



**UNIVERSITAS INDONESIA**

***RELIABILITY ASSESSMENT* SEBAGAI UPAYA  
PENGURANGAN *HUMAN ERROR* DALAM PENERAPAN  
KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA**

**SKRIPSI**

**FARID AKBAR HARAHAAP  
0806337560**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
JUNI 2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

***RELIABILITY ASSESSMENT* SEBAGAI UPAYA  
PENGURANGAN *HUMAN ERROR* DALAM PENERAPAN  
KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**FARID AKBAR HARAHAAP**

**0806337560**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPOK  
JUNI 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar**

**Nama : Farid Akbar Harahap**

**NPM : 0806337560**

**Tanda tangan :**

**Tanggal : 13 Juni 2012**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Farid Akbar Harahap  
NPM : 0806337560  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul Skripsi : *Reliability Assessment* Sebagai Upaya  
Pengurangan *Human Error* Dalam Penerapan  
Kesehatan dan Keselamatan Kerja

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Ir. Isti Surjandari, M.T., M.A., Ph.D. (  )

Penguji : Arian Dhini, S.T., M.T. (  )

Penguji : Farizal, Ph.D. (  )

Penguji : Sumarsono, S.T., M.T. (  )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : Juni 2012

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya yang senantiasa menuntun Penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dengan kerja sama, bantuan, dan dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Ir. Isti Surjandari, MT, MA, PhD selaku dosen pembimbing yang telah begitu banyak memberikan masukan, motivasi, arahan, saran, do'a, bimbingan akademis dan bimbingan hidup yang telah diberikan kepada penulis baik selama masa pengerjaan skripsi maupun dalam kegiatan-kegiatan lainnya. Semoga Allah SWT membalas segala kebaikan ibu dengan kebaikan yang lebih banyak.
2. Dosen Pembimbing Laboratorium *Statistic and Quality Engineering* UI (SQE), terutama Ibu Arian Dhini, ST, MT yang telah memberikan masukan terhadap tugas akhir penulis dan dalam berbagai kegiatan perkuliahan maupun laboratorium yang telah dilaksanakan.
3. Ibu Nur Endah Wahyuningsih selaku mentor penulis pada tempat penelitian dilaksanakan yang telah memberikan arahan dan masukan selama proses pengambilan data skripsi.
4. Seluruh Dosen Teknik Industri UI yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
5. Keluargaku tercinta, Papa, Mama, Fauzan, dan Faisal yang merupakan sumber motivasi utama penulis dalam menjalani kehidupan. Terima kasih atas segala keangatan keluarga yang diberikan sehingga penulis dapat termotivasi untuk menyelesaikan studi di Universitas Indonesia.
6. Keluarga besarku, Keluarga Alm. H. Hasnan Harahap dan Keluarga Alm. H. Muhammad Yusuf Siregar yang telah memberikan dukungan penuh bagi penulis untuk memperoleh gelar sarjana di Universitas Indonesia.

7. Darussalam atas berbagai diskusi dan masukan yang diberikan selama masa penyelesaian skripsi maupun telah menjadi sahabat penulis yang telah memberikan dukungan dalam suka dan duka.
8. Sahabat-sahabat saya di Pondok Babe, M. Misbahul Muzakki, Syarifudin, Rizal Himawan, Teguh Bagus Raharjo, dan sahabatku lainnya yang memberikan keceriaan bagi penulis baik selama penyelesaian skripsi maupun selama 4 tahun di Departemen Teknik Industri UI.
9. Teman-teman Asisten Laboratorium SQE dan teman satu bimbingan skripsi penulis Upi, Novi, Linda, Nike, Echa atas masukan dan *sharing* pengalaman selama masa penyelesaian skripsi penulis.
10. Sahabat-sahabat angkatan 2008 selalu memberi inspirasi bagi penulis selama 4 tahun di Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia.
11. Karyawan Departemen Teknik Industri Universitas Indonesia, Mbak Willy, Bu Har, Babe dan Mbak Hesti yang telah banyak membantu selama masa perkuliahan di Departemen Teknik Industri UI.
12. Pihak-pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu pada kata pengantar ini.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT membalas segala kebaikan semua pihak yang telah banyak membantu penulis selama ini. Saya menyadari bahwa masih banyak kekurangan di dalam skripsi ini. Semoga skripsi ini menjadi modal berharga bagi penulis untuk semakin berkarya ke depannya. Kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembacanya.

Depok 13 Juni 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Farid Akbar Harahap

NPM : 0806337560

Program Studi : Teknik Industri

Departemen : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

***Reliability Assessment* Sebagai Upaya Pengurangan *Human Error* Dalam  
Penerapan Kesehatan Dan Keselamatan Kerja**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 14 Juni 2012

Yang Menyatakan



(Farid Akbar Harahap)

vii

**Universitas Indonesia**

## ABSTRAK

Nama : Farid Akbar Harahap

Program Studi : Teknik Industri

Judul Skripsi : *Reliability Assessment* Sebagai Upaya Pengurangan *Human Error* Dalam Penerapan Kesehatan Dan Keselamatan Kerja

Penelitian ini mengkaji aspek keandalan manusia dalam penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada pabrik susu bayi terbesar di Jakarta dengan mengevaluasi potensihuman errorpada proses produksi menggunakan metode *Hierarcical Task Analysis*, *Fault Tree Analysis* dan membandingkanmetode pengukuran keandalan manusia antara metode HEART (*Human Error Assessment and Reduction Technique*) dan metode SPAR-H (*Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment*). Hasil penelitian ini yaitu berupa*Human Error Probabilities*dimana resiko *human error* terbesar terjadi pada area *Tipping*dengan pengukuran metode HEART dan area *Preparation* dengan pengukuran metode SPAR-H.Penelitian ini juga membandingkan penggunaan metode HEART dan SPAR-H.

Kata Kunci:

Keandalan Manusia, *Human Error*, *Safety*, *Hierarcical Task Analysis*(HTA), *Fault Tree Analysis* (FTA), HEART, SPAR-H.

