapat ditekan sekecil mungkin sehingga perusahaan mendapatkan keuntungan yang lebih besar. Oleh karena itu mutu merupakan hal yang penting bagi perusahaan dan juga merupakan suatu prioritas karena nantinya dapat diketahui hal-hal apa saja yang dapat membuat perusahaan lebih baik dari segi kualitas produknya. Proses pengendalian kualitas secara statistik digunakan untuk memastikan bahwa proses yang sedang berjalan telah memenuhi standar.

PT. Sinar Semesta merupakan salah satu perusahaan pengecoran logam yang menetapkan kualitas sebagai salah satu bagian dari strategi perusahaan. PT Sinar Semesta yang beralamatkan di Jl. Raya Solo - Yogya km. 26 Penggung, Jetis, Klepu, Kec. Ceper, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah 57465 menjadikan Kualitas menjadi faktor penting bagi produk PT. Sinar Semesta. Walaupun demikian, perusahaan masih dihadapkan pada masalah kualitas yaitu masih adanya produk yang belum memenuhi spesifikasi. Setelah dilakukan pengamatan dan hasil wawancara dengan kepala bagian produksi di PT Sinar Semesta yang memiliki banyak cacat produk yaitu salah satunya baseplate R54. Produk baseplate R54 di produksi setiap hari, sehingga tingkat kecacatan produknya cenderung tinggi. Cacat yang terjadi seperti timbulnya retakan pada permukaan baseplate R54, hal itu tentunya sangat merugikan perusahaan, mengingat perusahaan juga memiliki target produksi. Maka dari itu nantinya analisis ini bisa mengambil tindakan yang dapat mengurangi resiko *reject* yang disebabkan oleh operator atau *human error* yang bisa menyebabkan cacat produk.

Dari data yang didapat pada bagian Quality Control di PT Sinar Semesta, diketahui masih banyak sekali kecacatan produk pada setiap bulannya di bagian

produksi baseplate R54 mengingat batas dari target maksimal cacat produksi adalah 4%, hal ini dapat dilihat dari tabel data sampel yang di ambil pada sepuluh bulan terakhir :

Table 1.1 Jumlah Produksi dan Produk Cacat

| Data Produk Cacat bagian Baseplate R54 | | | | | |
|-----------------------------------------------|------------------|----------------------|----------------------------|-------------------|-----------------|
| Tahun | Bulan | Data Produksi | Jumlah Produk Cacat | Presentase | Melebihi |
| 2020 | Januari | 1690 | 90 | 5,32% | 1,32% |
| | Februari | 1440 | 106 | 7,36% | 3,36% |
| | Maret | 1570 | 96 | 6,11% | 2,11% |
| | April | 1800 | 104 | 5,77% | 1,77% |
| | Mei | 1720 | 97 | 5,64% | 1,64% |
| | Juni | 2112 | 112 | 5,32% | 1,32% |
| | Julli | 2089 | 125 | 5,98% | 1,98% |
| | Agustus | 2025 | 85 | 4,21% | 0,21% |
| | September | 2130 | 146 | 6,86% | 2,86% |
| | Oktober | 2383 | 189 | 7,94% | 3,94% |

Bisa ditinjau di tabel serta grafik diatas jumlah produk yang cacat setiap bulan selalu ada dan jumlahnya melebihi batas maksimal dari target yang ditentukan dalam perusahaan yaitu 4%, Berdasarkan wawancara dengan kepala bagian produksi hal ini dipengaruhi karena faktor manusia (operator) sendiri serta juga disebabkan oleh faktor mesin. Faktor manusia yaitu operator sebagai pemegang kendali mesin memiliki tanggung jawab yang besar terhadap keberlangsungan proses mesin produksi berjalan jika banyak kelalaian yang dilakukan para operator maka akan sangat berdampak dengan hasil produksi. Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk menganalisa faktor penyebab terjadinya human error dan berapa probabilitas terjadinya kesalahan operator serta solusi perbaikan untuk meminimalisir terjadinya cacat produk yang disebabkan oleh operator produksi baseplate R54 pada PT Sinar Semesta.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian kali ini adalah

1. Bagaimana mengurangi presentase produk cacat sehingga sesuai dengan ketetapan perusahaan?
2. Apakah penyebab utama yang dapat menimbulkan terjadinya kecacatan produk?
3. Bagaimana solusi untuk mengatasi penyebab terjadinya kecacatan produk sehingga perusahaan dapat mengurangi jumlah cacat produk?

1.3 Pembatasan Masalah

Berikut ini batasan atau ruang lingkup pembahasan pada penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Penelitian dilaksanakan selama 1 bulan terhitung sejak 15 Oktober 2020 – 15 November 2020.
2. Penelitian hanya dilakukan di PT. Sinar Semesta.
3. Data yang digunakan merupakan data hasil penelitian dari perusahaan yang terdiri dari dokumentasi, observasi, *interview* atau wawancara, yang dilakukan di PT. Sinar Semesta.
4. Penelitian ini hanya dilakukan pada satu obyek yaitu pada bagian baseplate R54 di PT Sinar Semesta.
5. Penelitian hanya pada proses-proses yang terindikasi sebagai penyebab terjadinya produk cacat.

1.4 Tujuan Penelitian

Berikut tujuan penelitian yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir ini adalah

1. Melakukan analisis untuk mengurangi presentase produk cacat dibawah 4%.
2. Mengetahui faktor – faktor penyebab terjadinya produk cacat.
3. Dapat memberikan usulan perbaikan untuk sistem selanjutnya.

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut ini merupakan manfaat yang dapat diambil dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Secara ilmiah
 - a. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan kajian penelitian selanjutnya.
 - b. Untuk sebagai bahan perbandingan bagi peneliti lain untuk melakukan penelitian selanjutnya.
2. Secara praktis
 - a. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dan masukan serta sebagai bahan informasi dan rekomendasi untuk selanjutnya menjadi referensi bagi perusahaan dalam pelaksanaan proyeknya.
 - b. Hasil penelitian diharapkan dapat dijadikan sebagai salah satu referensi bagi siapa saja yang ingin mengkaji permasalahan ini.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun penyusunan laporan ini menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berupa uraian yang berisikan tentang pendahuluan, tujuan Penelitian, tujuan pembuatan laporan, pembatasan masalah, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan dari mana sajakan refrensi yang di ambil oleh penulis dan juga teori yang menjadi acuan pada pembuata tugas akhir ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan tentang teknik pengumpulan data dan pembahasan metode yang digunakan dalam penelitian ini

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang pengumpulan data beserta pengolahannya sesuai dengan metode yang digunakan dan juga analisa dari hasil pengolahan tersebut

BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan uraian tentang kesimpulan dari hasil pelaksanaan penelitian dan saran yang dapat diberikan kepada perusahaan



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Literature review merupakan referensi yang berisi tentang teori, temuan, dan penelitian terdahulu yang diperoleh dari bahan acuan untuk dijadikan landasan kegiatan penelitian untuk menyusun kerangka pemikiran yang jelas dari perumusan masalah yang ingin diteliti.

Berdasarkan beberapa literature yang didapatkan, ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk memilih keputusan metode penelitian yang tepat. Dari penelitian yang berjudul “Analisis Probabilitas Human Error Pada Pekerjaan Penggantian Bola Ball Mill Dengan Metode HEART Di SAG Mill Concentrating (Studi Kasus: Perusahaan Pertambangan)” yang dilakukan oleh Shofiana Istiqomah¹, Rina Sandora², Vivin Setiani³ yang menjelaskan bahwa Menurut data Concentrating Perusahaan Pertambangan tahun 2016, terdapat 5% kasus kecelakaan yang diakibatkan oleh kesalahan manusia (*human error*) pada kegiatan penggantian Bola Ball Mill, Setelah dilakukan analisa dengan metode HEART, terdapat 5 kegiatan dengan nilai Human Error Probability tertinggi yaitu pada kegiatan LOTO pada task 56, Penggembokan task 23, Ground Out pada task 8, dan Pengawasan pada task 7. Rekomendasi yang diberikan diantaranya: pengoptimalan kembali kinerja kepengawasan K3 disesuaikan dengan Program Akuntabilitas Perusahaan. (Shofiana, 2015)

Dari penelitian berikutnya yang berjudul “*Human Reliability Assessment* dengan Metode *Human Error Assessment and Reduction Technique* pada Operator Stasiun *Shroud* PT. X” yang dilakukan oleh Mardi Dian Safitri, Ayu Rachma Astriaty, Nataya C. Rizani yang menjelaskan bahwa Kesalahan operator yang tidak menyisip sisi *flash* bidang *shroud* dengan hati-hati menjadi penyebab utama dari cacat produk *shroud* berdasarkan nilai HEPnya yaitu sebesar 0.53424. Faktor inilah yang mengakibatkan perusahaan mengalami kerugian akibat penalti dari konsumen. (Safitri et al., 2017).

Dari penelitian selanjutnya yang berjudul “Aplikasi *Human Reliability Assessment* Sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Produk Batik” yang dilakukan oleh Agus Widaryanto, Choirul Bariyah yang menjelaskan bahwa Dari hasil perhitungan HEP dengan metode HEART diperoleh nilai terbesar 0.8971 pada saat dijahit kain tidak ditarik dari kedua sisi sehingga longgar dan HEP terkecil 0.0008 pada asal mengambil label. Dengan nilai HEP tersebut dapat dikatakan bahwa performansi kerja penjahitan kurang baik. HEP makin baik jika nilainya makin mendekati 0.0. (Widaryanto & Bariyah, 2015)

Dari penelitian yang berjudul “Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Pada PT. Bumi Sarana Beton dengan Metode *Fault Tree Analysis*” yang dilakukan oleh Riswan Yusu, Asrul Idris, Asmeati, Muhammad Yusuf Ali yang menjelaskan bahwa Dari tahap analisa metode *fault tree analysis* hasilnya adalah unsur yang menyebabkan terjadinya kecacatan produk yaitu manusia dan mesin, jika dibandingkan maka kedua unsur tersebut masing-masing memiliki potensi kesalahan yang sama untuk membuat suatu produk. (Yusuf et al., 2019).

Dari penelitian lain yang berjudul “Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* Untuk Meminimumkan Cacat Pada Crank Bed Di *Lini Painting* Pt. Sarandi Karya Nugraha” yang dilakukan oleh Bimo Satriyo, Diana Puspitasari, ST. MT yang menjelaskan bahwa akar penyebab masalah yang menyebabkan *defect* cat kasar pada proses painting di dapatkan melalui analisis *fault tree analysis*. Akar-akar penyebab masalah itu antara lain tidak ada training berkala, lingkungan kerja tidak steril, operator tidak menggunakan APD, operator tidak menjalankan SOP. Dari akar permasalahan yang didapat tersebut dilakukan analisis apa yang menyebabkan hal tersebut terjadi lalu diberikan usulan perbaikan. Usulan perbaikan yang diberikan berdasarkan akar permasalahan tersebut ada tujuh, yaitu pengadaan training berkala bagi operator pengecatan, penyuluhan serta pengimplementasian 5S, melakukan sidak lapangan dan evaluasi berkala pada operator, menempel peraturan wajib menggunakan APD, evaluasi kerja berkala untuk mengukur kinerja operator, penempelan SOP painting di area proses kerja painting, melakukan penjadwalan proses cat, proses tunggu (*curing time*), dan proses pengeringan (*oven*) (Satriyo et al., 2015).

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

| No | Judul | Penulis | Sumber | Alat Metode | Kesimpulan |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Analisis Probabilitas Human Error Pada Pekerjaan Penggantian Bola Ball Mill Dengan Metode HEART Di SAG Mill Concentrating (Studi Kasus: Perusahaan Pertambangan) | Shofiana Istiqomah ¹ , Rina Sandora ² ., Vivin Setiani ³ | Prosiding ISSN No. 2581 – 2653 Program Studi D4 Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja – Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya | Metode <i>Human Error Assessment and Reduction Technique</i> | penelitian ini mengenai human error pada kegiatan penggantian bola Ball Mill dengan metode Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART). Menurut data Concentrating Perusahaan Pertambangan tahun 2016, terdapat 5% kasus kecelakaan yang diakibatkan oleh kesalahan manusia (human error) pada penggantian Bola Ball Mill, Setelah dilakukan analisa dengan metode HEART, terdapat 5 kegiatan dengan nilai Human Error Probability tertinggi yaitu pada kegiatan LOTO pada task 56, Pengembokan task 23, Ground Out pada task 8, dan Pengawasan pada task 7. Rekomendasi yang diberikan: pengoptimalan kembali kinerja pengawasan K3 disesuaikan dengan Program Akuntabilitas Perusahaan, (Shofiana, 2015) |
| 2. | <i>Human Reliability Assessment</i> dengan Metode <i>Human Error Assessment and Reduction Technique</i> pada Operator Stasiun Shroud PT. X | Mardi Dian Safitri, Ayu Rachma Astriaty, Nataya C. Rizani | Jurnal rekayasa sistem industri – Vol. 4 No. 1 (2017) 1 | Metode <i>Human Error Assessment and Reduction Technique</i> | Kesalahan operator yang tidak menyisip sisi flash bidang shroud dengan hati-hati menjadi penyebab utama dari cacat produk shroud berdasarkan nilai HEPnya yaitu sebesar 0.53424. Faktor inilah yang mengakibatkan perusahaan mengalami kerugian akibat penalti dari kon- sumen. (Safitri et al., 2017) |
| 3. | Aplikasi <i>Human Reliability Assessment</i> Sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Produk Batik | Agus Widaryanto, Choirul Bariyah | Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT) – Vol. 1 No. 1 (2015) 14 | Metode <i>Human Error Assessment and Reduction Technique</i> | Dari hasil perhitungan HEP dengan metode HEART diperoleh nilai terbesar 0.8971 pada saat dijahit kain tidak ditarik dari kedua sisi sehingga longgar dan HEP terkecil 0.0008 pada asal mengambil label. Dengan nilai HEP tersebut dapat dikatakan bahwa performansi kerja penjahitan kurang baik. HEP makin baik jika nilainya makin mendekati 0.0. (Widaryanto & Bariyah, 2015) |

Tabel 2.1 Tabel Lanjutan Tinjauan Pustaka

| No | Judul | Penulis | Sumber | Alat Metode | Kesimpulan |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. | Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Pada PT. Bumi Sarana Beton dengan Metode <i>Fault Tree Analysis</i> | Riswan Yusu, Asrul Idris, Asmeati, Muhammad Yusuf Ali | Jurnal Aplikasi Teknik dan Sains (JATS) – Vol. 1 No. 1 (2019) 1-10 | Metode <i>Fault Tree analysis</i> | Dari tahap analisa metode <i>fault tree analysis</i> hasilnya adalah unsur yang menyebabkan terjadinya kecacatan produk yaitu manusia dan mesin, jika dibandingkan maka kedua unsur tersebut masing-masing memiliki potensi kesalahan yang sama untuk membuat suatu produk. (Yusuf et al., 2019) |
| 5. | Analisis Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode <i>Fault Tree Analysis</i> Untuk Meminimumkan Cacat Pada Crank Bed Di <i>Lini Painting</i> Pt. Sarandi Karya Nugraha | Bimo Satriyo, Diana Puspitasari, ST. MT | Jurnal Teknik Industri – Vol. 6 No. 1 (2015) | Metode <i>Fault Tree analysis</i> | Akar penyebab masalah yang menyebabkan <i>defect</i> cat kasar pada proses painting di dapatkan melalui analisis <i>fault tree analysis</i> . Akar-akar penyebab masalah itu antara lain tidak ada training berkala, lingkungan kerja tidak steril, operator tidak menggunakan APD, operator tidak menjalankan SOP. Dari akar permasalahan yang didapat tersebut dilakukan analisis apa yang menyebabkan hal tersebut terjadi lalu diberikan usulan perbaikan. Usulan perbaikan yang diberikan berdasarkan akar permasalahan tersebut ada tujuh, yaitu pengadaan training berkala bagi operator pengecatan, penyuluhan serta pengimplementasian 5S, melakukan sidak lapangan dan evaluasi berkala pada operator, menempel peraturan wajib menggunakan APD, evaluasi kerja berkala untuk mengukur kinerja operator, penempelan SOP painting di area proses kerja painting, melakukan penjadwalan proses cat, proses tunggu (<i>curing time</i>), dan proses pengeringan (<i>oven</i>) (Satriyo et al., 2015) |

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Kualitas

Dalam dunia industri kualitas adalah salah satu hal yang sering kita dengar dan banyak dibicarakan. Misal saja tentang kualitas produk impor yang lebih unggul daripada produk dan jasa dalam negeri. Kualitas sering kali dipakai atau dijadikan sebagai ukuran standar untuk sebuah produk maupun jasa. Kata kualitas memiliki banyak arti karna setiap individu akan memberikan makna yang berbeda tentang kata kualitas, misalnya terhindarnya dari kegagalan sebuah produk, serta dapat melakukan hal-hal yang dapat memuaskan permintaan konsumen.

Kualitas dapat diartikan sebagai tingkatan atau ukuran kesesuaian suatu produk dengan pemakainya, dalam arti sempit kualitas diartikan sebagai tingkat kesesuaian produk standar yang telah ditetapkan. (Alisjahbana, 2005)

Kualitas dilihat secara keseluruhan tidak hanya soal apa yang dihasilkan saja, melainkan juga melihat mulai dari proses, lingkungan sampai dengan manusia. Menurut (Furqoni, 2014) definisi dari kualitas adalah bervariasi dari yang kontroversional hingga kepada yang lebih strategis. Definisi konvensional dari kualitas biasanya menggambarkan karakter langsung dari suatu produk, misalnya seperti:

1. Performansi (*performance*)
2. Keandalan (*reability*)
3. Mudah dalam penggunaan (*ease of use*)
4. Estetika (*esthetics*)

Sebagai konsep yang sudah lama dikenal kemunculan kualitas juga memiliki peran manajemen. Dari pendekatan *modern* tentang kualitas ada tiga bagian yaitu sebagai berikut:

1. Inspeksi

Pengendalian kualitas terdiri dari berbagai macam produk yang berperan untuk mengukur kinerja yang sebenarnya. Dari berbagai macam produk itu bisa berupa proses manufaktur yang meliputi pengembangan alat atau mesin-mesin produksi agar dapat menunjang operasi. Penerapan inspeksi terhadap produk keluaran (*output*) dapat dilakukan secara langsung oleh pegawai, ataupun

menggunakan alat bantu inspeksi yang sudah diatur dengan ketentuan produk yang sudah sesuai dengan perusahaan. Secara formal kegiatan inspeksi selalu dihubungkan dengan kegiatan pengendalian kualitas, hal tersebut terjadi sejak awal abad ke-20.

2. Pengendalian kualitas statistik

Untuk pertama kalinya di tahun 1931 dengan pendekatan ilmiah gerakan pengendalian kualitas diglobalkan oleh seorang peneliti kualitas yang berasal dari *Bell Telephone Laboratories* yaitu *W.A Shewart*. Beliau memberikan pernyataan bahwa variabilitas adalah sebuah fakta di dunia industri dan hal tersebut dengan prinsip probabilitas dan statistik dapat dipahami. Peran utamanya yaitu sebagai alat pengendalian untuk merencanakan nilai produksi sebagai penentu apakah nilai tersebut sesuai atau tidak dengan ketentuan yang sudah ditetapkan.

3. Biaya kualitas

Joseph Juran adalah seseorang yang telah menciptakan istilah biaya kualitas. *Joseph Juran* menyatakan bahwa biaya dengan tingkat kualitas tertentu dapat dibagi menjadi dua yaitu biaya yang dapat dihindari dan biaya yang tidak dapat dihindari. Biaya yang dapat dihindari adalah biaya kegagalan produk yang diakibatkan karena rusaknya bahan baku, banyaknya waktu untuk perbaikan ulang, dan kerugian karena kecewanya konsumen. Sedangkan biaya yang tidak dapat dihindari adalah biaya yang sengaja dibuat atau dianggarkan untuk mencegah terjadinya kegagalan atau kerusakan (*defects*). Dari segi pandang *Joseph Juran* memunculkan sebuah penerapan manajemen yaitu bahwa biaya tambahan untuk perbaikan kualitas dapat dipertimbangkan selama masih adanya biaya yang tinggi akibat kegagalan.

2.2.2 Manajemen Kualitas

Menurut (Dean & Bowen, 1994) manajemen kualitas (*Quality Manajement*) adalah sebuah prosedur yang digunakan untuk merangkai berbagai prinsip yang memiliki keterkaitan antara yang satu dan yang lainnya, dan dari setiap prinsip didukung oleh seperangkat teknik dan penerapannya. Adapaun menurut (Hackman

& Wegeman, 1995) praktek dari manajemen kualitas (*Quality Management*) agar dapat meningkatkan kinerja maka harus ada perbedaan antara strategi perusahaan.

Manajemen kualitas (*Quality Management*) menurut (Harianto, 2013) adalah kumpulan pertata cara yang sudah tersusun rapi dan penerapan standar untuk manajemen sistem yang berperan untuk jaminan ketepatan dari sebuah produk atau jasa yang sudah ditentukan sesuai dengan konsumen atau sesuai dengan organisasi manajemen kualitas yang menetapkan praktek manajemen kualitas secara paten untuk memenuhi kebutuhan pasar dan konsumen.

Menurut (Noor, 2006) manajemen kualitas tersusun dari struktur organisai, prosedur, dokumen serta peralatan dalam organisasi. Dan perannya adalah agar struktur organisasi, prosedur, dan peralatan dalam organisasi terlihat lebih transparan atau lebih terbuka terhadap konsumen.

2.2.3 Produk Cacat

Produk cacat merupakan produk dari proses produksi, yang mana produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang tidak sesuai dengan standar kualitas yang ditetapkan. Tetapi untuk secara ekonomisnya produk tersebut masih bisa diperbaiki dengan mengeluarkan biaya tambahan, dengan catatan biaya yang dikeluarkan tersebut lebih rendah dari nilai jual produk setelah perbaikan.

Definisi produk cacat menurut (mulyadi, 2005) merupakan produk yang memiliki kualitas dibawah standar yang telah ditetapkan. Dan untuk menyempurnakan produk yang kualitasnya dibawah standar harus ada biaya tambahan yang dikeluarkan. Adapaun definisi produk cacat menurut (Bustami & Nurlela, 2006) merupakan produk hasil dari proses produksi, yang mana produk yang dihasilkan memiliki kualitas yang ditak sesuai dengan ketetapan yang sudah ditetapkan sebelumnya.

Adapun faktor-faktor penyebab cacat yaitu sebagai berikut:

1. Bersifat normal

Penyebab kecacatan yang bersifat normal yaitu terjadinya produk cacat pada proses produksi tidak dapat untuk dihindari. Sehingga biaya perbaikan yang dikeluarkan diberikan kepada setiap departemen yang mengalami kecacatan.

2. Akibat kesalahan

Penyebab kecacatan yang diakibatkan kesalahan yaitu produk cacat yang diakibatkan karena kurangnya perencanaan, pengawasan dan pengendalian kelalaian kerja, perawatan mesin dalam proses produksi. Untuk biaya yang dikeluarkan untuk perbaikan langsung dianggap sebagai kerugian perusahaan, dan biaya tidak dibebankan kepada setiap departemen.

2.2.4 Klasifikasi *Human Error*

Pada dasarnya terdapat klasifikasi *human error* untuk mengidentifikasi penyebab kesalahan tersebut. Menurut Iftikar. Z. Sutralaksana (1979) klasifikasi tersebut umumnya disebabkan terjadinya *human error* adalah sebagai berikut :

1. Sistem *Induced Human Error*

Dimana mekanisme suatu sistem memungkinkan manusia melakukan kesalahan, misalnya manajemen yang tidak menerapkan disiplin secara baik dan ketat.

2. Desain *Induced Human Error*

Terjadinya kesalahan diakibatkan karena perancangan atau desain sistem kerja yang kurang baik. Sesuai dengan kaidah Murphy (Murphys law) menyatakan bahwa bila suatu peralatan dirancang kurang sesuai dengan pemakai (aspek ergonomis) maka akan terdapat kemungkinan akan terjadi ketidaksesuaian dalam pemakaian peralatan tersebut, dan cepat atau lambat akan terjadi.

3. *Pure Human Error*.

Suatu kesalahan yang terjadi murni berasal dari dalam manusia itu sendiri, misalnya karena skill, pengalaman, dan psikologis.

Error secara umum didefinisikan sebagai kegagalan untuk menampilkan suatu perbuatan yang benar dan diinginkan pada suatu keadaan. *Error* ini hanya dapat terjadi jika ada perhatian yang benar, untuk menanggapi kejadian yang diamati sedangkan tindakan akhir yang dilakukan tidak sesuai dengan yang diinginkan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil akhir dari error berupa

kejadian, sehingga nantinya terdapat suatu peristiwa yang dapat diamati. Error ini tidak hanya dibatasi oleh keluaran yang buruk maupun yang serius.

Sedangkan yang dimaksud dengan Produk cacat adalah kejadian yang tidak direncanakan, diharapkan maupun diinginkan dan biasanya menghasilkan keluaran yang kurang baik. *Error* merupakan kejadian psikologis yang disebabkan oleh faktor-faktor kejiwaan sehingga ada kemungkinan bahwa sebagian atau keseluruhan *error* yang terjadi tersebut tidak teridentifikasi. Beberapa taxonomi (istilah) dalam *error* :

a. *Input Error (Miss Perseption)*

Disini terjadi kesalahan dalam mengamati suatu data masukan sehingga menghasilkan suatu persepsi yang salah dan terjadilah kesalahan dalam mengambil tindakan penyelesaian.

b. *Intention Error (Mistake)*

Disini data masukan telah diamati dengan benar tetapi menghasilkan pengertian yang salah sehingga terjadi penyelesaian yang salah.

c. *Execution Error (Slip)*

Disini data masukan telah diamati dengan benar dan telah menghasilkan pengertian yang benar tetapi terjadi kesalahan pada tindakan penyelesaiannya.

Berdasarkan asal atau penyebabnya error dibedakan sebagai berikut :

1. *Endogenous Error*

Error terjadi dari proses-proses dalam diri operator. Penghilangan atau pengurangan dari error ini harus melibatkan faktor psikologis, fisiologi dan neurologi.

2. *Exogenous Error*

Error terjadi dari proses dan dari luar operator. Penghilangan atau pengurangan error semacam ini harus mengakibatkan perancangan dan pemikiran secara teknis dari objek dan lingkungan kerja.

2.2.5 *Hierarchical Task Analysis*(HTA)

Hierarchical Task Analysis (HTA) merupakan salah satu teknik yang digunakan untuk menganalisa suatu task. Ini merupakan teknik yang sering digunakan karena penerapannya sangat detil, mudah dan langsung mengenai sasaran (Weny Findiastuti 2000). HTA dapat didefinisikan dengan detil peran operator terhadap sistem, mendeskripsikan yang dikerjakan operator dalam bentuk aktivitas fisik maupun kognitif untuk mencapai sistem yang kompleks. Dapat ditampilkan dalam bentuk tabel atau hierarki diagram.

2.2.6 Metode *Human Error Probability Assessment and Reduction* (HEART)

HEART pertama kali diperkenalkan oleh Williams pada 1985 ketika dia berkerja di *Central Electricity Generating Board*. HEART merupakan salah satu metode kuantifikasi *human error*. HEART dirancang sebagai metode kuantifikasi resiko *human error* yang cepat, sederhana dan mudah dipahami oleh *engineers* dan *human factors specialists*. HEART merupakan metode yang umum yang dapat diaplikasikan di segala situasi atau industri dimana *human reliability* dianggap penting. Sdecara ekstensif, HEART digunakan di industry nuklir UK dan juga dikebanyakan industri lain seperti industri kimia, penerbangan, kereta api, pengobatan dan sebagainya (Bell & Holroyd, 2009)

Berikut merupakan langkah – langkah yang dilakukan untuk menentukan *Human Error Probability* dengan menggunakan metode HEART :

- a. Langkah 1 : Mengklasifikasikan jenis tugas/ pekerjaan.

Mengklasifikasikan tugas ke dalam 8 pilihan jenis tugas umum yang berbeda (*Generic Task Types/ GTTs*). Dengan mengklasifikasikan setiap tugas ke dalam tabel kategori umum metode HEART, maka akan didapatkan nominal *human unreliability* / nominal ketidak andalan manusia untuk setiap tugasnya.

Tabel 2.2 *Generic Categories* metode HEART

| Tipe | Kategori Task | Nominal Human Unreliability |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| A | Operasi tidak dikenal, dijalankan tanpa tahu konsekuensinya. | 0,55 |
| B | Operasi merubah suatu sistem tanpa prosedur atau pengawasan. | 0,26 |
| C | Operasi yang kompleks, membutuhkan skills yang tinggi. | 0,16 |
| D | Operasi yang mudah, bisa diandalkan keberhasilannya. | 0,09 |
| E | Operasi rutin, sering dilakukan, sudah terlatih. | 0,02 |
| F | Mengembalikan atau menggeser sistem ke kondisi semula dengan mengikuti prosedur dan beberapa pemeriksaan. | 0,003 |
| G | Operasi sudah dikenal, sering dikerjakan, sudah ada standarnya, sangat terlatih, dilakukan oleh orang pengalaman, mengetahui kesalahan yang mungkin terjadi dengan tersedianya waktu untuk koreksi tanpa bantuan operator khusus. | 0,0004 |
| H | Operasi sudah otomatis, tetapi masih memerlukan tindakan koreksi dan pengawasan. | 0,0002 |

- b. Langkah 2 : Menentukan nilai ketidakandalan dari tugas/ *task* tersebut Berdasarkan 8 kategori *task* yang dilengkapi dengan nominal *human unreliability* dalam tabel kategori umum metode HEART, kemudian ditetapkan nominal untuk setiap tugasnya. Sebagai contoh adalah kategori A yaitu pekerjaan yang benar-benar asing atau tidak dikuasai, dilakukan pada suatu kecepatan tanpa konsekuensi yang jelas, maka jenis tugas yang tergolong dalam kategori A memiliki nominal *human unreliability* sebesar 0.55.
- c. Langkah 3 : Mengidentifikasi kondisi yang menimbulkan kesalahan / *error* (EPCs)
- Error Producing Conditions* (EPCs) merupakan faktor-faktor yang dapat menyebabkan terjadinya *error*. Faktor ini menunjukkan perkiraan jumlah nilai maksimum dimana ketidakandalan dapat berubah dari kondisi baik ke buruk. Kondisi nyata yang menjadi faktor terjadinya *error* dikelompokkan sesuai *Error Producing Conditions* (EPCs).

Tabel 2.3 Error Producing Condition (EPCs) HEART

| No. | Kondisi yang menyebabkan <i>error</i> (EPCs) | Nilai EPCs |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 1 | Ketidakhiasaan dengan sebuah situasi yang sebenarnya penting namun jarang terjadi. | 17 |
| 2 | Kurang atau tidak tersedianya waktu dalam melakukan pengecekan ulang ketika melakukan setting/ mendeteksi kesalahan/ terburu-buru dalam melakukan pekerjaan. | 11 |
| 3 | Rasio bunyi sinyal yang rendah. | 10 |
| 4 | Adanya gangguan-gangguan yang sangat mudah mempengaruhi. | 9 |
| 5 | Tidak adanya alat untuk menyampaikan informasi spasial dan fungsional kepada karyawan dalam bentuk form yang dapat secara siap dipahami. | 8 |
| 6 | Ketidaksesuaian SOP dengan kenyataan lapangan. | 8 |
| 7 | Tidak adanya cara untuk membalikkan kegiatan yang tidak diharapkan. | 8 |
| 8 | Kapasitas saluran komunikasi <i>overload</i> , terutama satu penyebab reaksi secara bersama dari informasi yang tidak berlebihan. | 6 |
| 9 | Sebuah kebutuhan untuk tidak mempelajari sebuah teknik dan melaksanakan sebuah kegiatan yang diinginkan dari filosofi yang berlawanan. | 6 |
| 10 | Kebutuhan untuk mentransfer pengetahuan yang spesifik dari kegiatan tanpa ada kerugian. | 6 |
| 11 | Ambiguitas dalam memerlukan performa standar. | 5,5 |
| 12 | Adanya perbedaan persepsi resiko yang diterima dengan resiko sebenarnya. | 4 |
| 13 | Ketidaksesuaian antara perasaan dan resiko sebenarnya. | 4 |
| 14 | Ketidakjelasan, konfirmasi langsung dan tepat pada waktunya dari aksi yang diharapkan pada suatu sistem dimana pengendalian digunakan. | 4 |
| 15 | Operator tidak berpengalaman. | 3 |
| 16 | Kualitas informasi yang tidak baik dalam menyampaikan prosedur dan interaksi orang per orang. | 3 |
| 17 | Sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan hasil. | 3 |
| 18 | Adanya konflik antara tujuan jangka pendek dan jangka panjang. | 2,5 |
| 19 | Tidak adanya perbedaan dari <i>input</i> informasi untuk pengecekan ketelitian. | 2 |
| 20 | Ketidaksesuaian antara level edukasi yang telah dimiliki oleh individu dan kebutuhan kerja. | 2 |
| 21 | Adanya dorongan untuk menggunakan prosedur lain yang tidak disarankan. | 2 |
| 22 | Sedikit kesempatan untuk melatih pikiran dan tubuh di luar jam kerja. | 1,8 |
| 23 | Alat yang tidak dapat diandalkan. | 1,6 |

Tabel 2.3 Tabel Lanjutan *Error Producing Condition (EPCs)* HEART

| No. | Kondisi yang menyebabkan <i>error</i> (EPCs) | Nilai EPCs |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 24 | Kebutuhan untuk membuat suatu keputusan yang diluar kapasitas atau pengalaman dari operator. | 1,6 |
| 25 | Alokasi fungsi dan tanggung jawab yang tidak jelas. | 1,6 |
| 26 | Tidak adanya kejelasan langkah untuk mengamati kemajuan selama aktivitas. | 1,4 |
| 27 | Adanya bahaya dari keterbatasan kemampuan fisik. | 1,4 |
| 28 | Terganggunya tingkat emosional akibat stress kerja. | 1,4 |
| 29 | Tingkat stress secara emosional. | 1,3 |
| 30 | Adanya gangguan kesehatan khususnya demam | 1,2 |
| 31 | Tingkat kedisiplinan rendah. | 1,2 |
| 32 | Ketidakkonsistenan dari tampilan atau prosedur. | 1,2 |
| 33 | Lingkungan yang buruk atau tidak mendukung. | 1,15 |
| 34 | Siklus yang berulang-ulang yang tinggi dari pekerjaan dengan beban kerja bermental rendah. | 1,1 |
| 35 | Terganggu siklus tidur normal. | 1,05 |
| 36 | Melewatkan kegiatan karena intervensi orang lain. | 1,06 |
| 37 | Penambahan anggota tim yang sebenarnya tidak dibutuhkan. | 1,03 |
| 38 | Usia dari operator yang melakukan aktivitas. | 1,02 |

- d. Langkah 4 : Menentukan asumsi proporsi kesalahan (*Assesses Proportion of Affect/ APOA*)

Nilai proporsi berkisar antara 0 – 1 (0 = *Low*, 1 = *High*). Nilai 0 berarti EPCs yang dinilai tidak berpengaruh terhadap kemungkinan terjadinya *error*, sedangkan nilai 1 berarti EPCs yang dinilai memiliki pengaruh yang paling tinggi terhadap kemungkinan terjadinya *error*. Penilaian proporsi dilakukan oleh ahli dan bersifat subyektif

Tabel 2.4 Ketentuan PoA

| <i>Assessed Proportion</i> | Keterangan |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,1 | Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC sering (frekuensi >5 kali setiap <i>shift</i>) terjadi dan disertai minimal 3 EPC yang lain. |
| 0,2 | Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC sering (frekuensi >5 kali setiap <i>shift</i>) terjadi dan disertai minimal 2 EPC yang lain. |

| | |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,3 | Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC sering (frekuensi >5 kali setiap <i>shift</i>) terjadi dan disertai minimal 1 EPC yang lain. |
| 0,4 | Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC sering (frekuensi >5 kali setiap <i>shift</i>) terjadi tanpa disertai EPC yang lain. |
| 0,5 | Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC jarang (frekuensi = 2-5 kali setiap <i>shift</i>) terjadi dan disertai minimal 2 EPC yang lain. |
| 0,6 | Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC jarang (frekuensi = 2-5 kali setiap <i>shift</i>) terjadi dan disertai minimal 1 EPC yang lain. |
| 0,7 | Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC jarang (frekuensi = 2-5 kali setiap <i>shift</i>) terjadi tanpa disertai EPC yang lain. |
| 0,8 | Dapat langsung berpengaruh terhadap HEP jika EPC satu kali terjadi disertai dengan minimal 2 EPC yang lain. |
| 0,9 | Dapat langsung berpengaruh terhadap HEP jika EPC satu kali terjadi disertai dengan minimal 1 EPC yang lain. |
| 1 | Dapat langsung berpengaruh terhadap HEP jika EPC satu kali terjadi tanpa disertai dengan EPC yang lain. |

e. Langkah 5 : Menentukan HEP

Nilai *Human Error Probability* pada metode HEART didapatkan melalui rumus :

$$\text{HEP} = \text{GC} \times \text{EPCs}^1 \times \text{EPCs}^2 \times \text{EPCs}^3 \times \dots \text{dst} \quad \dots \quad (2.1)$$

Keterangan :

GC = Nilai nominal *Human Unreliability*

EPCs^n = *Assessed Effect from EPCs*

EPCs^n merupakan istilah yang digunakan untuk menuliskan hasil dari hubungan antara EPCs dan PoA. Perhitungan c (2.2) an menggunakan rumus sebagai berikut (Bell, J, Holroyd, 2009).

$$\text{EPCs}^n = ((\text{EPCs} - 1) \times \text{PoA} + 1)$$

Keterangan :

EPCs = Nilai *Error Producing Conditions*

PoA = Proporsi dari EPCs

2.2.7 Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)

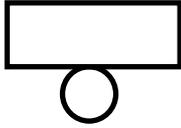
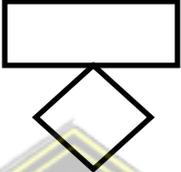
Fault Tree Analysis (FTA) merupakan sebuah alat analisa kesalahan yang berbentuk pohon yang secara sederhananya dapat dijabarkan sebagai teknik analitis. Pohon kesalahan merupakan sebuah alat yang digunakan menghubungkan beberapa kejadian yang dapat menghasilkan sebuah kejadian lain yang dapat digunakan untuk mencari penyebab kegagalan. Agar dapat membuat pohon kesalahan (*fault tree*) dapat melakukan wawancara dengan orang-orang yang bertanggung jawab atau yang berkaitan, selain itu juga bisa melakukan pengamatan secara langsung di tempat produksi untuk pengumpulan data-data yang dibutuhkan. Setelah melakukan pengamatan dan semua data penyebab kegagalan terkumpul, langsung bisa digambarkan dalam bentuk pohon kesalahan (*fault tree*). Dengan penjelasan diatas, dapat disimpulkan bahwa analisa pohon kesalahan (*Fault Tree Analysis*) adalah sebuah alat untuk menganalisa akar penyebab kegagalan suatu produk. Adapun tahapan pembuatan analisa pohon kesalahan (*Fault Tree Analysis*) adalah sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan kegagalan pada objek penelitian
2. Melakukan evaluasi kegagalan pada objek penelitian
3. Melengkapi semua yang berhubungan dengan *input* mulai dari yang paling dasar dan mengembangkan pohon kesalahan