## ABSTRACT

*Name* : Farid Akbar Harahap

*Study Program* : *Industrial Engineering*

*Title* : *Reliability Assessment to Reduce Human Error in Health and Safety Application*

*This research studies human Reliability in safety application at the biggest baby nutrition factory in Jakarta by evaluating the risk of human error in production line. The methods in this research are Hierarchical Task Analysis (HTA), Fault Tree Analysis (FTA), and also compared Reliability assessment methods between HEART (Human Error Assessment and Reduction Technique) and SPAR-H (Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment). The research results are Human Error Probabilities that show the biggest human error risk are in Tipping area based on assessment by HEART and in Preparation area based on assessment by SPAR-H. HEART and SPAR-H. This result also compares the application of HEART and SPAR-H.*

**Kata Kunci:**

*Human Reliability, Human Error, Safety, Hierarchical Task Analysis (HTA), Fault Tree Analysis (FTA), HEART, SPAR-H.*

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORIGINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR RUMUS .....	xix
<b>1. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah .....	4
1.3 Perumusan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Batasan Masalah .....	5
1.6 Metodologi Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan .....	7
<b>2.LANDASAN TEORI</b> .....	<b>9</b>
2.1 Keandalan ( <i>Reliability</i> ) dan Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lindung Lingkungan .....	9

2.2 <i>Human Error</i> .....	10
2.2.1 <i>Human Error</i> dan Kecelakaan Kerja .....	15
2.2.2 Eliminasi <i>Human Error</i> .....	16
2.3 Keandalan Manusia ( <i>Human Reliability</i> ).....	16
2.3.1 Pengukuran <i>Human Error</i> melalui <i>Human Reliability Analysis</i> ..	17
2.3.2 <i>Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART)</i> ..	21
2.3.3 <i>Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment (SPARH)</i> .....	27
2.4 <i>Hierarchical Task Analysis</i> .....	32
2.5 <i>Fault Tree Analysis</i> .....	33
<b>3.PENGUMPULAN DAN PENGOLAHANDATA</b> .....	38
3.1 Gambaran Umum Pabrik Susu Bayi.....	38
3.1.1 Proses Produksi Susu Bayi .....	38
3.1.2 Keterlibatan Manusia Dalam Proses Produksi.....	43
3.1.3 Kesehatan dan Keselamatan Kerja Pada Pabrik Susu Bayi .....	46
3.2 Identifikasi Tugas Pekerja Pada Pabrik Susu melalui <i>Hierarchical Task Analysis</i> .....	48
3.2.1 <i>Hierarchical Task Analysis Area Batching</i> .....	48
3.2.2 <i>Hierarchical Task Analysis Area Pengolahan</i> .....	50
3.2.3 <i>Hierarchical Task Analysis Area Packing</i> .....	51
3.3 Identifikasi Kegagalan Kerja Pekerja Pabrik Susu .....	52
3.3.1 Identifikasi Kegagalan Kerja Area <i>Batching</i> .....	53
3.3.2 Identifikasi Kegagalan Kerja Area Pengolahan.....	55
3.4 Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Pabrik Susu dengan Metode HEART .....	60
3.4.1 Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Area <i>Batching</i> dengan Metode HEART .....	60

3.4.2 Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Area Pengolahan dengan Metode HEART .....	63
3.4.3 Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Area <i>Packing</i> dengan Metode HEART .....	65
3.5 Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Pabrik Susu dengan Metode SPARH.....	69
3.5.1 Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Area <i>Batching</i> dengan Metode SPAR-H.....	70
3.5.2 Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Area Pengolahan dengan Metode SPAR-H.....	72
3.5.3 Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Area <i>Batching</i> dengan Metode SPAR-H.....	74
3.6 Pengolahan Kecelakaan Kerja dengan Menggunakan Metode <i>Fault Tree Analysis</i> .....	77
3.6.1 Pengolahan Data <i>Fault Tree Analysis</i> Pada Area <i>Batching</i> .....	77
3.6.2 Pengolahan Data <i>Fault Tree Analysis</i> Pada Area Pengolahan.....	81
3.6.3 Pengolahan Data <i>Fault Tree Analysis</i> Pada Area <i>Packing</i> .....	86
<b>4. ANALISA</b> .....	92
4.1 Analisa Hasil Pengukuran Reliabilitas Pekerja Pabrik Susu Bayi dengan Metode HEART .....	92
4.2 Analisa Hasil Pengukuran Reliabilitas Pekerja Pabrik Susu Bayi dengan Metode SPAR-H .....	93
4.2.1 Faktor Dependency dalam Perhitungan Reliabilitas dengan Penggunaan Metode SPAR-H .....	98
4.3 Perbedaan Hasil Pengukuran Dengan Menggunakan Metode HEART dan Metode SPAR-H .....	102
4.4 Analisa Pengurangan Human Error Berdasarkan Hasil Pengukuran Reliabilitas Pekerja .....	104

<b>5.KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	113
5.1 Kesimpulan .....	113
5.2 Saran .....	114
DAFTAR PUSTAKA .....	114
DAFTAR LAMPIRAN.....	114



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Metode-Metode <i>Human Reliability Analysis</i> .....	18
Tabel 2.2 Metode <i>Human Reliability</i> yang potensial digunakan dalam kasus K319	
Tabel 2.3 <i>Generic Task</i> dalam metode HEART .....	23
Tabel 2.4 <i>Error Producing Conditions</i> dalam metode HEART .....	23
Tabel 2.5 Kategori Penilaian <i>Performance Shaping Factors</i> pada SPAR-H.....	28
Tabel 2.6 Faktor <i>Dependency</i> pada SPAR-H.....	31
Tabel 2.7 Simbol dalam <i>Fault Tree Analysis</i> .....	35
Tabel 3.1 Deskripsi Pekerjaan Pekerja Bagian <i>Batching</i> .....	44
Tabel 3.2 Deskripsi Pekerjaan Pekerja Bagian Pengolahan.....	45
Tabel 3.3 Deskripsi Pekerjaan Pekerja Bagian <i>Packing</i> .....	45
Tabel 3.4 Identifikasi Kegagalan Kegiatan <i>Transfer</i> Material Pada Area <i>Batchin</i> 53	
Tabel 3.5 Identifikasi Kegagalan Kegiatan Persiapan Material Excess Pada Area <i>Batching</i> .....	54
Tabel 3.6 Identifikasi Kegagalan Kegiatan Persiapan Material Excess Pada Area <i>Batching</i> .....	54
Tabel 3.7 Identifikasi Kegagalan Kegiatan <i>Back Stripping</i> Pada Area <i>Batching</i> .	55
Tabel 3.8 Identifikasi Kegagalan Kegiatan <i>Dumping</i> Pada Area Pengolahan .....	55
Tabel 3.9 Identifikasi Kegagalan Kegiatan <i>Mixing</i> Pada Area Pengolahan.....	56
Tabel 3.10 Identifikasi Kegagalan Kegiatan <i>Tipping</i> Pada Area Pengolahan.....	56
Tabel 3.11 Identifikasi Kegagalan Kegiatan <i>Operator Filling</i> .....	57
Tabel 3.12 Identifikasi Kegagalan Kegiatan <i>Packing Soft pack Line1 dan Line 2</i> Pada Area <i>Packing</i> .....	57
Tabel 3.13 Identifikasi Kegagalan Kegiatan <i>Packing Soft pack Line 3</i> Pada Area <i>Packing</i> .....	58

Tabel 3.14 Identifikasi Kegagalan Kegiatan <i>Packing Can</i> Pada Area <i>Packing</i> ...	59
Tabel 3.15. Pengolahan Reliabilitas Pekerja Metode HEART Area <i>Transfer Material</i> .....	60
Tabel 3.16. Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode HEART Area <i>Back Stripping</i> .....	61
Tabel 3.17. Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode HEART Area <i>Preparation Material Excess</i> .....	62
Tabel 3.18. Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode HEART Area <i>Preparation Vitamin</i> .....	63
Tabel 3.19. Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Metode HEART Area <i>Dumpin</i> .....	63
Tabel 3.20. Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Metode HEART Area <i>Mixing</i>	65
Tabel 3.21. Pengolahan Reliabilitas Pekerja dengan HEART Area <i>Tipping</i> .....	65
Tabel 3.22. Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja HEART <i>Operator filling</i> .....	66
Tabel 3.23. Pengolahan Data Reliabilitas <i>Packer</i> dengan Metode HEART Area <i>Packing Line 1 dan Packing Line 2</i> .....	67
Tabel 3.24. Pengolahan Data Reliabilitas <i>Packer</i> dengan Metode HEART Area <i>Packing Line 3</i> .....	67
Tabel 3.25. Pengolahan Data Reliabilitas <i>Packer</i> dengan Metode HEART Area <i>PackingCan</i> .....	69
Tabel 3.26. Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H Area <i>Transfer Material</i> .....	70
Tabel 3.27. Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H Area <i>Back Stripping</i> .....	70
Tabel 3.28. Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H Area <i>Preparation Material Excess</i> .....	71
Tabel 3.29. Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H Area <i>Preparation Vitamin</i> .....	72

Tabel 3.30 Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H Area <i>Dumping</i> .....	72
Tabel 3.31 Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H Area <i>Mixing</i> .....	73
Tabel 3.32. Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H Area <i>Tipping</i> .....	74
Tabel 3.33. Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H <i>Operator Mesin Filling</i> .....	74
Tabel 3.34. Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H Pekerja <i>PackerSoft Pack Line 1 dan Line 2</i> .....	75
Tabel 3.35. Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H Pekerja <i>PackerSoftpack Line 3</i> .....	76
Tabel 3.36. Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H Pekerja <i>PackerCan</i> .....	76
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran HEP Kecelakaan Kerja Pada Area Pabrik Susu bayi dengan Menggunakan Metode HEART .....	92
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran HEP Kecelakaan Kerja Berdasarkan Pekerjaan-Pekerjaan Pada Pabrik Susu bayi dengan Menggunakan Metode HEART .....	93
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran HEP Kecelakaan Kerja Pada Area Pabrik Susu bayi dengan Menggunakan Metode HEART dan SPAR-H.....	97
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran HEP Kecelakaan Kerja Berdasarkan Urutan Pekerjaan Pada Pabrik Susu bayi dengan Menggunakan Metode SPAR-H.....	98
Tabel 4.5 Perbandingan Hasil Pengukuran HEP HEART berdasarkan Jumlah Nilai HEP yang Lebih Tinggi pada Tiap Jenis Pekerjaan .....	103
Tabel 4.6 HEP Kecelakaan Kerja Cedera Otot .....	104
Tabel 4.7 HEP Kecelakaan Kerja Kecelakaan <i>Forklift</i> .....	108
Tabel 4.8 HEP Kecelakaan Kerja Terjepit <i>Conveyor</i> .....	109

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Data Kecelakaan Kerja di Indonesia .....	2
Gambar 1.2 Diagram Keterkaitan Masalah .....	5
Gambar 1.3 Diagram Alir Metodologi Penelitian .....	7
Gambar 2.1 Penyebab Kecelakaan Kerja (Heinrich, 1920) .....	12
Gambar 2.2 Faktor yang Menyebabkan Terjadinya <i>Human Error</i> .....	12
Gambar 2.3 <i>Epidemological Theory</i> .....	14
Gambar 2.4 <i>Sistem Theory Model</i> .....	14
Gambar 2.5 Langkah Pengerjaan dengan menggunakan metode HEART .....	26
Gambar 2.6 Contoh <i>Hierarchical Task Analysis</i> .....	33
Gambar 2.7 Contoh <i>Fault Tree Analysis</i> .....	34
Gambar 2.8 Single <i>AND- Gate</i> .....	36
Gambar 2.9 Single <i>OR- Gate</i> .....	36
Gambar 3.1 <i>Flow Process Chart</i> Produksi Susu Bayi .....	38
Gambar 3.2 <i>Flow Process Diagram</i> pada Area <i>Batching</i> .....	40
Gambar 3.3 <i>Flow Process Diagram</i> pada Area <i>Pengolahan</i> .....	41
Gambar 3.4 <i>Flow Process Diagram</i> pada Area <i>Packing</i> .....	43
Gambar 3.5 Jumlah Kecelakaan Kerja pada Pabrik Susu Bayi .....	47
Gambar 3.6 HTA area <i>Batching</i> .....	48
Gambar 3.7 HTA area <i>back stripping</i> .....	48
Gambar 3.8 HTA area <i>preparation</i> untuk kegiatan menyiapkan <i>excess material</i> . .....	49
Gambar 3.9 HTA area <i>preparation</i> untuk kegiatan menyiapkan material vitamin .....	49
Gambar 3.10 HTA area <i>pengolahan</i> untuk kegiatan <i>Dumping</i> .....	50