Adapun simbol-simbol yang biasa digunakan untuk menguraikan suatu kejadian (Ferdiana & Priadythama, 2015), adalah sebagai berikut:

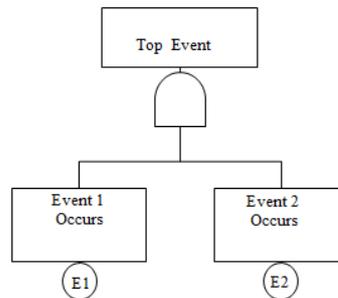
Tabel 2.5 Simbol-simbol dalam FTA

| Nama Simbol | Gambar Simbol | Fungsi Simbol |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Logic Test</i> | <p><i>OR-Gate</i></p>  | <p><i>OR-Gate</i></p> <p>mengidentifikasi bahwa kejadian terjadi jika salah satu dari input kejadian terjadi</p> |
| |  <p><i>AND-Gate</i></p> | <p><i>AND-Gate</i></p> <p>mengidentifikasi bahwa kejadian terjadi jika semua dari input kejadian terjadi</p> |

| | | |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Input Event</i> |  | <i>Basic Event</i> yang menjelaskan sebuah kegagalan tidak memerlukan kegagalan lebih lanjut. |
| |  | <i>Undeveloped Event</i> menjelaskan sebuah kejadian yang tidak dianalisa selanjutnya karena ketidakterediaan informasi atau karena akibatnya tidak signifikan. |
| <i>Description of state</i> |  | Kotak komentar adalah menginformasikan tentang penjelasan tambahan. |
| <i>Transfer symbols</i> | <p>Transfer In</p>  <p>Transfer Out</p> | <i>Symbol Transfer-Out</i> mengindikasikan bahwa <i>fault tree</i> dikembangkan selanjutnya pada kejadian-kejadian dari 35 symbol <i>transfer-in</i> yang sesuai. |

Tahapan pada FTA juga mencakup analisa kualitatif dan analisa kuantitatif terhadap pola kegagalan. Analisa kualitatif *Fault Tree Analysis* dapat dilakukan berdasarkan *minimal cut set*. *Cut set* bergantung pada jumlah *basic event* didalam *cut set*. Analisa kuantitatif merupakan suatu perhitungan probabilitas berdasarkan logika pada FTA. Analisa kuantitatif ini dibagi menjadi dua perhitungan yakni untuk *AND-gate* dan *OR-gate* sebagai berikut:

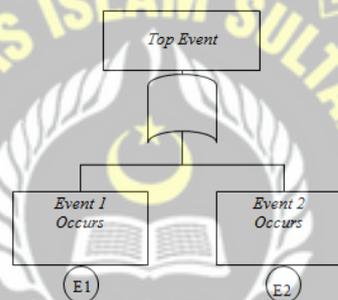
1. *AND-gate*: logika kejadian *AND-gate* digunakan pada saat *top event* akan terjadi apabila semua input kejadian terjadi. Jika digambarkan, logika kejadian adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Single AND-Gate

$$PF = P_A \times P_B \times P_C \dots \dots \dots \text{ (Agung \& handoyo, 2018)}$$

2. *OR-gate*: logika kejadian *OR-gate* digunakan pada saat top event akan terjadi apabila salah satu input kejadian terjadi. Jika digambarkan, logika kejadian adalah sebagai berikut:



Gambar 2.2 Single OR-Gate

Untuk gerbang OR, probabilitas masing–masing peristiwa atau masukannya mengalami penjumlahan dan pengurangan.

a. Untuk 2 masukan

$$PF = 1 - [(1 - P_A)(1 - P_B)]$$

$$PF = P_A + P_B - P_A P_B$$

b. Untuk lebih dari 2 masukan

$$PF = P_A + P_B + P_C \text{ (Agung \& handoyo, 2018)}$$

2.3 Hipotesa dan Kerangka Teoritis

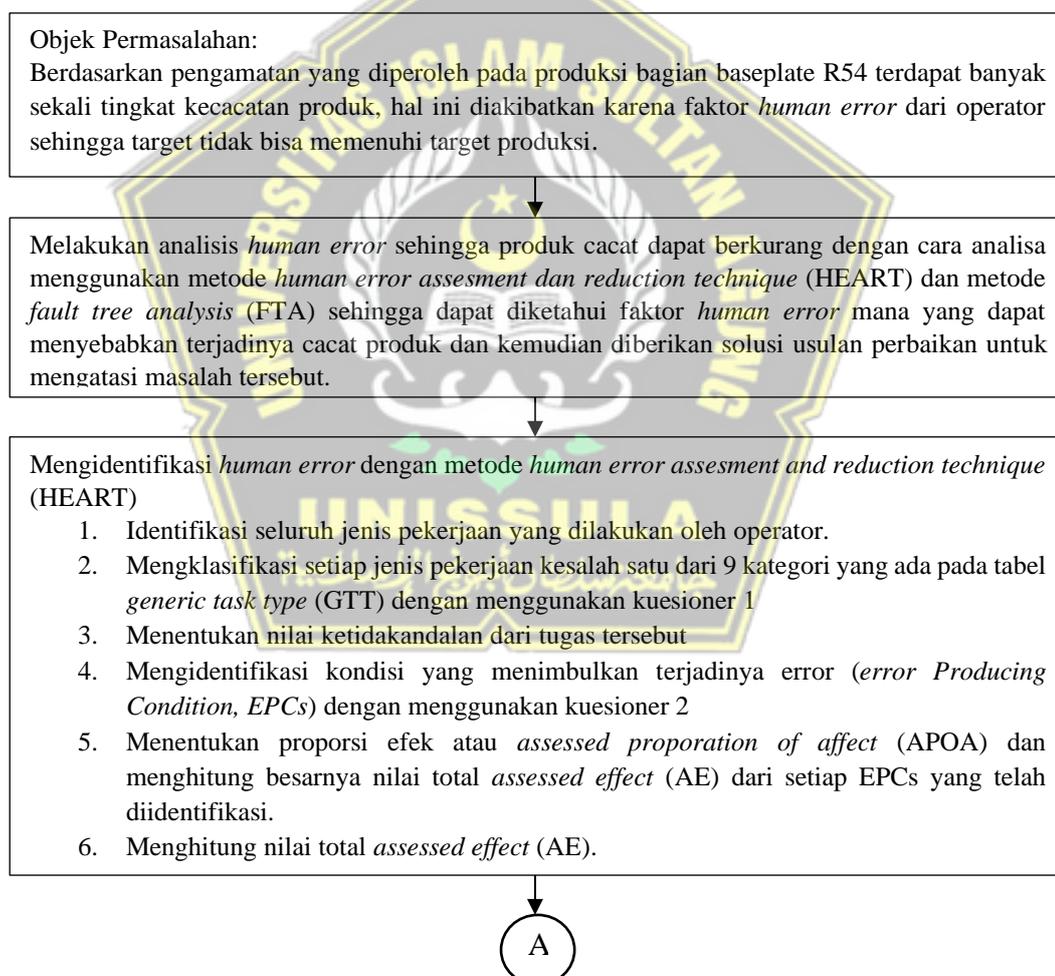
Berikut adalah hipotesa dan kerangka teoritis dalam penelitian ini :

2.3.1 Hipotesa

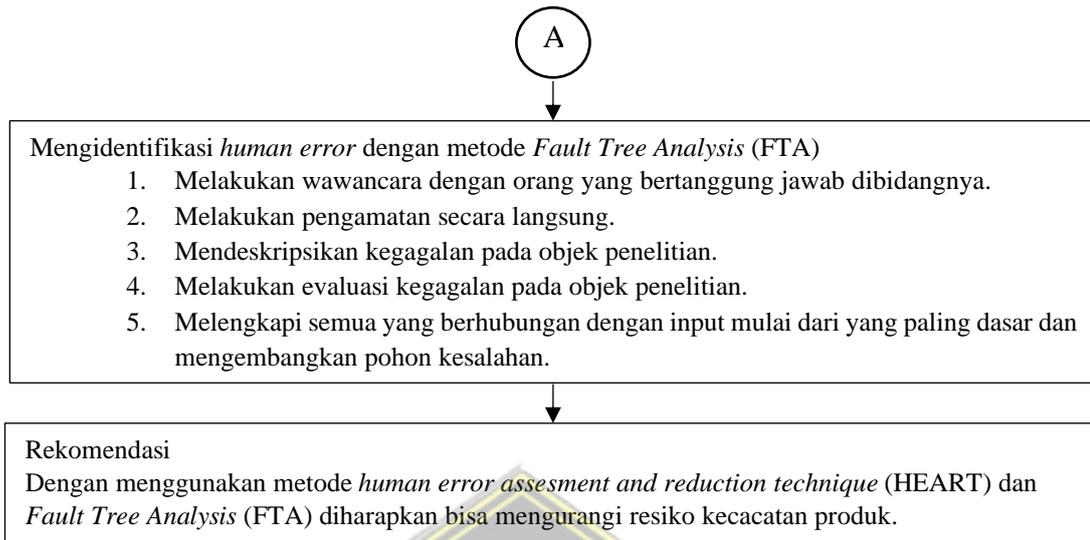
Berdasarkan penelitian – penelitian yang dilakukan oleh peneliti terdahulu seperti yang telah disebutkan pada studi literatur, maka peneliti berhipotesis bahwa metode human error assesment reduction technique dan fault tree analysis yang tepat untuk menganalisa faktor penyebab terjadinya human error dan berapa probabilitas terjadinya kesalahan operator serta solusi perbaikan untuk meminimalisir terjadinya cacat produk yang disebabkan oleh operator produksi baseplate R54 dari target yang ditentukan dalam perusahaan sebesar 4%.

2.3.2 Kerangka Teoritis

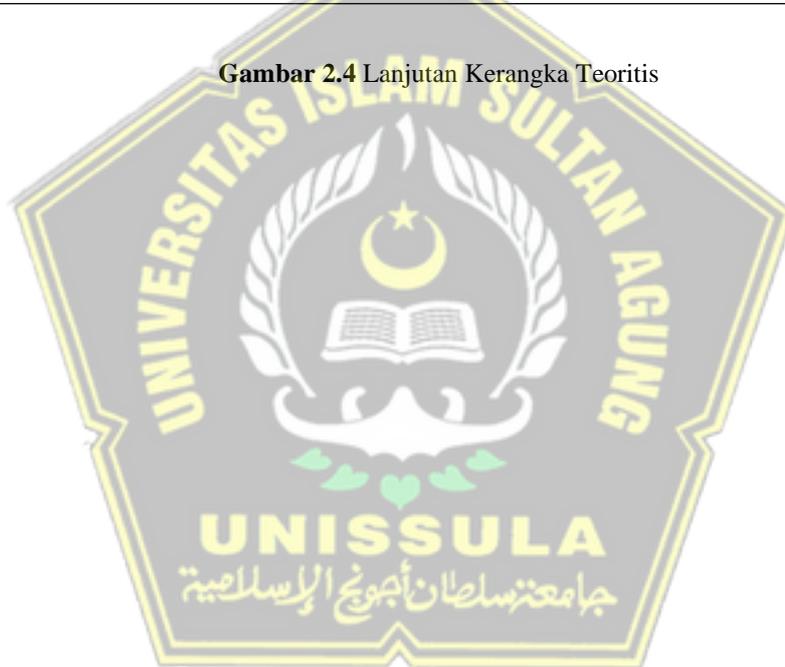
Kerangka teoritis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3 Kerangka Teoritis



Gambar 2.4 Lanjutan Kerangka Teoritis



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data yang diperlukan untuk mendapatkan informasi untuk penelitian ini yaitu data jumlah produksi dan produk cacat, data proses produksi dan faktor terjadinya produk cacat pada bagian baseplate R54 di PT SINAR SEMESTA.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data penelitian ini diperoleh dengan cara wawancara dengan pihak kepala produksi serta dengan karyawan, dan selain itu pengambilan data berdasarkan historis pada perusahaan. Berikut data yang berhasil didapatkan :

1. Data jumlah produksi dari bulan Januari sampai dengan Oktober 2020
2. Data jumlah produk cacat dari bulan Januari sampai dengan Oktober 2020
3. Proses produksi Baseplate R54
4. Proporsi kesalahan operator untuk *Error Producing Conditional* (EPC's)

3.3 Pengujian Hipotesa

Dalam permasalahan yang ada pada PT SINAR SEMESTA yang khususnya ada pada bagian produksi baseplate R54 untuk pengujian hipotesanya adalah dengan cara mengidentifikasi pada semua lini kegiatan yang dilakukan oleh operator baseplate R54, kemudian menentukan faktor penyebab terjadinya human error dari kegiatan operator dan juga menghitung dengan menggunakan metode HEART setelah mengetahui outputnya, dan *output* tersebut digunakan menjadi *input* pada metode FTA. Setelah itu menghitung menggunakan metode FTA yang nantinya akan diketahui solusi dan usulan yang terbaik untuk menyelesaikan masalah tersebut.

3.4 Metode Analisis

Dari masalah yang diketahui, maka dari itu penelitian ini selanjutnya mencari penyelesaian dengan menggunakan metode *Human Error Assessment And Reduction Technique* (HEART) guna untuk mencari nilai *Human Error Probability* (HEP). Kemudian Setelah mendapatkan output dari metode HEART, maka *output* tersebut diolah menjadi *input* menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) guna untuk memperkuat hasil dari metode HEART kemudian setelah itu melihat solusi terbaik untuk permasalahan yang ada.

3.5 Pembahasan

Sesudah melakukan pengolahan data tersebut pada tahap selanjutnya melakukan pembahasan dan analisa guna untuk menjelaskan hasil dari penholahan data tersebut sehingga yang nantinya dapat ditarik kesimpulan.

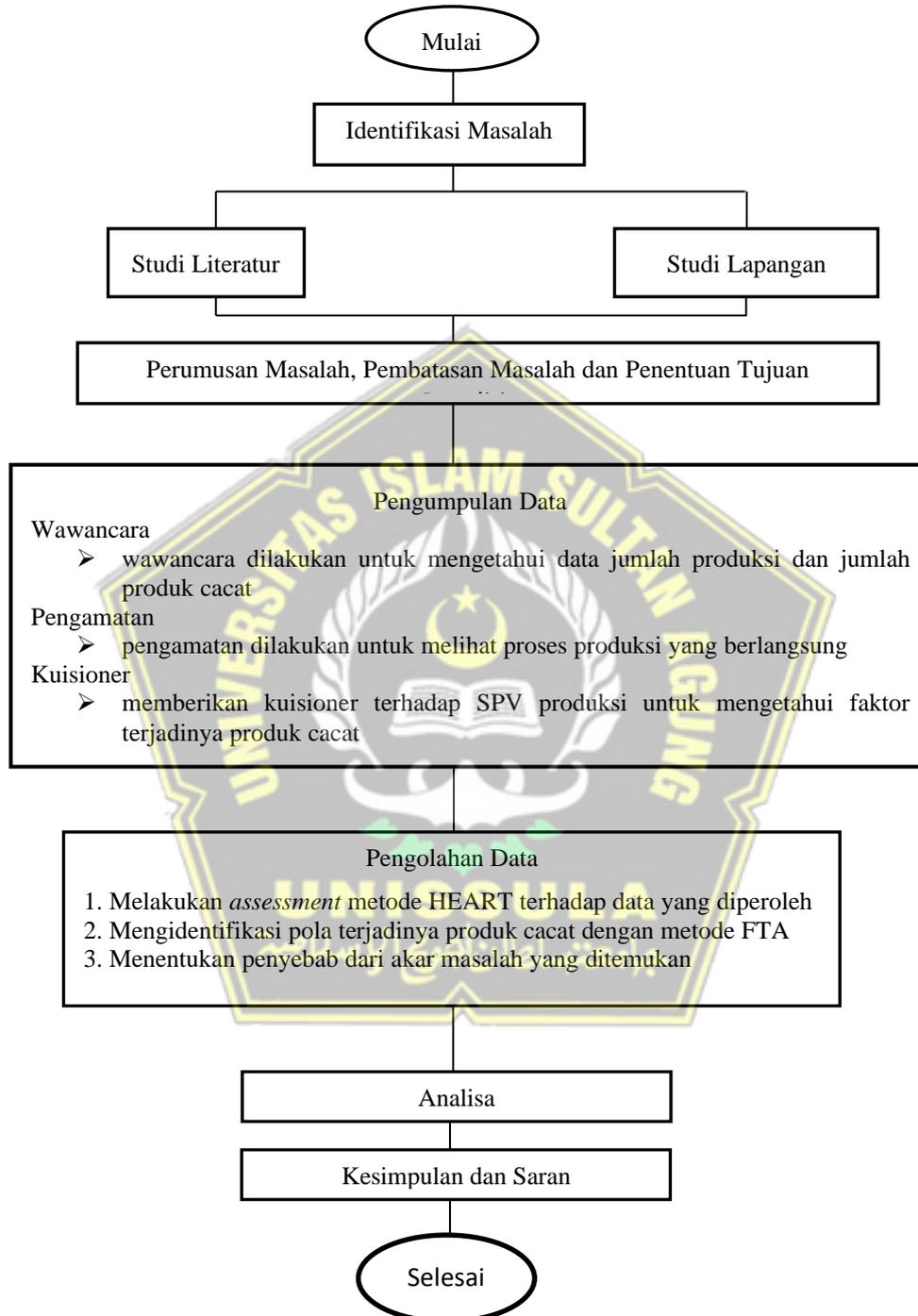
3.6 Penarikan Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengolahan data, pembahasan dan analisa tersebut yang telah dilakukan, kemudian menarik kesimpulan sebagai hasil akhir dari penelitian tersebut dan juga memberikan rekomendasi serta saran guna untuk perbaikan system kerja pada perusahaan tersebut.



3.7 Diagram Alir

Berikut merupakan diagram alir yang digunakan pada penelitian ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir

BAB IV PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

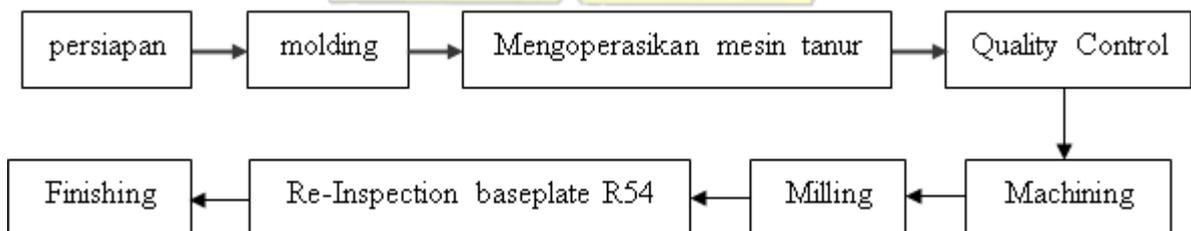
4.1 Pengumpulan Data

Berikut adalah pengumpulan data pada penelitian ini :

4.1.1 Gambaran Umum PT Sinar Semesta

Gambaran umum PT. Sinar Semesta adalah bergerak dibidang industri pengecoran logam yang berdiri pada tahun 2002 di ceper, Klaten, Jawa Tengah. Dalam pelaksanaan produksi PT. Sinar Semesta memerlukan tenaga kerja yang profesional dan dapat diandalkan. Perusahaan ini memproduksi berbagai produk yang terbuat dari besi cor misalnya Baseplate R54 atau disebut juga bantalan rel, andas baja jembatan atau *bridge bearing, jaw plate*. Produk-produk yang dibuat biasanya banyak dipesan oleh perusahaan-perusahaan swasta maupun perusahaan pemerintah. PT. Sinar Semesta didukung karyawan yang kompeten dibagian adminitrasi perkantoran untuk melancarkan proses manajemen perusahaan dan sebagai pengolah data dari konsumen maupun dari perusahaan itu sendiri. Dalam proses aktivitas administrasi dibantu dengan menggunakan komputer sebagai salah satu alat penunjang pekerjaan.