Gambar 3.11 HTA area pengolahan untuk kegiatan <i>Mixing</i> .....	50
Gambar 3.12 HTA area pengolahan untuk kegiatan <i>tipping</i> .....	50
Gambar 3.13 HTA area pengolahan untuk kegiatan operator mesin <i>Filling</i> .....	51
Gambar 3.14 HTA area pengolahan untuk kegiatan <i>packing soft pack line 1 dan line 2</i> .....	51
Gambar 3.15 HTA area pengolahan untuk kegiatan <i>packing soft pack line 3</i> .....	52
Gambar 3.16 HTA area pengolahan untuk kegiatan <i>packing can</i> .....	52
Gambar 3.17 <i>Fault Tree Analysis Area Transfer Material</i> dengan Metode HEART .....	77
Gambar 3.18 <i>Fault Tree Analysis Area Transfer Material</i> dengan Metode SPAR .....	78
Gambar 3.19 <i>Fault Tree Analysis Area Preparation</i> dengan Metode HEART....	79
Gambar 3.20 <i>Fault Tree Analysis Area Preparation</i> dengan Metode SPAR-H...	79
Gambar 3.21 <i>Fault Tree Analysis Area Back Stripping</i> dengan Metode HEART	80
Gambar 3.22 <i>Fault Tree Analysis Area Back Stripping</i> dengan Metode SPAR-H.....	80
Gambar 3.23 <i>Fault Tree Analysis Area Dumping</i> dengan Metode HEART.....	81
Gambar 3.24 <i>Fault Tree Analysis Area Dumping</i> dengan Metode SPAR-H.....	82
Gambar 3.25 <i>Fault Tree Analysis Area Mixing</i> dengan Metode HEART .....	83
Gambar 3.26 <i>Fault Tree Analysis Area Mixing</i> dengan Metode SPAR-H .....	83
Gambar 3.27 <i>Fault Tree Analysis Area Tipping</i> dengan Metode HEART .....	84
Gambar 3.28 <i>Fault Tree Analysis Area Tipping</i> dengan Metode SPAR-H .....	85
Gambar 3.29 <i>Fault Tree Analysis Area Mixing</i> dengan Metode SPAR-H .....	86
Gambar 3.30 <i>Fault Tree Analysis Operator Filling</i> dengan Metode HEART .....	86
Gambar 3.31 <i>Fault Tree Analysis Area Packing Soft Pack Line 1 dan line 2</i> dengan Metode HEART .....	87

Gambar 3.32 <i>Fault Tree Analysis Area Packing Soft Pack Line 1 dan line 2</i> dengan Metode SPAR-H.....	88
Gambar 3.33 <i>Fault Tree Analysis Area Packing Soft Pack Line3</i> dengan Metode HEART.....	89
Gambar 3.34 <i>Fault Tree Analysis Area Packing Soft Pack Line3</i> dengan Metode SPAR-H.....	89
Gambar 3.35 <i>Fault Tree Analysis Area Packing Can</i> dengan Metode HEART ...	90
Gambar 3.36 <i>Fault Tree Analysis Area Packing Can</i> dengan Metode SPAR-H ..	90
Gambar 4.1 Hasil Pengukuran HEP dengan Metode HEART pada Keseluruhan Area Produksi Pabrik Susu Bayi .....	93
Gambar 4.2 Hasil Pengukuran HEP dengan Metode SPAR-H pada Keseluruhan Area Produksi Pabrik Susu Bayi .....	98
Gambar 4.3 Perbandingan Hasil Pengukuran HEP Metode HEART dan Metode SPAR-H.....	102

## DAFTAR RUMUS

2.1 Perhitungan <i>Error Producing Conditions</i> .....	26
2.2 Probabilitas <i>Human Error</i> dengan Metode HEART.....	26
2.3 Perhitungan <i>PSF Composite Diagnosis</i> .....	29
2.4 Perhitungan HEP kegiatan diagnosis dengan metode SPAR-H.....	30
2.5 Perhitungan <i>PSF Composite Actions</i> .....	30
2.6 Perhitungan HEP kegiatan <i>actions</i> dengan metode SPAR-H .....	30
2.7 Perhitungan <i>AND-Gate</i> pada FTA untuk <i>single</i> kejadian.....	36
2.8 Perhitungan <i>AND-Gate</i> pada FTA untuk <i>multi</i> kejadian .....	36
2.9 Perhitungan <i>OR-Gate</i> pada FTA untuk <i>multi</i> kejadian.....	37
2.10 Perhitungan <i>OR-Gate</i> pada FTA untuk <i>multi</i> kejadian.....	37

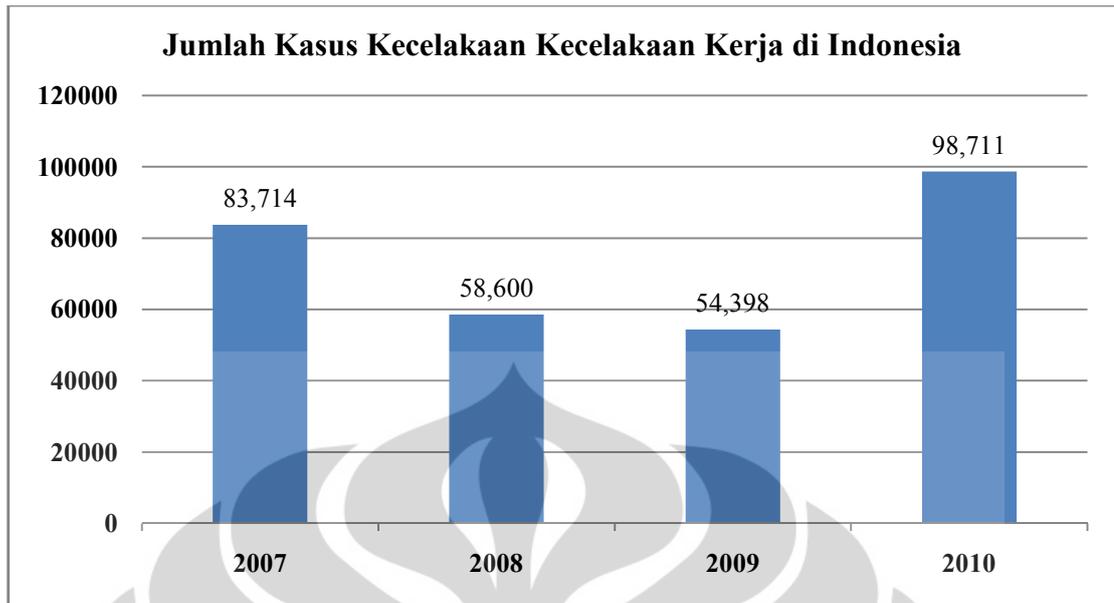
# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

*International Labour Organization (ILO)* menilai Indonesia sebagai negara dengan kecelakaan kerja yang tinggi. Dari penelitian yang diadakan ILO pada tahun 2009 mengenai standar kecelakaan kerja, Indonesia menempati urutan ke- 152 dari 153 negara yang diteliti. Hal tersebut menunjukkan masih buruknya perhatian terhadap Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) di Indonesia. Pada tahun 2010 di Indonesia setiap seratus ribu tenaga kerja terdapat dua puluh orang yang mengalami kecelakaan kerja yang fatal dimana kecelakaan kerja tersebut menyebabkan kerugian pada negara berkembang termasuk Indonesia sebesar 4% dari *Gross National Product* (ILO, 2010).