Operator memiliki tugas dan kewajiban terhadap produksi, Berikut adalah tugas tugas yang harus dilakukan oleh operator yang telah ditetapkan oleh perusahaan



4.1.2 Identifikasi Proses Produksi Baseplate R54

Setelah melakukan pengamatan operator memiliki tugas tugas yang harus dilaksanakan yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.1 Fungsi proses dalam produksi baseplate R54

| No | Kegiatan | Fungsi Proses | Keterangan |
|----|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1. | persapan | Mepersiapkan diri untuk memulai bekerja | Operator datang langsung meletakkan tas dan memakai pakaian APD |
| A | Meletakkan tas | Agar tidak mengganggu saat pekerjaan | |
| B | Memakai APD | Untuk melindungi diri dari kecelakaan kerja | |
| 2. | <i>Molding</i> | Mebuat cetakan | Proses produksi untuk membuat bahan mentah menjadi cetakan |
| A | Menyiapkan bahan pembuatan cetakan | Untuk menyiapkan pembuatan cetakan | |
| 1) | Menuangkan pasir silika | Untuk tahapan pembuatan adonan cetakan | |
| 2) | Menuangkan air tetes tebu | Untuk membuat adonan cetakan lebih menyatu | |
| 3) | Mengaduk bahan | Untuk meratakan adonan | |
| B | Proses pembuatan cetakan | Untuk membuat cetakan | |
| 1) | Menaburi kapur halus dipermukaan cetakan | Agar permukaan cetakan tvdak menempel dicetakan | |
| 2) | Menuangkan adonan pasir silika kecetakan | Untuk membuat cetakan | |
| 3) | Mengepres pasir kecetakan | Agar cetakan padat | |
| 4) | Membuka dan diamkan cetakan | Menandakan bahwa proses pembuatan cetakan sudah selesai dan menunggu proses selanjutnya | |
| 3. | Mengoperasikan mesin Tanur | Untuk melebur besi | Proses untuk mengoperasikan mesin pelebur besi |
| A | Menekan tombol <i>swich on</i> | Untuk menghidupkan mesin tanur | |
| B | Memanaskan mesin tanur | Untuk membuat suhu didalam tanur sesuai yang diinginkan | |
| C | Melebur besi | Untuk melebur besi | |
| D | Menuangkan besi kedalam cetakan | Untuk menuangkan leburan besi ke cetakan | |
| E | Membongkar cetakan | Untuk membuka benda kerja | |

| | | | |
|----|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. | <i>Quality Control</i> | Untuk mengecek bahwa benda tidak memiliki kecacatan | Proses pengecekan barang yang dapat memenuhi standar untuk melanjutkan ke tahap selanjutnya |
| 5. | <i>Machining</i> | Sebuah operasi yang menggunakan peralatan pemesian | Proses pengoperasian peralatan permesinan untuk menghilangkan serpihan kecil pada bahan material |
| A | Gerinda | Untuk menghaluskan atau meratakan benda kerja | |
| 1) | Menghidupkan mesin gerinda | Untuk menyalakan mesin | |
| 2) | Menghaluskan dan meratakan baseplate R54 | Untuk mengetahui benda kerja agar yang cacat dan menghaluskan permukaan | |
| B | Las | Proses pengelasan dilakukan dengan melakukan penutupan yang cacat | |
| 1) | Menghidupkan mesin las | Untuk menyalakan mesin las | |
| 2) | Menutup pori pori permukaan baseplate yang kurang sempurna | Untuk menutupi proses yang cacat | |
| 6. | <i>Milling</i> | Untuk menghasilkan benda kerja yang rata | |
| A | Memasang baseplate R54 ke <i>frame</i> | Untuk menjepit benda kerja | |
| B | Mengencangkan <i>frame</i> | Untuk menahan benda kerja | |
| C | Setting mata pahat ke titik nol | Untuk mengetahui mata pahat pada titik nol atau yang ditentukan | |
| D | Menghidupkan mesin | Untuk menyalakan mesin | |
| E | Diamkan dan buka kembali mesin milling | Menandakan bahwa proses tersebut telah selesai | |
| 7. | <i>Re-inspection</i> Baseplate R54 | Proses pengecekan ulang untuk memastikan benda tidak ada yang cacat | Pengecekan Kembali untuk tahap akhir sebelum didistribusikan |
| 8. | <i>Finishing</i> | untuk memberikan nilai tambah pada produk tersebut | Proses pewarnaan dan pengemasan benda |
| A | Pengecatan Baseplate R54 | Untuk memberikan nilai tambah pada benda | |
| B | Packing Baseplate R54 | Untuk melindungi dari gesekan antar benda | |

4.1.3 Identifikasi Jenis Cacat Pada Baseplate R54

Baseplate R54 atau disebut juga bantalan pada rel kereta api merupakan landasan tempat rel kereta bertumpu. Biasanya bantalan ini di ikat oleh penambat rel agar saat dilewati kereta tidak goyah dan lepas. Bantalan pada rel kereta api merupakan landasan tempat rel kereta bertumpu. Biasanya bantalan ini diikat oleh penambat rel agar saat dilewati kereta tidak goyah dan lepas. Berikut ini berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan terdapat beberapa jenis kecacatan yang timbul pada baseplate R54 :



Gambar 4.1 Cacat Baseplate R54



Gambar 4.2 Cacat Baseplate R54

4.2 Pengolahan Data

Berikut ini adalah pengolahan data yang digunakan pada penelitian ini :

4.2.1 *Hierarchy Task Analysis* (HTA) Pada Proses Produksi Baseplate R54

Berdasarkan pengamatan data pada bagian produksi baseplate R54 diketahui bahwa prosentase produk cacat melebihi dari batas yang ditentukan, hal ini dikarenakan adanya beberapa *waste* yang ditemukan, hal ini menyebabkan adanya pekerjaan ulang sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama, berdasarkan wawancara dengan kepala bagian produksi hal yang menyebabkan terjadinya produk cacat dikarenakan faktor manusia (operator) itu sendiri dan juga disebabkan oleh faktor mesin dengan perbandingan manusia 60% dan mesin 40%. Dimana operator memiliki tugas penuh dalam mengoperasikan mesin. Oleh karena itu untuk mengidentifikasi yang disebabkan oleh operator diperlukan *Hierarchical Task Analysis* berdasarkan kegiatan operator. Berikut ini adalah tabel *Hierarchical Task Analysis* :

Tabel 4.2 HTA Proses Produksi Baseplate R54

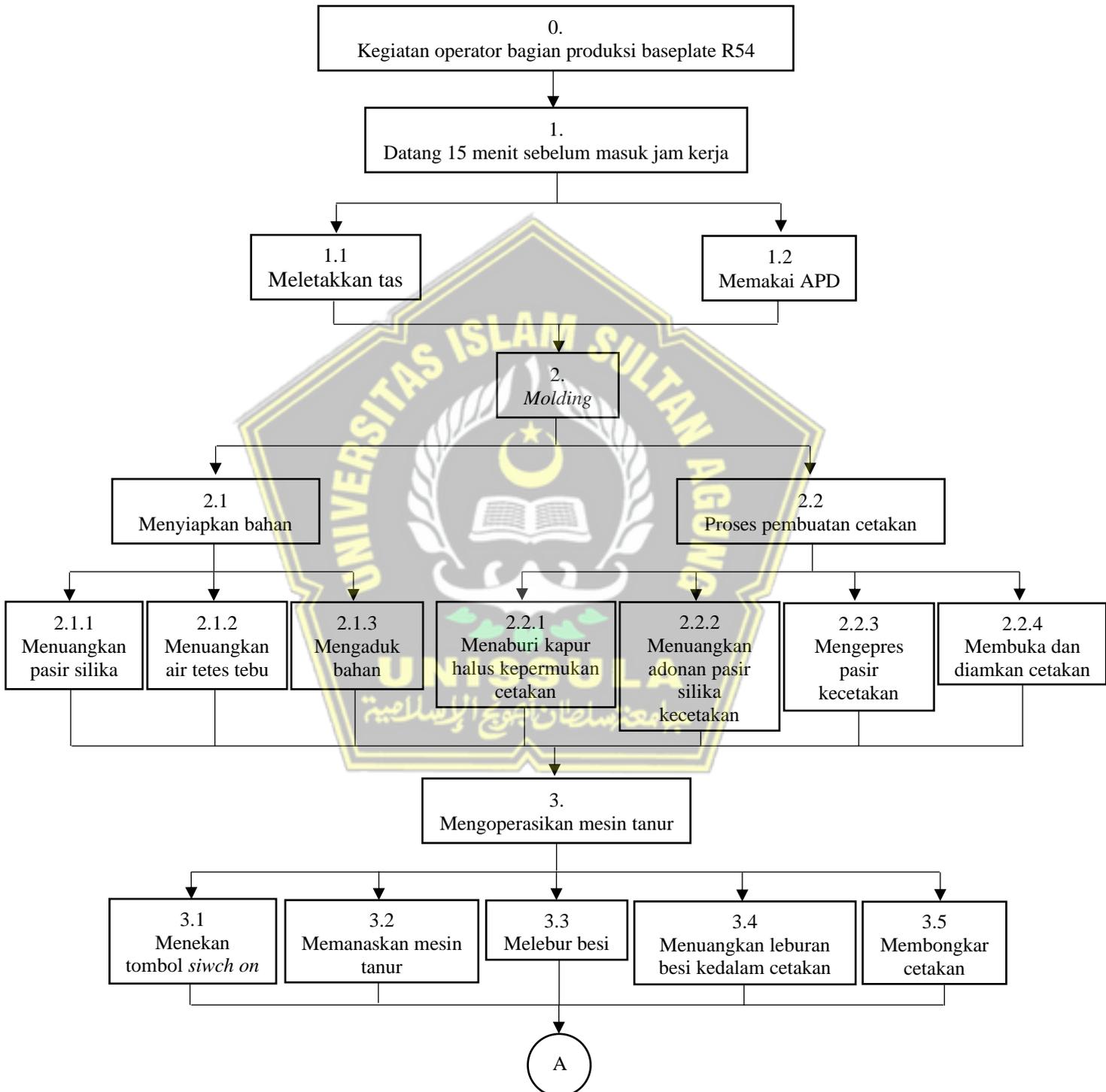
- | | |
|-------|----------------------------------------------------|
| 0. | Kegiatan operator dibagian produksi Baseplate R54. |
| 1. | Datang 15 menit sebelum masuk jam kerja. |
| 1.1 | Meletakkan tas |
| 1.2 | Memakai APD |
| 2. | <i>Molding</i> |
| 2.1 | Menyiapkan bahan pembuatan cetakan |
| 2.1.1 | Menuangkan pasir silika |
| 2.1.2 | Menuangkan air tetes tebu |
| 2.1.3 | Mengaduk bahan |
| 2.2 | Proses pembuatan cetakan |
| 2.2.1 | Menaburi kapur halus dipermukaan cetakan |
| 2.2.2 | Menuangkan adonan pasir silika kecetakan |
| 2.2.3 | Mengepres pasir kecetakan |
| 2.2.4 | Membuka dan diamkan cetakan |
| 3. | Mengoperasikan mesin tanur |
| 3.1 | Menekan tombol <i>swich on</i> |

Tabel 4.2 Lanjutan HTA Proses Produksi Baseplate R54

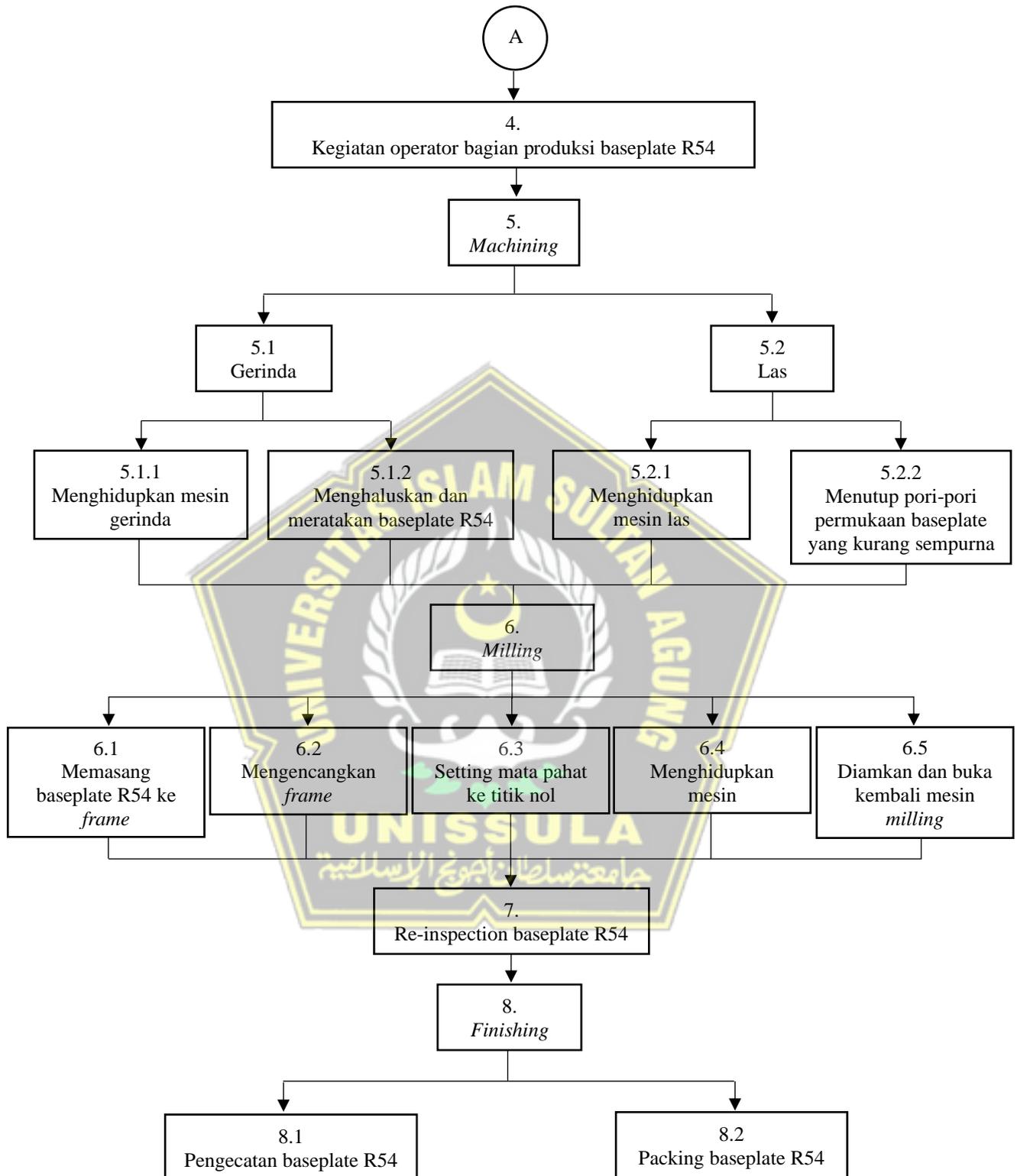
| | |
|-------|------------------------------------------------------------|
| 3.2 | Memanaskan mesin tanur |
| 3.3 | Melebur besi |
| 3.4 | Menuangkan besi kedalam cetakan |
| 3.5 | Membongkar cetakan |
| 4. | <i>Quality Control</i> |
| 5. | <i>Machining</i> |
| 5.1 | Gerinda |
| 5.1.1 | Menghidupkan mesin gerinda |
| 5.1.2 | Menghaluskan dan meratakan baseplate R54 |
| 5.2 | Las |
| 5.2.1 | Menghidupkan mesin las |
| 5.2.2 | Menutup pori pori permukaan baseplate yang kurang sempurna |
| 6. | <i>Milling</i> |
| 6.1 | Memasang baseplate R54 ke <i>frame</i> |
| 6.2 | Mengencangkan <i>frame</i> |
| 6.3 | Setting mata pahat ke titik nol |
| 6.4 | Menghidupkan mesin |
| 6.5 | Diamkan dan buka kembali mesin milling |
| 7. | <i>Re-inspection</i> Baseplate R54 |
| 8. | <i>Finishing</i> |
| 8.1 | Pengecatan Baseplate R54 |
| 8.2 | Packing Baseplate R54 |

4.2.2 Hierarchy Task Analysis (HTA)

Pada proses penyusunan HTA menggunakan struktur pohon, dimana struktur pohon dipakai untuk mengidentifikasi aktifitas dominan yang melibatkan operator



Gambar 4.3 Struktur pohon HTA proses produksi Baseplate R54



4.2.3 Human Error Assesment Reduction Technique (HEART) dan Falt Tree Analysis (FTA)

Dikarenakan pada proses produksi lebih dominan aktivitas manual dibandingkan aktivitas mesin dimana hal tersebut sangat berkaitan dengan operator maka hal tersebut dapat dikatakan bahwa akar penyebab dari kecacatan produk yang ada disebabkan oleh *human error*, dilihat dari penjelasan serta pengolahan produksi diatas. Maka perlu diadakan penilaian terhadap operator secara mendalam agar mengetahui akar dari penyebabnya dengan menggunakan metode *Human Error Assesment Reduction Technique* (HEART) dan *Fault Tree Analysis* (FTA).

Pada tahap pertama dari metode HEART yaitu dengan mengklasifikasikan tugas operator kedalam 8 pilihan jenis tugas umum yang berbeda (*Generic Task Types / GTTS*).