Pada tahun 2010, tercatat 98.711 kasus kecelakaan kerja di Indonesia. Dari angka tersebut, 2.911 tenaga kerja meninggal dunia dan menimbulkan cacat permanen sejumlah 6.667 orang (www.jawapos.com, 2010). Dapat dikalkulasikan bahwa terjadi lebih dari tiga kematian akibat kecelakaan kerja di Indonesia setiap harinya di tahun 2010. Selain itu, menurut data Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi sepanjang tahun 2009 telah terjadi sebanyak 54.398 kasus kecelakaan kerja di Indonesia, pada tahun 2008 sebanyak 58.600 kasus dan pada tahun 2007 kecelakaan kerja mencapai 83.714 kasus.

Untuk mengatasi tingkat kecelakaan kerja yang tinggi tersebut, pemerintah melalui Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi berusaha untuk meningkatkan budaya Kesehatan dan Keselamatan Kerja di Indonesia yang diduga menjadi penyebab tingginya kecelakaan kerja di Indonesia. Salah satu langkah yang dicanangkan pemerintah yakni melalui program “Indonesia Berbudaya K3 Tahun 2015” melalui Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Nomor: Kep.372/Men/XI/2009 .Indonesia juga menjadi salah satu dari 33 negara di dunia yang menandatangani *Declaration on Safety and Health at Work* yang menjadi komitmen dalam pengembangan budaya kesehatan dan keselamatan kerja di tempat kerja.



**Gambar 1.1** Data Kecelakaan Kerja di Indonesia

Sumber: [www.jawapos.com](http://www.jawapos.com) dan Kementerian Tenaga Kerja dan Transmigrasi (Data Diolah dari Beberapa Sumber)

Kesadaran akan budaya K3 pada tenaga kerja merupakan hal yang penting untuk dikembangkan. Pengetahuan dan perilaku yang aman sangat penting dalam mengurangi tingkat kecelakaan kerja. Hal tersebut memiliki hubungan yang erat terhadap faktor manusia sebagai penyebab kecelakaan kerja. Faktor manusia tersebut pernah diteliti oleh Geostech pada tahun 1999 melalui teori *The Human Factors Theory of Accident* yang mengungkapkan faktor manusia sebagai penyebab mengidentifikasi kecelakaan kerja dimana Geostech menyatakan bahwa terjadinya kecelakaan kerja dikarenakan rangkaian kegiatan yang disebabkan oleh *human error*. Heinrich pada tahun 1995 pernah melakukan penelitian mengenai penyebab kecelakaan kerja, dimana 85% kecelakaan kerja disebabkan oleh *human error*. *Human error* yakni keputusan atau perilaku manusia yang tidak tepat yang mengurangi atau berpotensi mengurangi efektivitas, keselamatan atau performa sistem (Sanders dan McCormick, 1993)

Berdasarkan kondisi yang ada di Indonesia dan besarnya proporsi kecelakaan kerja yang disebabkan oleh *human error*, maka penelitian akan difokusikan terhadap pengurangan kecelakaan kerja yang disebabkan oleh *human error*. Penelitian ini akan melakukan pengukuran reliabilitas tenaga kerja untuk mengukur resiko kecelakaan kerja yang diakibatkan oleh *human error* melalui

tahapan identifikasi, kuantifikasi dan reduksi kecelakaan kerja. Pengukuran reliabilitas tersebut dilakukan dengan menggunakan metode *Human Reliability Assessment (HRA)* yang merupakan metode yang digunakan untuk mengukur kontribusi tenaga kerja terhadap suatu resiko. Terdapat 72 metode dalam *Human Reliability* yang sudah divalidasi dimana terdapat 35 metode yang diidentifikasi dalam melakukan pengukuran *human Reliability* di sektor Kesehatan, Keselamatan dan Lindung Lingkungan (Bell dan Holroyd, 2009).

Metode HRA yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART)* yang merupakan metode kuantifikasi *human Reliability* yang dikembangkan pada tahun 1985 oleh Williams. HEART memiliki kelebihan dalam penerapannya yang dapat digunakan dalam berbagai macam situasi atau industri seperti kimia, penerbangan, perkeretapihan, medis, dan sebagainya (Bell dan Holroyd, 2009). Metode ini pun telah diuji validitasnya oleh Kirwan pada tahun 1997 dengan membandingkan metode HEART dengan dua metode *human Reliability* lainnya yakni THERP dan JHEDI, dimana hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa ketiga metode tersebut level akurasi yang dapat diterima.

Selain itu dalam penelitian ini juga dilakukan pengukuran reliabilitas dengan menggunakan metode *Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment (SPAR-H)*. Metode SPAR-H merupakan metode yang baru dikembangkan pada tahun 2005 oleh US Nuclear Research Commission. Meskipun dikembangkan pada industri nuklir, namun metode ini memiliki keunggulan sebagai metode yang bisadiaplikasikan dalam aplikasi yang lebih luas. Penelitian ini akan melakukan perbandingan antara metode HEART sebagai salah satu metode populer dalam HRA dan metode SPAR-H sebagai metode yang lebih baru dikembangkan.

Penelitian ini akan dilakukan pada Perusahaan *Consumer Goods* penghasil susu bayi terbesar di Indonesia. Pabrik susu bayi ini memiliki target untuk mencapai seribu hari tanpa kecelakaan kerja. Namun, hal tersebut belum tercapai hingga tahun 2012. Pada Januari 2012 terjadi kecelakaan kerja berat pada mesin *conveyor* yang dikarenakan kelalaian dari pekerja. Kejadian tersebut lebih disebabkan oleh *human error*. Berdasarkan hal tersebutlah penelitian ini

akan dilakukan untuk mengetahui keandalan pekerja dan resiko *human error* dari keseluruhan area produksi Parik Susu Bayi terhadap permasalahan Kesehatan dan Keselamatan Kerja.