Tabel 4.3 Klasifikasi Tugas Operator Dalam GTTs (*Generic Task Types*)

| No | Task | Sub Task | Step Task | Kategori Task | Keterangan |
|----|-----------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------|
| 1. | Datang 15 menit sebelum masuk jam kerja | 1.1 Meletakkan | | | Tidak termasuk dalam kegiatan kritis |
| | | 1.2 Memakai APD | | | Tidak termasuk dalam kegiatan kritis |
| 2. | <i>Molding</i> | 2.1 Menyiapkan bahan | 2.1.1 Menuangkan pasir silika | E | Operasi Rutin, Sering Dilakukan, Sudah Terlatih |
| | | | 2.1.2 Menuangkan air tetes tebu | E | Operasi Rutin, Sering Dilakukan, Sudah Terlatih |
| | | | 2.1.3 Mengaduk bahan | D | Operasi Yang Mudah, Bisa Diandalkan Keberhasilannya |
| | | 2.2 Proses pembuatan cetakan | 2.2.1 Menaburi kapur halus kepermukaan cetakan | D | Operasi Yang Mudah, Bisa Diandalkan Keberhasilannya |
| | | | 2.2.2 menuangkan | E | Operasi Rutin, Sering Dilakukan, Sudah Terlatih |

| | | | | | |
|----|----------------------------|-------------------------------------|------------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------|
| | | | adonan pasir silika kecatan | | |
| | | | 2.2.3 Mengepres pasir kecatan | C | Operasi Yang Kompleks, Membutuhkan Skills Yang Tinggi |
| | | | 2.2.4 Membuka dan diamkan cetakan | - | Tidak termasuk dalam kegiatan kritis |
| 3. | Mengoperasikan mesin tanur | 3.1 Menekan <i>tombol swich on</i> | | - | Tidak termasuk dalam kegiatan kritis |
| | | 3.2 Memanaskan mesin tanur | | E | Operasi Rutin, Sering Dilakukan, Sudah Terlatih |
| | | 3.3 Melebur besi | | C | Operasi Yang Kompleks, Membutuhkan Skills Yang Tinggi |
| | | 3.4 Menuangkan leburan besi kecatan | | C | Operasi Yang Kompleks, Membutuhkan Skills Yang Tinggi |
| | | 3.5 Membongkar cetakan | | D | Operasi Yang Mudah, Bisa Diandalkan Keberhasilannya |
| 4. | <i>Quality Control</i> | جامعنا سلطان أبوبوع الإسلامية | | - | Tidak termasuk dalam kegiatan kritis |
| 5. | <i>Machining</i> | 5.1 Gerinda | 5.1.1 Menghidupkan mesin gerinda | - | Tidak termasuk dalam kegiatan kritis |
| | | | 5.1.2 Menghaluskan dan meratakan Baseplate R54 | C | Operasi Yang Kompleks, Membutuhkan Skills Yang Tinggi |
| | | 5.2 Las | 5.2.1 Menghidupkan mesin las | - | Tidak termasuk dalam kegiatan kritis |

| | | | | | |
|----|---------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | 5.2.2 Menutup pori pori permukaan baseplate R54 yang kurang sempurna | C | Operasi Yang Kompleks, Membutuhkan Skills Yang Tinggi |
| 6. | <i>Milling</i> | 5.1 Memasang baseplate R54 ke <i>frame</i> | | C | Operasi Yang Kompleks, Membutuhkan Skills Yang Tinggi |
| | | 5.2 Mengencangkan <i>frame</i> | | C | Operasi Yang Kompleks, Membutuhkan Skills Yang Tinggi |
| | | 5.3 <i>Setting</i> mata pahat ketitik nol | | G | Operasi yang sudah dikenal, sering dikerjakan, sudah ada standarnya, sangat terlatih, dilakukan oleh orang pengalaman, mengetahui kesalahan yang terjadi dengan terjadinya waktu untuk koreksi tanpa bantuan operator khusus |
| | | 5.4 Menghidupkan mesin | | - | Tidak termasuk dalam kegiatan kritis |
| | | 5.5 Diamkan dan buka kembali mesin milling | | - | Tidak termasuk dalam kegiatan kritis |
| 7 | <i>Re-Inspection</i> Baseplate R54 | | | - | Tidak termasuk dalam kegiatan kritis |
| 8 | <i>Finishing</i> | 8.1 Pengecatan Baseplate R54 | | - | Tidak termasuk dalam kegiatan kritis |
| | | 8.2 Packing Baseplate R54 | | - | Tidak termasuk dalam kegiatan kritis |

Tabel diatas terdapat beberapa sub task yang berpotensi *human error*. Sub task ini dilakukan analisa dan perhitungan nilai *Human Error Probability* (HEP) dengan melakukan penentuan nilai *Error Producing Conditions* (EPCs) dan *Assess Proportion of Affect* (APoA) dahulu yang ditentukan berdasarkan tabel 2.3 *Error Producing Conditions* (EPCs) HEART dan tabel 2.4 APoA. Penelitian ini dilakukan oleh kepala produksi baseplate R54 yaitu bapak fadli, hasil perhitungan dan analisa nilai *Human Error Probability* (HEP) ini dibuat FTA untuk mengidentifikasi akar masalah. Berikut pengolahan data reliabilitas operator dengan metode HEART dan FTA pada setiap tugas yang diukur.

4.2.3.1 Reliabilitas Operator Pada Proses *Molding*

Berikut ini adalah pengolahan reliabilitas operator pada proses *molding*

Tabel 4.4 Pengolahan Reliabilitas Operator pada Proses *Molding*

| Proses : Molding | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------|-------------|-------------|-----------|-----|------|-----|------|------|------------|
| Kegiatan : 2.1 Menyiapkan Bahan | | | | | | | | | |
| Task Step | Nilai GTTs | Calculation | | | | | | | HEP |
| Task 2.1.1 Menuangkan pasir silika | E (0,02) | EPC | No. EPC | 6 | 13 | 17 | 23 | 29 | 0,32870912 |
| | | | Nilai EPC | 8 | 4 | 3 | 1.6 | 1.3 | |
| | | APoA | | 0,4 | 0,2 | 0,5 | 0,4 | 0,3 | |
| | | EPCs | | 3,8 | 1,6 | 2 | 1,24 | 1,09 | |
| Task 2.1.2 Menuangkan air tetes tebu | E (0,02) | EPC | No. EPC | 6 | 11 | 16 | 28 | 32 | 0,1254656 |
| | | | Nilai EPC | 8 | 5.5 | 3 | 1.4 | 1.2 | |
| | | APoA | | 0,2 | 0,5 | 0,3 | 0,4 | 0,2 | |
| | | EPCs | | 1 | 3,25 | 1,6 | 1,16 | 1,04 | |
| Task 2.1.3 Mengaduk bahan | D (0,09) | EPC | No. EPC | 6 | 13 | 17 | 20 | 31 | 1,674432 |
| | | | Nilai EPC | 8 | 4 | 3 | 2 | 1,2 | |
| | | APoA | | 0,4 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,1 | |

| | | EPCs | 3,8 | 1,6 | 2 | 1,5 | 1,02 | | |
|--------------------------------------------------------------|-------------|------|-----------|-----|-----|-----|------|------|-------------|
| Kegiatan 2.2 : Proses pembuatan cetakan | | | | | | | | | |
| Task 2.2.1 Menaburi kapur halus permukaan cetakan | D (0,09) | EPC | No. EPC | 6 | 10 | 21 | 25 | 32 | 1,03379328 |
| | | | Nilai EPC | 8 | 6 | 2 | 1,6 | 1,2 | |
| | | APoA | | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | |
| | | EPCs | | 2,4 | 3 | 1,3 | 1,18 | 1,04 | |
| Task 2.2.2 Menuangkan adonan pasir silika kedalam kecatan | E (0,02) | EPC | No. EPC | 6 | 13 | 17 | 24 | 31 | 0,278079744 |
| | | | Nilai EPC | 8 | 4 | 3 | 1,6 | 1,2 | |
| | | APoA | | 0,4 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,1 | |
| | | EPCs | | 3,8 | 1,9 | 1,6 | 1,18 | 1,02 | |
| Task 2.2.3 Mengepres pasir kecatan | C (0,16) | EPC | No. EPC | 2 | 6 | 13 | 23 | 31 | 5.326992 |
| | | | Nilai EPC | 11 | 8 | 4 | 1,6 | 1,2 | |
| | | APoA | | 0,2 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | |
| | | EPCs | | 3 | 4,5 | 1,9 | 1,18 | 1,1 | |

➤ **Perhitungan Nilai HEP Pada Proses Molding**

Tabel 4.5 EPC Terbilang

| Error Producing Cpndition | | Nilai EPC |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2 | Waktu yang singkat untuk mendeteksi kegagalan dan Tindakan koreksi | 11 |
| 6 | Ketidak sesuaian antara SOP dan kenyataan lapangan | 8 |
| 10 | Kebutuhan untuk mentransfer pengetahuan yang spesifik dari kegiatan kegiatan tanpa halangan | 6 |
| 11 | Ambiguitas dalam memerlukan performa standar | 5,5 |
| 13 | Ketidak sesuaian antara perasaan dan resiko sebenarnya | 4 |
| 16 | Kualitas informasi yang tidak baik dalam menyampaikan prosedur dan interaksi orang per orang | 3 |
| 17 | Sedikit atau tidak ada pengecekan independent atau percobaan pada hasil | 3 |

| | | |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 20 | Ketidak sesuaian antara level edukasi yang telah dimiliki oleh individu dengan kebutuhan pekerja | 2 |
| 21 | Adanya dorongan untuk menggunakan prosedur yang berbahaya | 2 |
| 23 | Alat yang tidak dapat diandalkan | 1,6 |
| 24 | Kebutuhan untuk membuat suatu keputusan yang diluar kapasitas atau pengalaman dari operator | 1,6 |
| 25 | Alokasi fungsi dan tanggung jawab yang tidak jelas | 1,6 |
| 28 | Sedikit atau tidak adanya hakiki hari dari aktivitas | 1,4 |
| 29 | Level emosi yang tinggi | 1,3 |
| 31 | Tingkat kedisiplinan yang rendah | 1,2 |
| 32 | Ketidak konsistenan dari tampilan atau prosedur | 1,2 |

1. Perhitungan Task 2.1.1

- d. Perhitungan efek *error* pada task 2.1.1 menuangkan pasir silika berdasarkan proporsi EPCs dengan rumus :

$$EPCs^n = ((EPCs - 1) \times PoA + 1)$$

$$n = 5$$

Berikut ini adalah perhitungan efek *error* berdasarkan EPCs tersebut :

- $EPCs^1 = ((8 - 1) \times 0,4 + 1) = 3,8$
- $EPCs^2 = ((4 - 1) \times 0,2 + 1) = 1,6$
- $EPCs^3 = ((3 - 1) \times 0,5 + 1) = 2$
- $EPCs^4 = ((1,6 - 1) \times 0,4 + 1) = 1,24$
- $EPCs^5 = ((1,3 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,09$

- e. Perhitungan probabilitas kesalahan manusia atau *human error* probability (HEP) dengan rumus :

$$HEP = GC \times EPCs^1 \times EPCs^2 \times EPCs^3 \times \dots \times dst$$

$$\begin{aligned} HEP &= 0,02 \times 3,8 \times 1,6 \times 2 \times 1,24 \times 1,09 \\ &= 0,32870912 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa peluang atau kemungkinan terjadinya *error* dalam task 2.1.1 yang memperlihatkan kesalahan dalam proses menuangkan pasir silika sebesar 0,32870912.

2. Perhitungan Task 2.1.2

- a. Perhitungan efek *error* pada task 2.1.2 menuangkan air tetes tebu berdasarkan proporsi EPCs dengan rumus :

$$\text{EPCs}^n = ((\text{EPCs} - 1) \times \text{PoA} + 1)$$

$$n = 5$$

Berikut ini adalah perhitungan efek *error* berdasarkan EPCs tersebut :

- $\text{EPCs}^1 = ((6 - 1) \times 0,2 + 1) = 1$
- $\text{EPCs}^2 = ((5,5 - 1) \times 0,5 + 1) = 3,25$
- $\text{EPCs}^3 = ((3 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,6$
- $\text{EPCs}^4 = ((1,4 - 1) \times 0,4 + 1) = 1,16$
- $\text{EPCs}^5 = ((1,2 - 1) \times 0,2 + 1) = 1,04$

- b. Perhitungan probabilitas kesalahan manusia atau *human error* probability (HEP) dengan rumus :

$$\text{HEP} = \text{GC} \times \text{EPCs}^1 \times \text{EPCs}^2 \times \text{EPCs}^3 \times \dots \text{dst}$$

$$\begin{aligned} \text{HEP} &= 0,02 \times 1 \times 3,25 \times 1,6 \times 1,16 \times 1,04 \\ &= 0,1254656 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa peluang atau kemungkinan terjadinya *error* dalam task 2.1.2 yang memperlihatkan kesalahan dalam proses menuangkan air tetes tebu sebesar 0,1254656.

3. Perhitungan 2.1.3

- a. Perhitungan efek *error* pada task 2.1.3 mengaduk bahan berdasarkan proporsi EPCs dengan rumus :

$$\text{EPCs}^n = ((\text{EPCs} - 1) \times \text{PoA} + 1)$$

$$n = 5$$

Berikut ini adalah perhitungan efek *error* berdasarkan EPCs tersebut :

- $\text{EPCs}^1 = ((8 - 1) \times 0,4 + 1) = 3,8$
- $\text{EPCs}^2 = ((4 - 1) \times 0,2 + 1) = 1,6$
- $\text{EPCs}^3 = ((3 - 1) \times 0,5 + 1) = 2$
- $\text{EPCs}^4 = ((2 - 1) \times 0,5 + 1) = 1,5$

- $EPCs^5 = ((1,2 - 1) \times 0,1 + 1) = 1,02$

- b. Perhitungan probabilitas kesalahan manusia atau *human error* probability (HEP) dengan rumus :

$$\text{HEP} = GC \times EPCs^1 \times EPCs^2 \times EPCs^3 \times \dots \text{dst}$$

$$\begin{aligned} \text{HEP} &= 0,09 \times 3,8 \times 1,6 \times 2 \times 1,5 \times 1,02 \\ &= 1,674432 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa peluang atau kemungkinan terjadinya *error* dalam task 2.1.3 yang memperlihatkan kesalahan dalam proses mengaduk bahan sebesar 1,674432.

4. Perhitungan Task 2.2.1

- a. Perhitungan efek *error* pada task 2.2.1 menaburi kapur kepermukaan cetakan berdasarkan proporsi EPCs dengan rumus :

$$EPCs^n = ((EPCs - 1) \times PoA + 1)$$

$$n = 5$$

Berikut ini adalah perhitungan efek *error* berdasarkan EPCs tersebut :

- $EPCs^1 = ((8 - 1) \times 0,2 + 1) = 2,4$
- $EPCs^2 = ((6 - 1) \times 0,4 + 1) = 3$
- $EPCs^3 = ((2 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,3$
- $EPCs^4 = ((1,6 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,18$
- $EPCs^5 = ((1,2 - 1) \times 0,2 + 1) = 1,04$

- b. Perhitungan probabilitas kesalahan manusia atau *human error* probability (HEP) dengan rumus :

$$\text{HEP} = GC \times EPCs^1 \times EPCs^2 \times EPCs^3 \times \dots \text{dst}$$

$$\begin{aligned} \text{HEP} &= 0,09 \times 2,4 \times 3 \times 1,3 \times 1,18 \times 1,04 \\ &= 1,03379328 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa peluang atau kemungkinan terjadinya *error* dalam task 2.2.1 yang memperlihatkan kesalahan dalam proses menaburi kapur kepermukaan cetakan sebesar 1,03379328.

5. Perhitungan Task 2.2.2

- a. Perhitungan efek *error* pada task 2.2.2 menuangkan adonan pasir silika kedalam cetakan berdasarkan proporsi EPCs dengan rumus :

$$\mathbf{EPCs^n = ((EPCs - 1) \times PoA + 1)}$$

$$n = 5$$

Berikut ini adalah perhitungan efek *error* berdasarkan EPCs tersebut :

- $EPCs^1 = ((8 - 1) \times 0,4 + 1) = 3,8$
- $EPCs^2 = ((4 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,9$
- $EPCs^3 = ((3 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,6$
- $EPCs^4 = ((1,6 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,18$
- $EPCs^5 = ((1,2 - 1) \times 0,1 + 1) = 1,02$

- b. Perhitungan probabilitas kesalahan manusia atau *human error* probability (HEP) dengan rumus :

$$\mathbf{HEP = GC \times EPCs^1 \times EPCs^2 \times EPCs^3 \times \dots \times dst}$$

$$\begin{aligned} HEP &= 0,02 \times 3,8 \times 1,9 \times 1,6 \times 1,18 \times 1,02 \\ &= 0,278079744 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa peluang atau kemungkinan terjadinya *error* dalam task 2.2.2 yang memperlihatkan kesalahan dalam proses menuangkan adonan pasir silika kedalam cetakan sebesar 0.278079744

6. Perhitungan 2.2.3

- a. Perhitungan efek *error* pada task 2.2.3 mengepres pasir kecetakan berdasarkan proporsi EPCs dengan rumus :

$$\mathbf{EPCs^n = ((EPCs - 1) \times PoA + 1)}$$

$$n = 5$$

Berikut ini adalah perhitungan efek *error* berdasarkan EPCs tersebut :

- $EPCs^1 = ((11 - 1) \times 0,2 + 1) = 3$
- $EPCs^2 = ((8 - 1) \times 0,5 + 1) = 4,5$
- $EPCs^3 = ((4 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,9$

- $EPCs^4 = ((1,6 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,18$
- $EPCs^5 = ((1,2 - 1) \times 0,5 + 1) = 1,1$

b. Perhitungan probabilitas kesalahan manusia atau *human error* probability (HEP) dengan rumus :

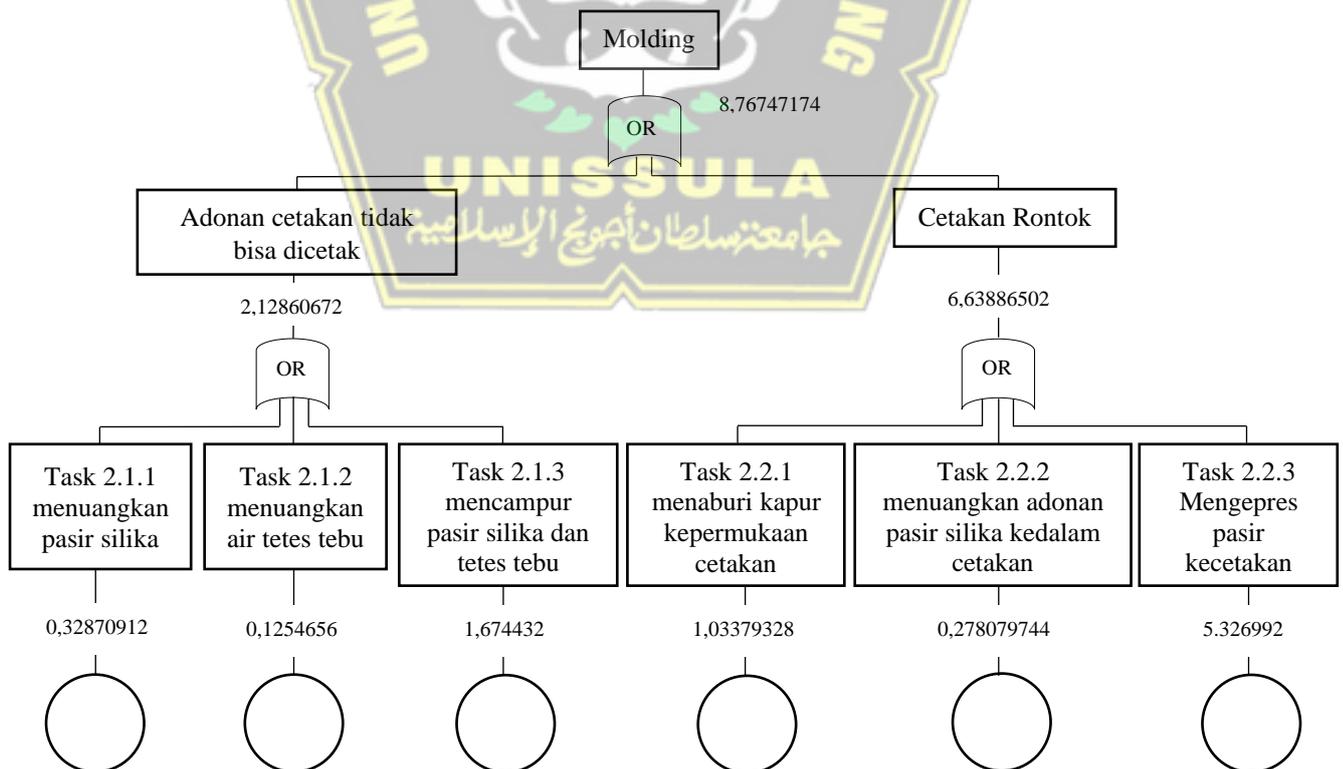
$$HEP = GC \times EPCs^1 \times EPCs^2 \times EPCs^3 \times \dots \times dst$$

$$HEP = 0,16 \times 3 \times 4,5 \times 1,9 \times 1,18 \times 1,1 = 5.326992$$

Dati perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa peluang atau kemungkinan terjadinya *error* kedalam task 2.2.3 yang memperlihatkan kesalahan dalam proses mengepres pasir kecetakan sebesar 5,326992.

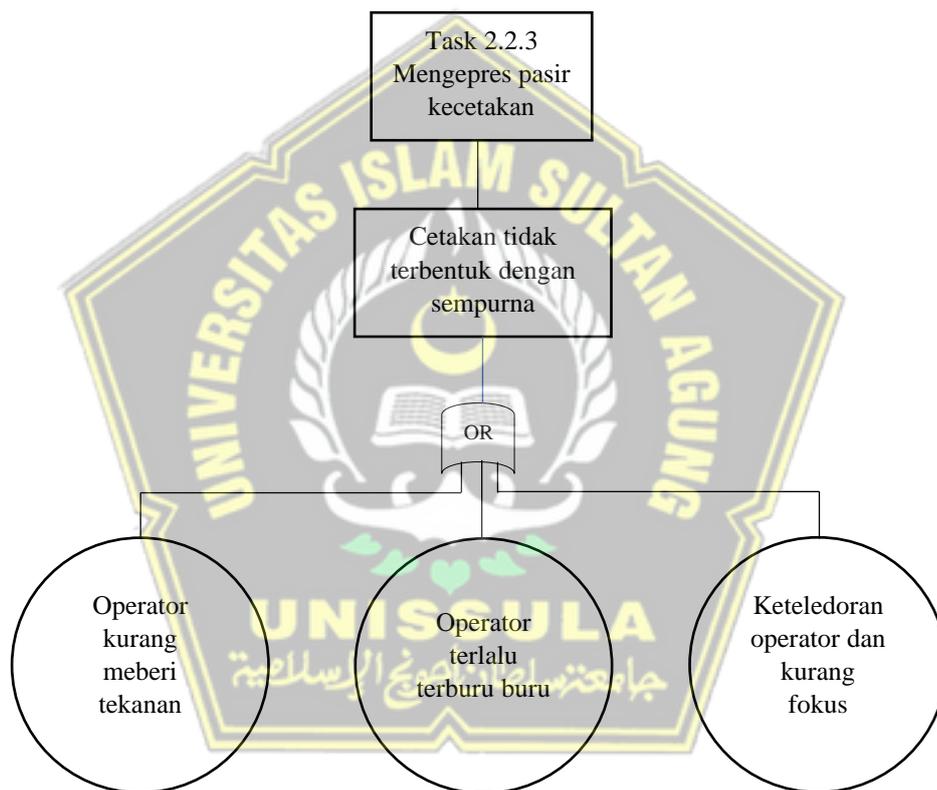
➤ **Fault Tree Analysis**

FTA berikut merupakan gambaran mengenai pola kegagalan atau terjadinya cacat produk yang disebabkan oleh *human error*. Analisis menggunakan metode heart untuk mengukur kemungkinan terjadinya kegagalan dalam cacat produk. Berikut merupakan fta kegagalan yang terjadi dikarenakan *human error* pada proses *molding* :



Gambar 4.4 FTA Probabilitas Proses Molding

FTA dibentuk dengan kombinasi HTA yang memperlihatkan letak kegiatan yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan. Pohon faktor diatas menunjukan kemungkinan produk cacat dalam proses *molding* sebesar 8,76747174. Pada proses ini menyebabkan jenis cacat yaitu adonan cetakan tidak bisa dicetak dan cetakan rontok dengan nilai probabilitas sebesar 2,12860672 dan 6,63886502, untuk basic terbesar terjadi pada task 2.2.3. Yaitu kesalahan dalam mengepres pasir kecetakan dengan HEP sebesar 5,326992 selanjutnya penyebab menurut akar masalah tersebut diidentifikasi Kembali menggunakan FTA seperti berikut



Gambar 4.5 Akar Masalah dari nilai HEP Terbesar

4.2.3.2 Reliabilitas Operator Pada Proses Mengoperasikan Mesin Tanur

Berikut ini adalah pengolahan reliabilitas operator pada proses mengoperasikan mesin tanur :

Tabel 4.6 Pengolahan Reliabilitas Operator pada Proses Mengoperasikan Mesin Tanur

| Proses : 3. Mengoperasikan mesin tanur | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------------|-------------|-------------|--------------|-----|------|------|-------|------|--------------|
| Task Step | Nilai GTTs | Calculation | | | | | | | HEP |
| Task 3.2 Memanaskan mesin tanur | E (0,02) | EPC | No. EPC | 4 | 6 | 13 | 14 | 21 | 0,9426432 |
| | | | Nilai EPC | 9 | 8 | 4 | 4 | 2 | |
| | | APoA | 0,3 | 0,4 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | | |
| | | EPCs | 3,4 | 3,8 | 1,6 | 1,9 | 1,2 | | |
| Task 3.3 Melebur besi | C (0,16) | EPC | No. EPC | 2 | 9 | 16 | 18 | 25 | 4,80816 |
| | | | Nilai EPC | 11 | 6 | 3 | 2,5 | 1,6 | |
| | | APoA | 0,2 | 0,4 | 0,4 | 0,5 | 0,1 | | |
| | | EPCs | 3 | 3 | 1,8 | 1,75 | 1,06 | | |
| Task 3.4 Menuangkan leburan besi kecetakan | C (0,16) | EPC | No. EPC | 2 | 6 | 15 | 23 | 27 | 7,999488 |
| | | | Nilai EPC | 11 | 8 | 3 | 1,6 | 1,4 | |
| | | APoA | 0,4 | 0,5 | 0,3 | 0,4 | 0,3 | | |
| | | EPCs | 5 | 4,5 | 1,6 | 1,24 | 1,12 | | |
| Task 3.5 Membongkar cetakan | D (0,09) | EPC | No. EPC | 6 | 13 | 22 | 29 | 37 | 1,0643390208 |
| | | | Nilai EPC | 8 | 4 | 1,8 | 1,3 | 1,03 | |
| | | APoA | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | | |
| | | EPCs | 3,1 | 1,6 | 1,24 | 1,9 | 1,012 | | |

➤ **Perhitungan Nilai HEP Pada Proses Mengoperasikan Mesin Tanur**

Tabel 4.7 EPC Terpilih

| | Error Producing Cpndition | Nilai EPC |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2 | Waktu singkat untuk mendeteksi kegagalan dan Tindakan koreksi | 11 |
| 4 | Penolakan informasi yang sangat mudah untuk diakses | 9 |
| 6 | Ketidak sesuaian antara SOP dan kenyataan lapangan | 8 |
| 9 | Sebuah kebutuhan untuk tidak mempelajari sebuah teknik dan melaksanakan sebuah kegiatan yang diinginkan dari filosofi yang berlawanan | 6 |
| 13 | Ketidak sesuaian antara perasaan dan resiko sebenarnya | 4 |
| 14 | Ketidak jelasan konfirmasi yang langsung tepat pada waktunya dari aksi yang diharapkan pada suatu system dimana pengetahuan digunakan | 4 |
| 15 | Operator yang tidak berpengalaman (seperti: baru memenuhi kualifikasi namun tidak expert) | 3 |
| 16 | Kualitas informasi yang tidak baik dalam menyampaikan prosedur dan interaksi orang per orang | 3 |
| 18 | Adanya konflik antara tujuan jangka pendek dan jangka panjang | 2,5 |
| 21 | Adanya dorongan untuk menggunakan prosedur yang berbahaya | 2 |
| 22 | Sedikit kesempatan untuk melatih pikiran dan tubuh diluar jam kerja | 1,8 |
| 23 | Alat yang tidak dapat diandalkan | 1,6 |
| 25 | Alokasi fungsi dan tanggung jawab yang tidak jelas | 1,6 |
| 27 | Adanya bahaya dari keterbatasan kemampuan fisik | 1,4 |
| 29 | Level emosi yang tinggi | 1,3 |
| 37 | Penambahan anggota tim yang sebenarnya tidak dibutuhkan | 1,03 |

1. Perhitungan Task 3.2

- a. Perhitungan efek *error* pada task 3.2 memanaskan mesin tanur berdasarkan proporsi EPCs dengan rumus :

$$EPCs^n = ((EPCs - 1) \times PoA + 1)$$

$$n = 5$$

Berikut ini adalah perhitungan efek error berdasarkan EPCs tersebut :

- $EPCs^1 = ((9 - 1) \times 0,3 + 1) = 3,4$
- $EPCs^2 = ((8 - 1) \times 0,4 + 1) = 3,8$
- $EPCs^3 = ((4 - 1) \times 0,2 + 1) = 1,6$
- $EPCs^4 = ((4 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,9$

$$\blacksquare \text{ EPCs}^5 = ((2 - 1) \times 0,2 + 1) = 1,2$$

- b. Perhitungan probabilitas kesalahan manusia

$$\text{HEP} = \text{GC} \times \text{EPCs}^1 \times \text{EPCs}^2 \times \text{EPCs}^3 \times \dots \text{dst}$$

$$\begin{aligned} \text{HEP} &= 0,02 \times 3,4 \times 3,8 \times 1,6 \times 1,9 \times 1,2 \\ &= 0,9426432 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa peluang atau kemungkinan terjadinya *error* kedalam task 3.2 yang memperlihatkan kesalahan dalam proses memanaskan mesin tanur sebesar 0,9426432.

2. Perhitungan Task 3.3

- a. Perhitungan efek *error* pada task 3.3 melebur besi berdasarkan proporsi EPCs dengan rumus :

$$\text{EPCs}^n = ((\text{EPCs} - 1) \times \text{PoA} + 1)$$

$$n = 5$$

Berikut ini adalah perhitungan efek *error* berdasarkan EPCs tersebut :

- $\text{EPCs}^1 = ((11 - 1) \times 0,2 + 1) = 3$
- $\text{EPCs}^2 = ((6 - 1) \times 0,4 + 1) = 3$
- $\text{EPCs}^3 = ((3 - 1) \times 0,4 + 1) = 1,8$
- $\text{EPCs}^4 = ((2,5 - 1) \times 0,5 + 1) = 1,75$
- $\text{EPCs}^5 = ((1,6 - 1) \times 0,1 + 1) = 1,06$

- b. Perhitungan probabilitas kesalahan manusia atau *human error* probability (HEP) dengan rumus :

$$\text{HEP} = \text{GC} \times \text{EPCs}^1 \times \text{EPCs}^2 \times \text{EPCs}^3 \times \dots \text{dst}$$

$$\begin{aligned} \text{HEP} &= 0,16 \times 3 \times 3 \times 1,8 \times 1,75 \times 1,06 \\ &= 4,80816 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa peluang atau kemungkinan terjadinya *error* kedalam task 3.3 yang memperlihatkan kesalahan dalam proses melebur besi sebesar 4,80816

3. Perhitungan Task 3.4

- a. Perhitungan efek *error* pada task 3.4 menuangkan besi ke cetakan berdasarkan proporsi EPCs dengan rumus :

$$\text{EPCs}^n = ((\text{EPCs} - 1) \times \text{PoA} + 1)$$

$$n = 5$$

Berikut ini adalah perhitungan efek error berdasarkan EPCs tersebut :

- $\text{EPCs}^1 = ((11 - 1) \times 0,4 + 1) = 5$
- $\text{EPCs}^2 = ((8 - 1) \times 0,5 + 1) = 4,5$
- $\text{EPCs}^3 = ((3 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,6$
- $\text{EPCs}^4 = ((1,6 - 1) \times 0,4 + 1) = 1,24$
- $\text{EPCs}^5 = ((1,4 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,12$

- b. Perhitungan probabilitas kesalahan manusia atau *human error* probability (HEP) dengan rumus :

$$\text{HEP} = \text{GC} \times \text{EPCs}^1 \times \text{EPCs}^2 \times \text{EPCs}^3 \times \dots \text{dst}$$

$$\begin{aligned} \text{HEP} &= 0,16 \times 5 \times 4,5 \times 1,6 \times 1,24 \times 1,12 \\ &= 7,999488 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa peluang atau kemungkinan terjadinya *error* kedalam task 3.4 yang memperlihatkan kesalahan dalam proses menuangkan besi kedalam cetakan sebesar 7,999488

4. Perhitungan Task 3.5

- a. Perhitungan efek *error* pada task 3.5 membongkar cetakan berdasarkan proporsi EPCs dengan rumus :

$$\text{EPCs}^n = ((\text{EPCs} - 1) \times \text{PoA} + 1)$$

$$n = 5$$

Berikut ini adalah perhitungan efek *error* berdasarkan EPCs tersebut :

- $\text{EPCs}^1 = ((8 - 1) \times 0,3 + 1) = 3,1$
- $\text{EPCs}^2 = ((4 - 1) \times 0,2 + 1) = 1,6$
- $\text{EPCs}^3 = ((1,8 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,24$
- $\text{EPCs}^4 = ((1,3 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,9$

- $EPCs^5 = ((1,03 - 1) \times 0,4 + 1) = 1,012$
- b. Perhitungan probabilitas kesalahan manusia atau human error probability (HEP) dengan rumus :

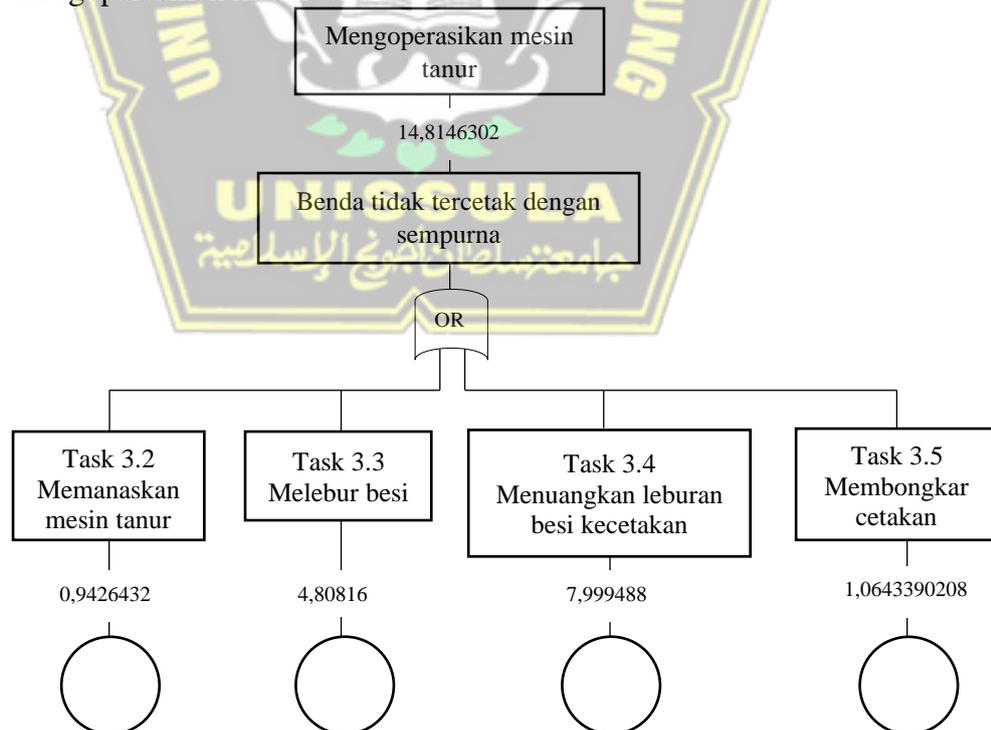
$$\text{HEP} = \text{GC} \times \text{EPCs}^1 \times \text{EPCs}^2 \times \text{EPCs}^3 \times \dots \times \text{dst}$$

$$\begin{aligned} \text{HEP} &= 0,09 \times 3,1 \times 1,6 \times 1,24 \times 1,9 \times 1,012 \\ &= 1,0643390208 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa peluang atau kemungkinan terjadinya *error* kedalam task 3.5 yang memperlihatkan kesalahan dalam proses membongkar cetakan sebesar 1,0643390208.

➤ Fault Tree Analysis

FTA berikut merupakan gambaran mengenai pola kegagalan atau terjadinya cacat produk yang disebabkan oleh *human error*. Analisis menggunakan metode heart untuk mengukur kemungkinan terjadinya kegagalan dalam cacat produk. Berikut merupakan FTA kegagalan yang terjadi dikarenakan *human error* pada proses mengoperasikan mesin tanur :



Gambar 4.6 FTA Probabilitas Proses Mengoperasikan Mesin Tanur

FTA dibentuk dengan kombinasi HTA yang memperlihatkan letak kegiatan yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan. Pohon faktor diatas menunjukan kemungkinan produk cacat dalam proses mengoperasikan mesin tanur sebesar 14,8146302. Pada proses ini menyebabkan jenis cacat yaitu benda tidak tercetak dengan sempurna dikarenakan memanaskan mesin tanur, melebur besi, menuangkan leburan besi ke cetakan, membongkar cetakan. untuk basic terbesar terjadi pada task 3.4. Yaitu kesalahan menuangkan leburan besi ke cetakan dengan HEP sebesar 7,999488 selanjutnya penyebab menurut akar masalah tersebut diidentifikasi kembali menggunakan FTA seperti berikut :



Gambar 4.7 Akar Masalah dari nilai HEP Terbesar

4.2.3.3 Reliabilitas Operator Pada Proses *Machining*

Berikut ini adalah pengolahan reliabilitas operator pada proses *machining* :

Tabel 4.8 Pengolahan Reliabilitas Operator pada Proses *Machining*

| Proses : 5. Machining | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-----------|-----|-----|------|------|-----|------------|
| Kegiatan : 5.1 Gerinda | | | | | | | | | |
| Task Step | Nilai GTTs | Calculation | | | | | | | HEP |
| Task 5.1.2 Menghaluskan dan meratakan baseplate R54 | C (0,16) | EPC | No. EPC | 6 | 10 | 15 | 23 | 27 | 1,223424 |
| | | | Nilai EPC | 8 | 6 | 3 | 1.6 | 1.4 | |
| | | APoA | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | | |
| | | EPCs | 2,4 | 2,5 | 1,6 | 1,18 | 1,2 | | |
| Kegiatan : 5.2 Las | | | | | | | | | |
| Task 5.2.2 Menutup pori - pori permukaan baseplate R54 yang kurang sempurna | C (0,16) | EPC | No. EPC | 2 | 13 | 24 | 29 | 34 | 1,70916096 |
| | | | Nilai EPC | 11 | 4 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | |
| | | APoA | 0,3 | 0,3 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | | |
| | | EPCs | 4 | 1,9 | 1,3 | 1,06 | 1,02 | | |

➤ Perhitungan Nilai HEP Pada Proses *Machining*

Tabel 4.9 EPC Terpilih

| Error Producing Cpndition | | Nilai EPC |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2 | Waktu singkat untuk mendeteksi kegagalan dan Tindakan koreksi | 11 |
| 6 | Ketidak sesuaian antara SOP dan kenyataan lapangan | 8 |
| 10 | Kebutuhan untuk mentransfer pengetahuan yang spesifik dari kegiatan kegiatan tanpa kehilangan | 6 |
| 13 | Ketidaksesuaian antara perasaan dan resiko sebenarnya | 4 |
| 15 | Operator yang tidak berpengalaman (seperti : baru memenuhi kualifikasi namun tidak expert) | 3 |
| 23 | Alat yang tidak dapat diandalkan | 1,6 |
| 24 | Kebutuhan untuk membuat suatu keputusan yang diluar kapasitas atau pengalaman operator | 1,6 |

| | | |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 27 | Adanya bahaya dari keterbatasan kemampuan fisik | 1,4 |
| 29 | Level emosi yang tinggi | 1,3 |
| 34 | Siklus berulang – ulang yang tinggi dari pekerjaan dengan beban kerja bermental rendah | 1,1 |