### 1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Untuk dapat melihat permasalahan pada penelitian ini secara utuh berupa keterkaitan antar sub-permasalahan maka dibuat diagram keterkaitan masalah, seperti yang ditampilkan pada Gambar 1.2.

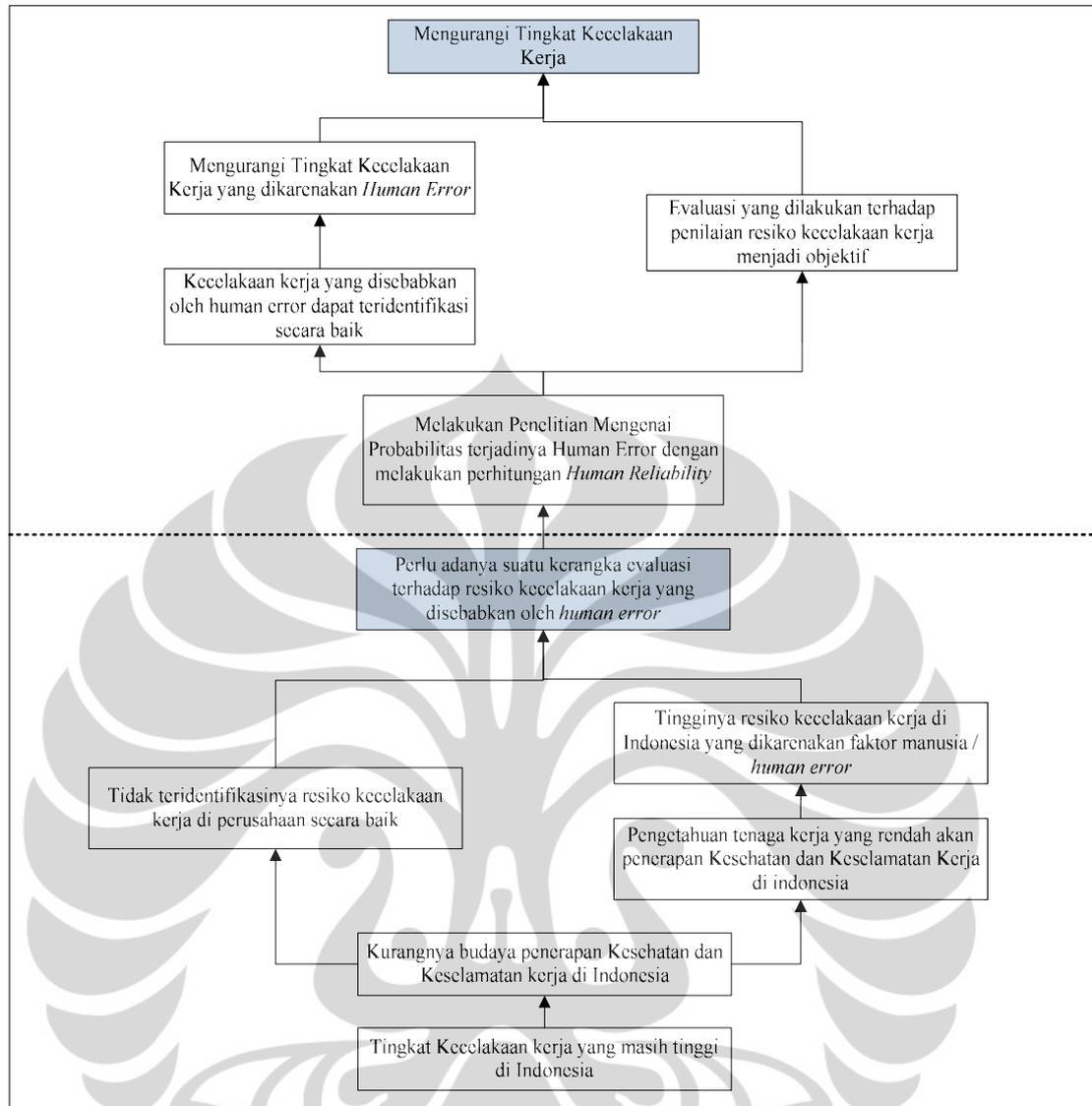
### 1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan sebelumnya, masalah dari penelitian ini adalah perlu adanya metode pengukuran *human Reliability* terhadap resiko kecelakaan kerja yang dihasilkan oleh kegiatan tenaga kerja.

### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi Resiko Kecelakaan Kerja yang banyak disebabkan oleh *human error*.
2. Melakukan pengukuran terhadap kemungkinan terjadinya *human error*.
3. Meningkatkan keandalan kinerja pekerja dengan memberikan rekomendasi untuk pengurangan *human error*.
4. Membandingkan metode pengukuran reliabilitas *Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART) dan *Standardized Plant Analysis Risk-Human Reliability Assessment* (SPAR-H).



**Gambar 1.2** Diagram Keterkaitan Masalah

### 1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini dilakukan pembatasan masalah agar pelaksanaan serta hasil yang akan diperoleh sesuai dengan tujuan pelaksanaannya. Adapun batasan masalahnya yakni penelitian dilaksanakan pada Area Produksi Pabrik Susu Bayi.

### 1.6 Metodologi Penelitian

Penelitian yang dilakukan peneliti terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

1. Studi Pendahuluan

Pada studi pendahuluan, hal-hal yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- a. Menentukan pokok permasalahan yang diteliti atau dibahas.
- b. Menentukan sasaran yang ingin dicapai dari penelitian ini.

2. Penyusunan Landasan Teori

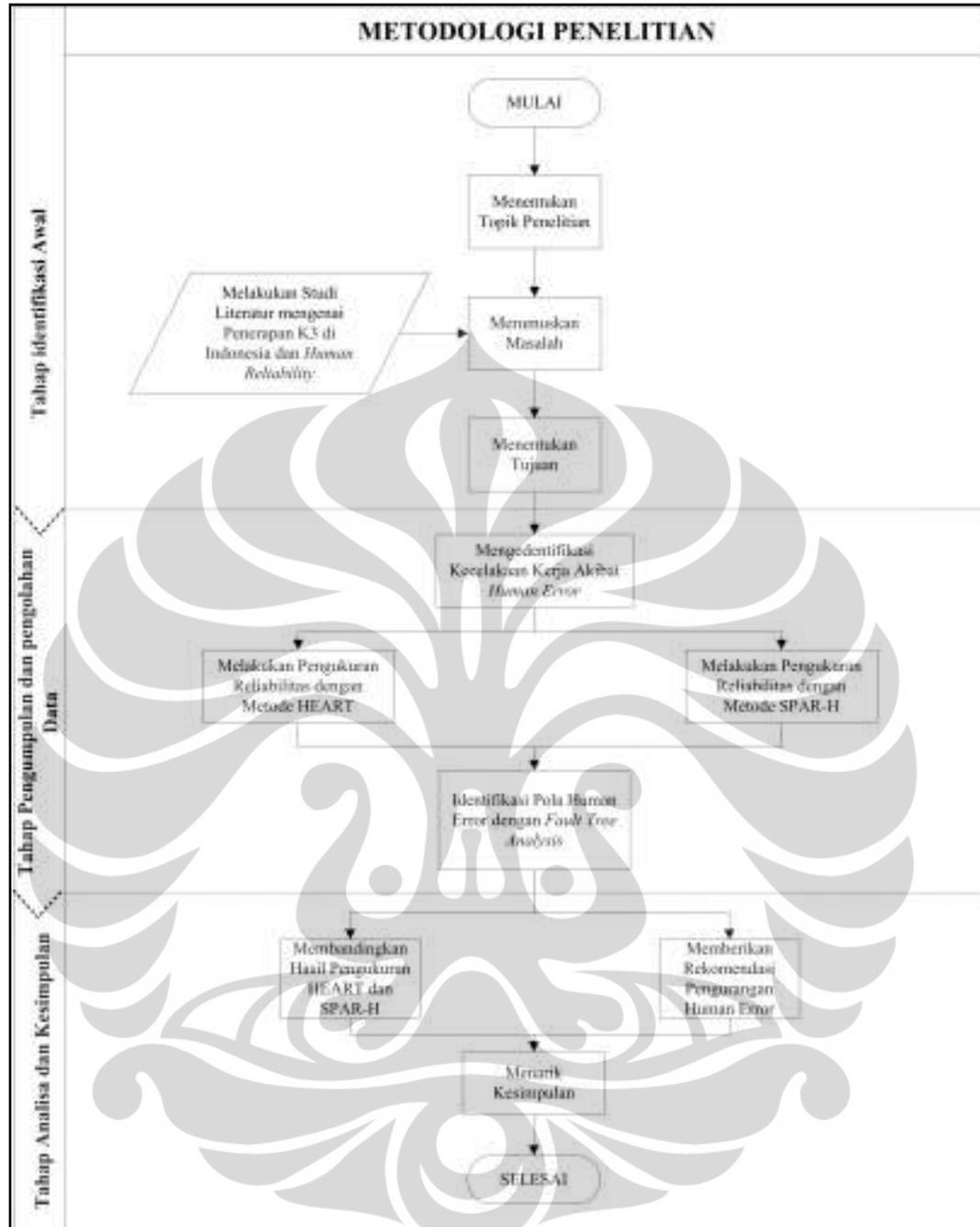
Pada tahapan ini dilakukan kajian literatur mengenai Kesehatan dan Keselamatan Kerja dan Pengukuran *human Reliability* pada Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Tahapan ini menjadi acuan atau pedoman dalam melakukan langkah-langkah penelitian.

3. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung pada area produksi. Observasi dilakukan untuk mengidentifikasi resiko kecelakaan kerja yang disebabkan *human error* dengan menggunakan *Fault Tree Analysis (FTA)* dan pengukuran *human error* yang dilakukan melalui observasi berdasarkan tahapan pada metode HEART.

4. Analisa dan Penarikan Kesimpulan

Pada tahapan ini dilakukan analisa berdasarkan pengolahan data. Langkah lebih lanjut adalah mengidentifikasi rekomendasi perbaikan berdasarkan hasil pengukuran *human error*. Pada akhir penelitian akan ditarik kesimpulan mengenai penelitian yang dilakukan.



**Gambar 1.3** Diagram Alir Metodologi Penelitian

### 1.7 Sistematika Penulisan

Penyajian laporan penelitian dalam skripsi ini disusun secara sistematis kedalam lima bab sebagai berikut:

a. Bab I Pendahuluan

Bab ini memaparkan mengenai alasan pemilihan topik penelitian yang dijelaskan dalam latar belakang, diagram keterkaitan masalah, perumusan masalah, tujuan pelaksanaan penelitian, batasan masalah dan gambaran metodologi penelitian yang digunakan.

b. Bab II Landasan Teori

Bab ini menjelaskan tentang landasan teori yang mendukung penelitian dilaksanakan. Landasan teori diperoleh melalui studi literature, baik buku, jurnal, artikel, maupun informasi dari internet. Pada Landasan Teori dibahas mengenai teori Kesehatan dan Keselamatan Kerja, *Human Reliability*, dan teori HEART.

c. Bab III Pengumpulan dan Pengolahan Data

Bab ini menyajikan data yang diperoleh dari hasil identifikasi resiko kecelakaan kerja, pengukuran reliabilitas dengan menggunakan metode HEART dan SPAR-H serta pola kegagalan kerja menggunakan metode *Fault Tree Analysis*.

d. Bab IV Analisa dan Interpretasi Hasil

Bab ini memaparkan analisa terhadap hasil pengukuran *Human Error Probabilities (HEP)*, perbandingan penggunaan metode HEART dan SPAR-H, dan identifikasi usulan perbaikan dari resiko kecelakaan kerja yang mungkin terjadi.

e. Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini memuat kesimpulan dari penelitian yang dilakukan serta memberikan saran untuk rekomendasi perbaikan dan penelitian lebih lanjut.

## BAB 2 DASAR TEORI

### 2.1 Keandalan (*Reliability*) dan Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lindung Lingkungan

Sejarah perkembangan *Reliability* dimulai ketika perang dunia kedua, ketika Jerman mengaplikasikan konsep *Reliability* untuk meningkatkan keandalan dari roket mereka. Hal ini diikuti dengan kajian oleh *U.S Department of Defense* pada 1945-1950 yang melakukan penelitian mengenai kegagalan peralatan listrik, peralatan pemeliharaan, dan biaya perbaikan. Setelah itu kajian tentang *Reliability* mulai berkembang, pada tahun 1954 dilakukan simposium nasional mengenai *Reliability* dan *quality control* di Amerika Serikat. Perkembangan ini juga diikuti dengan semakin banyaknya penelitian mengenai *Reliability* pada tahun 1950-an.