1. Perhitungan Task 5.1.2

- a. Perhitungan efek *error* pada task 5.1.2 menghaluskan dan meratakan baseplate R54 berdasarkan proporsi EPCs dengan rumus :

$$EPCs^n = ((EPCs - 1) \times PoA + 1)$$

$$n = 5$$

Berikut ini adalah perhitungan efek *error* berdasarkan EPCs tersebut :

- $EPCs^1 = ((8 - 1) \times 0,2 + 1) = 2,4$
- $EPCs^2 = ((6 - 1) \times 0,3 + 1) = 2,5$
- $EPCs^3 = ((3 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,6$
- $EPCs^4 = ((1,6 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,18$
- $EPCs^5 = ((1,4 - 1) \times 0,5 + 1) = 1,2$

- b. Perhitungan probabilitas kesalahan manusia

$$HEP = GC \times EPCs^1 \times EPCs^2 \times EPCs^3 \times \dots \times dst$$

$$HEP = 0,09 \times 2,4 \times 2,5 \times 1,6 \times 1,18 \times 1,2$$

$$= 1,223424$$

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa peluang atau kemungkinan terjadinya error kedalam task 5.1.2 yang memperlihatkan kesalahan dalam proses menghaluskan dan meratakan baseplate R54 sebesar 1,223424

2. Perhitungan Task 5.2.2

- a. Perhitungan efek *error* pada task 5.2.2 menutup pori – pori permukaan baseplate R54 yang kurang sempurna berdasarkan proporsi EPCs dengan rumus :

$$EPCs^n = ((EPCs - 1) \times PoA + 1)$$

$$n = 5$$

Berikut ini adalah perhitungan efek *error* berdasarkan EPCs tersebut :

- $EPCs^1 = ((11 - 1) \times 0,3 + 1) = 4$
- $EPCs^2 = ((4 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,9$
- $EPCs^3 = ((1,6 - 1) \times 0,5 + 1) = 1,3$
- $EPCs^4 = ((1,3 - 1) \times 0,2 + 1) = 1,06$
- $EPCs^5 = ((1,1 - 1) \times 0,2 + 1) = 1,02$

- b. Perhitungan probabilitas kesalahan manusia atau human error probability (HEP) dengan rumus :

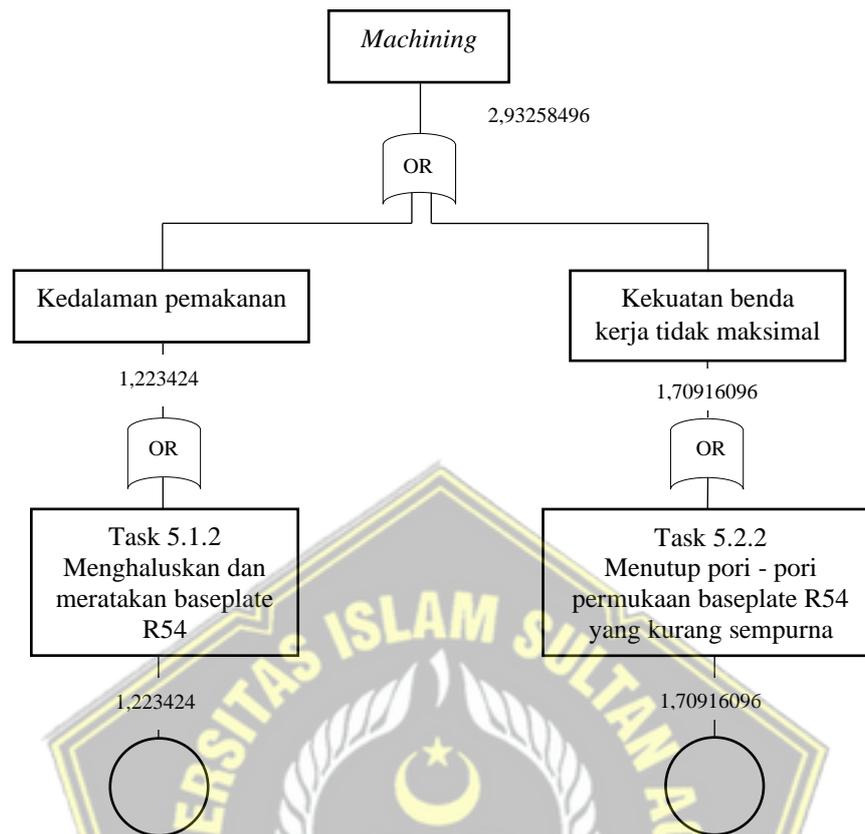
$$\text{HEP} = \text{GC} \times \text{EPCs}^1 \times \text{EPCs}^2 \times \text{EPCs}^3 \times \dots \text{dst}$$

$$\begin{aligned} \text{HEP} &= 0,16 \times 4 \times 1,9 \times 1,3 \times 1,06 \times 1,02 \\ &= 1,70916096 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa peluang atau kemungkinan terjadinya *error* kedalam task 5.2.2 yang memperlihatkan kesalahan dalam proses menutup pori – pori permukaan baseplate R54 yang kurang sempurna sebesar 1,70916096

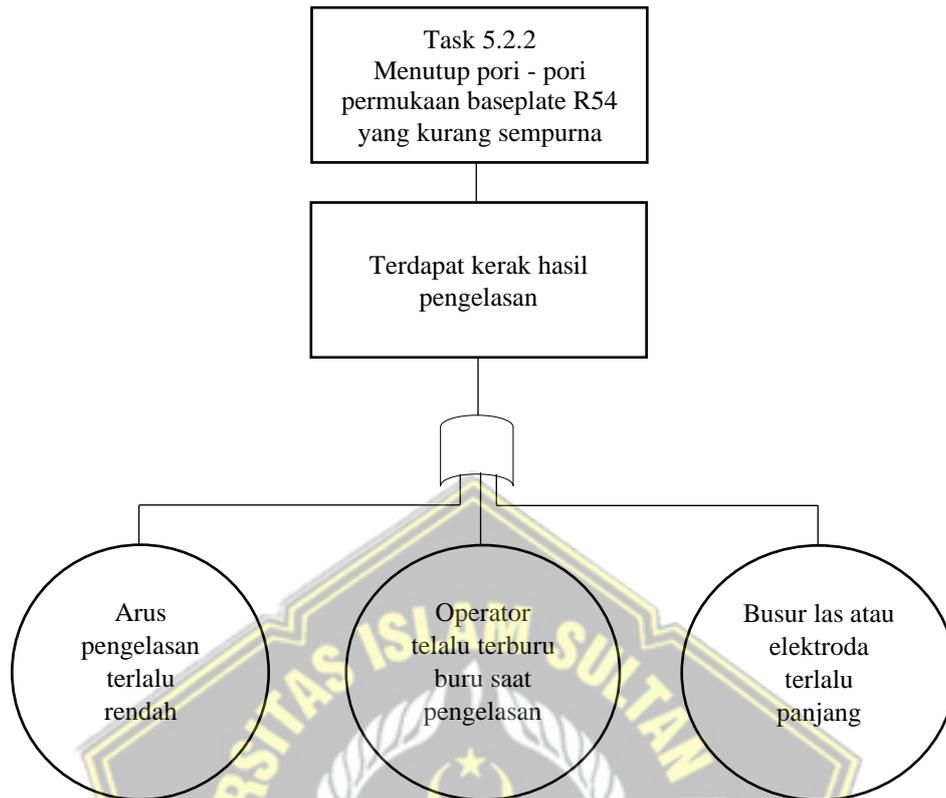
➤ **Fault Tree Analysis**

FTA berikut merupakan gambaran mengenai pola kegagalan atau terjadinya cacat produk yang disebabkan oleh human *error*. Analisis menggunakan metode heart untuk mengukur kemungkinan terjadinya kegagalan dalam cacat produk. Berikut merupakan fta kegagalan yang terjadi dikarenakan human *error* pada proses *machining* :



Gambar 4.8 FTA Probabilitas Proses *Machining*

FTA dibentuk dengan kombinasi HTA yang memperlihatkan letak kegiatan yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan. Pohon faktor diatas menunjukan kemungkinan produk cacat dalam proses machining sebesar 2,93258496. Pada proses ini menyebabkan jenis cacat yaitu cacat kedalaman pemakanan dan kekuatan benda kerja tidak maksimal dengan nilai probabilitas sebesar 1,223424 dan 1,70916096, untuk basic terbesar terjadi pada task 5.2.2. Yaitu kesalahan dalam menutup pori-pori permukaan baseplate R54 yang kurang sempurna dengan HEP sebesar 1,70916096. Berikutnya untuk penyebab menurut akar masalah tersebut diidentifikasi kembali menggunakan FTA seperti berikut :



Gambar 4.9 Akar Masalah dari nilai HEP Terbesar

4.2.3.4 Reliabilitas Operator Pada Proses Milling

Berikut ini adalah pengolahan reliabilitas operator pada proses *milling* :

Tabel 4.10 Pengolahan Reliabilitas Operator pada Proses *Milling*

| Proses : 6. Milling | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------|-------------|-------------|--------------|-----|-----|------|------|------|------------|
| Task Step | Nilai GTTs | Calculation | | | | | | HEP | |
| Task 6.1 Memasang baseplate R54 ke <i>frame</i> | C (0,16) | EPC | No. EPC | 2 | 15 | 23 | 29 | 35 | 1,27179456 |
| | | | Nilai EPC | 11 | 3 | 1.6 | 1.3 | 1.06 | |
| | | APoA | | 0,2 | 0,5 | 0,3 | 0,3 | 0,5 | |
| | | EPCs | | 3 | 2 | 1,18 | 1,09 | 1,03 | |
| Task 6.2 Mengencangkan <i>frame</i> | C (0,16) | EPC | No. EPC | 6 | 15 | 21 | 25 | 32 | 3,08883456 |
| | | | Nilai EPC | 8 | 3 | 2 | 1.6 | 1.2 | |
| | | APoA | | 0,4 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | |
| | | EPCs | | 3.8 | 1,4 | 1,2 | 2,8 | 1,08 | |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------|---------------|------|--------------|----|-----|-----|-----|-----|------------|-----|
| Task 6.3 Setting mata pahat ketitik nol | G (0.0004) | EPC | No. EPC | 3 | 8 | 12 | 17 | 19 | 0,01327872 | |
| | | | Nilai EPC | 10 | 6 | 4 | 3 | 2 | | |
| | | APoA | | | 0,2 | 0,4 | 0,3 | 0,3 | | 0,3 |
| | | EPCs | | | 2,8 | 3 | 1,9 | 1,6 | | 1,3 |

➤ **Perhitungan Nilai HEP Pada Proses Milling**

Tabel 4.11 EPC Terpilih

| Error Producing Cpndition | | Nilai EPC |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2 | Waktu singkat untuk mendeteksi kegagalan dan Tindakan koreksi | 11 |
| 3 | Rasio bunyi sinyal yang rendah | 10 |
| 6 | Ketidak sesuaian antara SOP dan kenyataan lapangan | 8 |
| 8 | Kapasitas saluran komunikasi overload , terutama satu penyebab reaksi secara bersama dari informasi yang tidak berlebihan | 6 |
| 12 | Penolakan informasi yang sangat mudah untuk diakses | 4 |
| 15 | Operator yang tidak berpengalaman (seperti : baru memenuhi kualifikasi namun tidak expert) | 3 |
| 17 | Sedikit atau tidak ada pengecekan independent atau percobaan pada hasil | 3 |
| 19 | Tidak adanya perbedaan dan input informasi untuk pengecekan ketelitian | 2 |
| 21 | Adanya dorongan untuk menggunakan prosedur yang berbahaya | 2 |
| 23 | Alat yang tidak dapat diandalkan | 1,6 |
| 25 | Alokasi fungsi dan tanggung jawab yang tidak jelas | 1,6 |
| 29 | Level emosi yang tinggi | 1,3 |
| 32 | Ketidak konsistenan dari tampilan atau prosedur | 1,2 |
| 35 | Terganggunya tidur siklus tidur normal | 1,06 |

1. Perhitungan Task 6.1

- a. Perhitungan efek *error* pada task 6.1 memasang baseplate R54 ke *frame* berdasarkan proporsi EPCs dengan rumus :

$$\text{EPCs}^n = ((\text{EPCs} - 1) \times \text{PoA} + 1)$$

$$n = 5$$

Berikut ini adalah perhitungan efek error berdasarkan EPCs tersebut :

- $\text{EPCs}^1 = ((11 - 1) \times 0,2 + 1) = 3$

- $EPCs^2 = ((3 - 1) \times 0,5 + 1) = 2$
- $EPCs^3 = ((1,6 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,18$
- $EPCs^4 = ((1,3 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,09$
- $EPCs^5 = ((1,06 - 1) \times 0,5 + 1) = 1,03$

b. Perhitungan probabilitas kesalahan manusia

$$\mathbf{HEP = GC \times EPCs^1 \times EPCs^2 \times EPCs^3 \times \dots \times dst}$$

$$\begin{aligned} HEP &= 0,16 \times 3 \times 2 \times 1,18 \times 1,09 \times 1,03 \\ &= 1,27179456 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa peluang atau kemungkinan terjadinya *error* kedalam task 6.1 yang memperlihatkan kesalahan dalam proses memasang baseplate R54 ke *frame* sebesar 1,27179456

2. Perhitungan Task 6.2

a. Perhitungan efek *error* pada task 6.2 mengencangkan frame berdasarkan proporsi EPCs dengan rumus :

$$\mathbf{EPCs^n = ((EPCs - 1) \times PoA + 1)}$$

$$n = 5$$

Berikut ini adalah perhitungan efek error berdasarkan EPCs tersebut :

- $EPCs^1 = ((8 - 1) \times 0,4 + 1) = 3,8$
- $EPCs^2 = ((3 - 1) \times 0,2 + 1) = 1,4$
- $EPCs^3 = ((2 - 1) \times 0,2 + 1) = 1,2$
- $EPCs^4 = ((1,6 - 1) \times 0,3 + 1) = 2,8$
- $EPCs^5 = ((1,2 - 1) \times 0,4 + 1) = 1,08$

b. Perhitungan probabilitas kesalahan manusia atau human error probability (HEP) dengan rumus :

$$\mathbf{HEP = GC \times EPCs^1 \times EPCs^2 \times EPCs^3 \times \dots \times dst}$$

$$\begin{aligned} HEP &= 0,16 \times 3,8 \times 1,4 \times 1,2 \times 2,8 \times 1,08 \\ &= 3,08883456 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bawah peluang atau kemungkinan terjadinya *error* kedalam task 6.2 yang memperlihatkan kesalahan dalam proses mengencangkan *frame* sebesar 3,08883456.

3. Perhitungan Task 6.3

- a. Perhitungan efek *error* pada task 6.3 *setting* mata pahat ke titik nol berdasarkan proporsi EPCs dengan rumus :

$$\text{EPCs}^n = ((\text{EPCs} - 1) \times \text{PoA} + 1)$$

$$n = 5$$

Berikut ini adalah perhitungan efek error berdasarkan EPCs tersebut :

- $\text{EPCs}^1 = ((10 - 1) \times 0,2 + 1) = 2,8$
- $\text{EPCs}^2 = ((6 - 1) \times 0,4 + 1) = 3$
- $\text{EPCs}^3 = ((4 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,9$
- $\text{EPCs}^4 = ((3 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,6$
- $\text{EPCs}^5 = ((2 - 1) \times 0,3 + 1) = 1,3$

- b. Perhitungan probabilitas kesalahan manusia atau *human error probability* (HEP) dengan rumus :

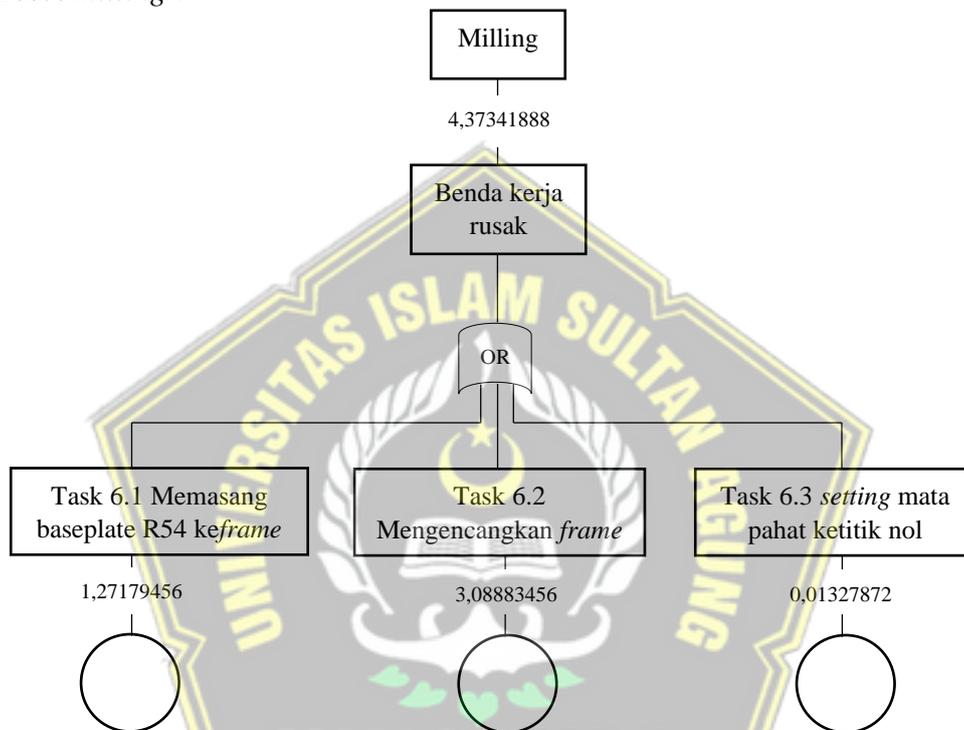
$$\text{HEP} = \text{GC} \times \text{EPCs}^1 \times \text{EPCs}^2 \times \text{EPCs}^3 \times \dots \text{dst}$$

$$\begin{aligned} \text{HEP} &= 0,0004 \times 2,8 \times 3 \times 1,9 \times 1,6 \times 1,3 \\ &= 0,01327872 \end{aligned}$$

Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa peluang atau kemungkinan terjadinya *error* kedalam task 6.3 yang memperlihatkan kesalahan dalam proses *setting* mata pahat ketitik nol sebesar 0,01327872

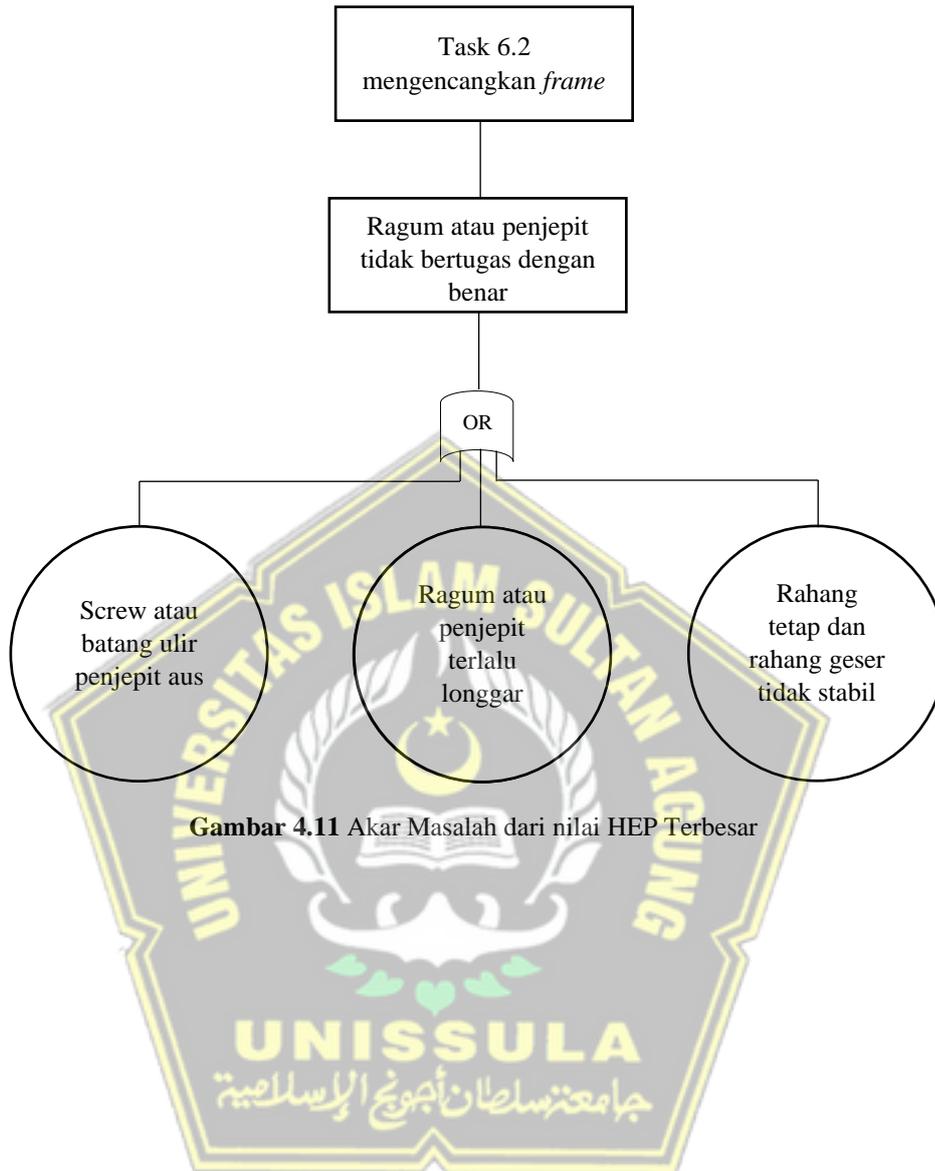
➤ **Fault Tree Analysis**

FTA berikut merupakan gambaran mengenai pola kegagalan atau terjadinya cacat produk yang disebabkan oleh *human error*. Analisis menggunakan metode heart untuk mengukur kemungkinan terjadinya kegagalan dalam cacat produk. Berikut merupakan FTA kegagalan yang terjadi dikarenakan *human error* pada proses *milling* :



Gambar 4.10 FTA Probabilitas Proses Milling

FTA dibentuk dengan kombinasi HTA yang memperlihatkan letak kegiatan yang dapat menyebabkan terjadinya kegagalan. Pohon faktor diatas menunjukkan kemungkinan produk cacat dalam proses *milling* sebesar 4,37341888. Pada proses ini menyebabkan jenis cacat yaitu cacat benda kerja rusak dikarenakan memasang baseplate R54 ke *frame*, mengencangkan *frame* dan *setting* mata pahat ketitik nol, untuk basic terbesar 6.2. Yaitu mengencangkan *frame* dengan nilai sebesar 1,27179456 selanjutnya penyebab menurut akar masalah tersebut diidentifikasi Kembali menggunakan FTA seperti berikut :



Gambar 4.11 Akar Masalah dari nilai HEP Terbesar

4.3 Analisa dan Interpretasi

Berikut ini adalah analisa interpretasi dari hasil pengolahan data dengan menggunakan metode *Human Error Assesment Reduction Technique* (HEART) dan *Fault Tree Analysis* (FTA) :

4.3.1 Analisa Probabilitas Kesalahan Manusia Berdasarkan Metode *Human Error Assesment Reduction Technique* (HEART)

Tabel 4.12 Hasil Perhitungan HEP Setlap sub proses dengan metode HEART

| Proses | Sub Proses | HEP |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 2. Molding | Task 2.1.1 menuangkan pasir silika | 0,32870912 |
| | Task 2.1.2 menuangkan air tetes tebu | 0,1254656 |
| | Task 2.1.3 mencampur pasir silika dan tetes tebu | 1,674432 |
| | Task 2.2.1 menaburi kapur halus kepermukaan cetakan | 1,03379328 |
| | Task 2.2.2 menuangkan campuran pasir silika dan air tetes tebu kecetakan | 0,278079744 |
| | Task 2.2.3 mengepres campuran pasir silika dan air tetes tebu kecetakan | 5.326992 |
| 3. Mengoperasikan mesin tanur | Task 3.2 Memanaskan mesin tanur | 0,9426432 |
| | Task 3.3 melebur besi | 4,80816 |
| | Task 3.4 Menuangkan leburan besi kecetakan | 7,999488 |
| | Task 3.5 membongkar cetakan | 1,0643390208 |
| 5. Machining | Task 5.1.2 menghaluskan dan meratakan baseplate R54 | 1,223424 |
| | Task 5.2.2 menutup pori – pori permukaan baseplate R54 yang kurang sempurna | 1,70916096 |
| 6. Milling | Task 6.1 memasang baseplate R54 ke frame | 1,27179456 |
| | Task 6.2 mengencangkan frame | 3,08883456 |
| | Task 6.3 setting mata pahat ketitik nol | 0,01327872 |

Pada tabel diatas berdasarkan pengolahan data dan perhitungan yang dilakukan yaitu diketahui bahwa probabilitas kesalahan pada manusia atau *human error probability* (HEP) terbesar pada operator baseplate R54 PT. Sinar Semesta terdapat pada sub task 3.4. Kondisi yang menyebabkan error pada sub task ini dikarenakan waktu singkat untuk mendeteksi kegagalan dan Tindakan koreksi,

ketidak sesuaian antara SOP dan kenyataan dilapangan, operator yang tidak berpengalaman (seperti : baru memenuhi kualifikasi namun tidak *expert*), alat yang tidak dapat diandalkan, adanya bahaya dari keterbatasan kemampuan fisik.

Sedangkan probabilitas kesalahan manusia terendah terdapat pada sub task 6.3. Kondisi yang menyebabkan error pada sub task ini dikarenakan rasio bunyi sinyal yang rendah, kapasitas saluran komunikasi overload, terutama satu penyebab reaksi secara bersama dari informasi yang tidak berlebihan, penolakan informasi yang sangat mudah untuk diakses, sedikit atau tidak pengecekan independen atau percobaan pada hasil, tidak adanya perbedaan dan input informasi untuk pengecekan ketelitian.

4.3.2 Analisis Probabilitas Kesalahan Manusia Berdasarkan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)

Pada pola kegagalan yang digambarkan dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) dengan menghubungkan data dari nilai HEP pada metode *Human Error Assesment Reduction Technique* (HEART) dengan mengidentifikasi kegagalan pada proses produksi baseplate R54. Pada empat proses mendominasi terjadinya kecacatan produk yang dapat ditimbulkan dari proses – proses tersebut yaitu pada proses molding cacat yang ditimbulkan yaitu adonan cetakan tidak bisa dicetak dan cetakan rontok dengan nilai probabilitas masing – masing sebesar 2,12860672 dan 6,63886502. Kemudian pada proses mengoperasikan mesin tanur menyebabkan benda tidak tercetak dengan sempurna dengan nilai probabilitas sebesar 14,8146302. Selanjutnya pada proses machining dengan cacat yang ditimbulkan yaitu kedalaman pemakanan dan kekuatan benda kerja tidak maksimal dengan nilai probabilitas masing – masing sebesar 1,223424 dan 1,70916096. Dan untuk proses yang terakhir proses milling dengan cacat yang ditimbulkan benda kerja rusak dikarenakan saat mengencangkan frame dengan nilai probabilitas sebesar 4,37341888. Dapat dilihat cacat yang terbesar yang ditimbulkan yaitu pada saat mengoperasikan mesin tanur pada proses menuangkan leburan besi kecetakan dengan nilai probabilitas sebesar 14,8146302.

4.4 Interpretasi

Dari analisa yang telah dilakukan dapat diinterpretasikan bahwa analisis *human error* dengan menggunakan metode HEART yaitu dengan mengklasifikasikan pada setiap *sub task* kedalam kategori umum yang dilengkapi juga dengan nominal *human unreliability*. Kemudian menentukan kondisi yang menyebabkan terjadinya *error* atau *Error Producing Conditions* (EPCs) dan juga asumsi proporsi kesalahan *Assesses Proportion of Affect* (APoA). Nilai proporsi kesalahan berkisar 0 – 1, dimana 0 (*low*) dan 1 (*High*). Tahap terakhir menghitung probabilitas kesalahan manusia atau *Human Error Probability* (HEP) dengan *input* berupa nominal *human unreliability*, nilai EPCs dan juga APoA. HEP ini yang menentukan seberapa besar probabilitas kesalahan manusia pada *sub task* yang terpilih sebagai kegiatan kritis yang berpotensi terjadinya *error* sehingga menyebabkan produk cacat.

Sedangkan untuk metode *Fault Tree Analysis* (FTA) digunakan untuk menggambarkan pola kegagalan dan menunjukkan letak aktivitas yang dapat mengakibatkan kegagalan, dan juga *Fault Tree Analysis* (FTA) digunakan untuk mengkuantifikasi probabilitas *top event*, dengan langkah pertama tentukan kejadian paling atas atau disebut juga kejadian utama. Ini adalah kondisi kegagalan yang akan ditinjau dan selanjutnya tetapkan batasan *Fault Tree Analysis* dan periksa *system* untuk mengerti bagaimana berbagai elemen berhubung pada satu dengan lainnya, dan untuk kejadian atas. Kemudian membuat pohon kesalahan, mulai pada kejadian paling atas dan bekerja kearah bawah dan setelah itu menganalisis pohon kesalahan untuk mengidentifikasi cara dalam menghilangkan kejadian yang mengarah pada kegagalan, untuk yang terakhir mempersiapkan rencana tindakan perbaikan untuk mencegah terjadinya kegagalan dan rencana kemungkinan berkenaan dengan kegagalan saat mereka terjadi.

4.5 Pembuktian Hipotesa

Setelah melakukan analisa *human error* pada bagian produksi baseplate R54 di PT. Sinar Semesta dengan mengidentifikasi pada semua *task* yang dilakukan oleh operator kemudian menentukan kegiatan apa saja yang menjadi kegiatan kritis yang

menyebabkan terjadinya *human error*, melakukan perhitungan probabilitas human error dan memberi rekomendasi solusi perbaikan, maka didapatkan hasil berupa probabilitas kesalahan manusia (HEP) pada masing-masing kegiatan kritis dengan nilai terbesar pada sub task 3.4 yaitu menuangkan leburan besi ke cetakan sebesar 7,999488. Untuk rekomendasi perbaikan yang diberikan yaitu dilakukan pengecekan temperature tuang leburan besi sebelum melakukan penuangan dan dipastikan sesuai dengan temperature yang dibutuhkan dan melakukan penuangan dengan cepat agar proses produksi berjalan dengan lancar dan untuk mencegah serta meminimalisir terjadinya produk cacat.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan yaitu sebagai berikut :

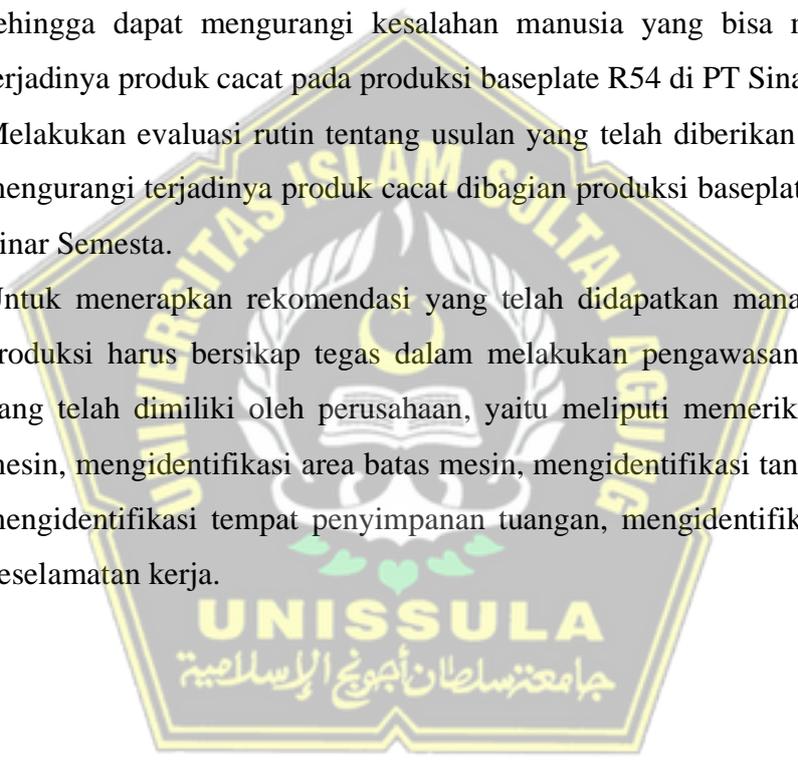
1. Hierarki proses produksi dibuat menggunakan Hierarchy Task Analysis Process (HTA), dengan hasil produksi baseplate R54 terbagi menjadi delapan proses. Diawali dengan datang 15 menit sebelum masuk jam kerja, membuat *molding*, mengoperasikan mesin tanur, quality control, machining, milling, re-inspection baseplate R54 dan finishing. Dari delapan proses tersebut terdapat empat proses yang dianggap kegiatan kritis yaitu *molding*, mengoperasikan mesin tanur, *machining*, dan *milling*, dimana kegiatan kritis tersebut yang menyebabkan cacat produk.
2. Dari hasil analisis dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) menyebutkan bahwa penyebab yang mengakibatkan cacat yaitu benda tidak tercetak dengan sempurna sehingga terdapat kecacatan
3. Rekomendasi yang diberikan berdasarkan EPCs yang terpilih. Berikut adalah rekomendasi untuk task menuangkan leburan besi ke cetakan dengan HEP sebesar 7,999488.
 - a. Perlu diadakannya briefing terlebih dahulu oleh kepala produksi baseplate R54 agar operator tidak melakukan hal yang diluar SOP.
 - b. Perlunya persiapan yang matang untuk melakukan sesuatu sehingga dapat meminimalkan kesalahan.
 - c. Perlu diadakan training untuk keutamaan sehingga saat pelaksanaan operator dapat melaksanakan tugas dengan menghemat banyak waktu. Sehingga operator memiliki cukup waktu untuk melakukan pengecekan.
 - d. Memberi pengertian yang jelas terhadap operator tentang resiko yang akan terjadi dan hasil yang terjadi agar operator tidak menyepelekan prosedur yang ada

- e. Perlu diadakan *reward* kepada karyawan agar mereka termotivasi dalam bekerja dengan baik sehingga akan meningkatkan kedisiplinan saat produksi berlangsung.

5.2 Saran

Berikut adalah saran atau usulan dari penelitian tugas akhir ini yaitu :

1. Mengaplikasikan usulan yang telah didapat dari analisa HEART (Human error assessment Reduqsiont Technique) dan FTA (Fault Tree Analysis) sehingga dapat mengurangi kesalahan manusia yang bisa menyebabkan terjadinya produk cacat pada produksi baseplate R54 di PT Sinar Semesta.
2. Melakukan evaluasi rutin tentang usulan yang telah diberikan, apakah bisa mengurangi terjadinya produk cacat dibagian produksi baseplate R54 di PT. Sinar Semesta.
3. Untuk menerapkan rekomendasi yang telah didapatkan manager dibagian produksi harus bersikap tegas dalam melakukan pengawasan terkait SOP yang telah dimiliki oleh perusahaan, yaitu meliputi memeriksa area kerja mesin, mengidentifikasi area batas mesin, mengidentifikasi tanur peleburan, mengidentifikasi tempat penyimpanan tuangan, mengidentifikasi peralatan keselamatan kerja.



DAFTAR PUSTAKA

- Agung, I., & Handoyo. (2018). *Analisa Kecacatan Kemasan Alcohol Swabs dengan Metode Fault Tree Analysis*. 0054, 23–34.
- Alisjahbana, J. (2005). *Alat Bantu Operasional Perbankan Oleh Pt. Murni Solusindo Nusantara Surabaya*. 49, 195–216.
- Bea. (1994). *Tugas akhir*.
- Bell, & Holroyd. (2009). Review of human reliability assessment methods. *Health & Safety Laboratory*, 78.
<http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Review+of+human+reliability+assessment+methods#0%0Ahttp://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr679.pdf>
- Bustami, B., & Nurlela. (2006). *Pengertian cacat produk*. 136.
- Dean, & Bowen. (1994). *Manajemen Kualitas (Quality Management) adalah sebuah prosedur yang digunakan untuk merangkai berbagai prinsip yang memiliki keterkaitan anatara yang satu dan yang lainnya, dan dari setiap prinsip didukung oleh seperangkat teknik dan penerapannya*.
- Ferdiana, T., & Priadythama, I. (2015). Analisis Defect Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA) Berdasarkan Data Ground Finding Sheet (GFS) PT. GMF AEROASIA. *Jurusan Teknik Industri, Universitas Sebelas Maret*.
- Furqoni, M. (2014). Strategi Meningkatkan Kualitas Pelayanan Publik Di Kantor Dinas Kependudukan Dan Pencatatan Sipil Kabupaten Ponorogo. *Publika*, 2(3), 1–12.
- Hackman, & Wegeman. (1995). *Praktek dari manajemen kualitas (Quality Management) agar dapat meningkatkan kinerja maka harus ada perbedaan antara strategi perusahaan*.
- Harianto, S. (2013). *TOTAL QUALITY MANAGEMENT (TQM) DENGAN KEPUASAN PASIEN*. 4(1), 1–5.
- mulyadi. (2005). *Pengertian cacat produk*. 306.
- Noor, E. (2006). *MODUL PELATIHAN ISO 9001:2000*.
- Safitri, D. M., Astriaty, A. R., & Rizani, N. C. (2017). Human Reliability

Assessment dengan Metode Human Error Assessment and Reduction Technique pada Operator Stasiun Shroud PT. X. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.26593/jrsi.v4i1.1388.1-7>

Satriyo, B., Puspitasari, D., & Mt, S. T. (2015). Metode Fault Tree Analysis untuk Meminimumkan Cacat pada Crank Bed di Lini Painting Pt . Sarandi Karya Nugraha. *Jurnal Teknik Industri*.

Shofiana, 2015. (2018). Analisis Human Reliability Assessment Dengan Metode Heart (Studi Kasus Pt Abc). *J@ti Undip : Jurnal Teknik Industri*, 13(3), 141. <https://doi.org/10.14710/jati.13.3.141-150>

Weny Findiastuti (2000). (2000). No Title. *ANALISA HUMAN ERROR DALAM KASUS KECELAKAAN DI PERSILANGAN KERETA API (Studi Kasus Persilangan Kereta Api 25 Jemur Andayani - Surabaya)*, 1–8.

Widaryanto, A., & Bariyah, C. (2015). 1. PENDAHULUAN Keandalan operator banyak dilakukan hanya pada industri yang tergolong. *Simposium Nasional Teknologi Terapan*, 1(1), 14.

Yusuf, R., Idris, A., Asmeati, & Ali, M. Y. (2019). Analisis pengendalian kualitas produksi pada PT. Bumi Sarana Beton dengan Metode Fault Tree Analysis. *Jurnal Aplikasi Teknik Dan Sains (JATS)*, 1(1), 1–10.