*Reliability* dapat didefinisikan sebagai probabilitas bahwa produk dapat memenuhi spesifikasi melebihi waktu yang diberikan. Sedangkan ketidakandalan (*unreliability*) produk ditentukan sebagai peluang bahwa produk tersebut gagal memenuhi spesifikasi dan melebihi waktu yang diberikan (Bentley, 1993). Menurut Dhillon pada tahun 2005, *Reliability* dapat didefinisikan sebagai probabilitas sebuah benda melaksanakan tujuan spesifiknya dengan memuaskan pada waktu dan kondisi yang telah ditetapkan.

*Electronics Industries Association USA* mendefinisikan *Reliability* sebagai probabilitas dari sebuah item yang menunjukkan fungsi yang diharapkan melebihi periode waktu yang diberikan dan dibawah kondisi operasi yang ditemui (Govil, 1983). Berdasarkan definisi diatas maka jika suatu produk atau sistem mampu menyelesaikan pekerjaan sesuai spesifikasi yang ditentukan, namun tidak memenuhi waktu dan kondisi yang ditetapkan maka *Reliability* tidak dapat tercapai, begitu pula sebaliknya. *Reliability* akan tercapai jika suatu produk dapat memenuhi keseluruhan poin yang meliputi fungsi yang diharapkan, waktu dan kondisi operasi. Secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa terdapat empat elemen penting dalam *Reliability*, yakni probabilitas, tujuan atau fungsi yang diharapkan, waktu, dan kondisi operasi.

*Reliability* erat kaitannya dengan *quality* dan *safety*. Dalam kasus *safety*, *Reliability* merupakan hal yang sangat penting. *Safety* sendiri didefinisikan sebagai

perlindungan kehidupan manusia dan pencegahan terhadap bahaya dari kegiatan yang telah ditetapkan (Dhillon, 2005). Untuk melakukan analisa kemampuan sistem tersebut dalam mengatasi bahaya yang ditimbulkan dalam permasalahan K3 maka sangat dibutuhkan pengukuran *Reliability*. Hal ini sejalan dengan definisi *Reliability* dalam sistem keselamatan yang didefinisikan sebagai kemampuan sebuah sistem keselamatan untuk melakukan fungsi keselamatan dibawah lingkungan yang diberikan dan kondisi operasi untuk periode waktu yang ditetapkan (Schonbeck, 2007).

## 2.2 Human Error

*Human error* dapat didefinisikan sebagai keputusan atau perilaku manusia yang tidak tepat yang mengurangi atau berpotensi mengurangi efektivitas, keselamatan atau performa sistem (Sanders dan McCormick, 1993). Dua hal yang dicatat dalam definisi ini adalah *error* didefinisikan sebagai dampak yang tidak diinginkan atau memeberikan efek potensial terhadap sistem atau manusia dan *error* dapat memengaruhi secara potensial sistem dan manusia.

Secara garis besar terdapat beberapa faktor yang memengaruhi hasil kerja manusia dan dapat dibagi atas dua kelompok, yakni:

- a. Faktor-faktor diri (individu) terdiri atas: sikap, sifat, nilai, karakteristik, motivasi, usia, jenis kelamin, pendidikan, pengalaman, dan lain-lain.
- b. Faktor-faktor situasional: lingkungan fisik, mesin, dan peralatan, metode kerja, dan lain-lain. (Ishak A, 2002)

Klasifikasi *human error* dapat digunakan dalam pengumpulan data tentang *human error* serta memberikan panduan yang berguna untuk menyelidiki sebab terjadinya *human error* dan cara untuk mengatasinya. Klasifikasi *human error* menurut Swain dan Guttman (1983) adalah sebagai berikut:

- a. *Error of Omission* yaitu kesalahan karena lupa melakukan sesuatu. Contohnya seorang montir listrik terkena sengatan listrik karena lupa memutuskan arus listrik yang seharusnya diputus sebelum melakukan pekerjaan tersebut.
- b. *Error of Commission* yaitu ketika mengerjakan sesuatu tetapi tidak dengan cara yang benar. Contohnya, seorang mekanik seharusnya menyalakan

*conveyor* dengan kecepatan yang bisa saja namun karena kehilangan keseimbangan, sang mekanik melakukan kesalahan dengan menyalakan *conveyor* pada kecepatan penuh.

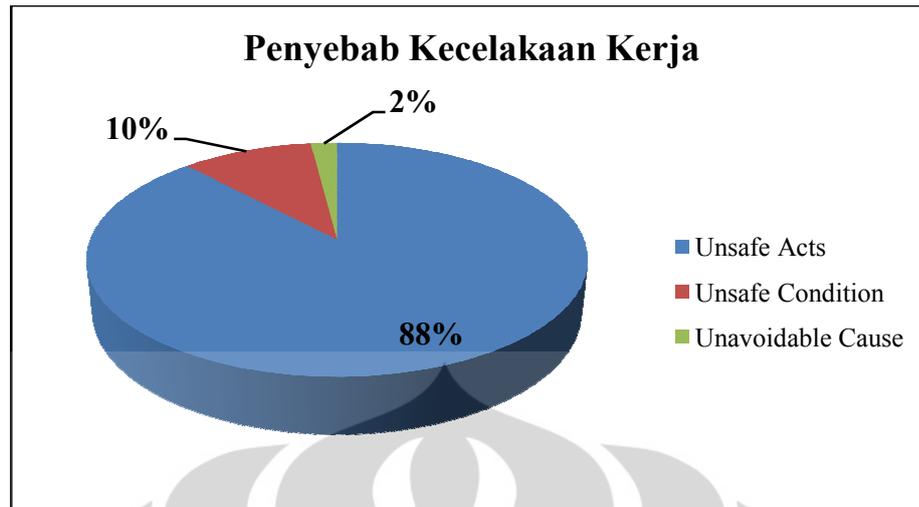
- c. *A Sequence Error* yaitu kesalahan karena melakukan pekerjaan tidak sesuai dengan urutan. Contohnya, seorang *operator* seharusnya melakukan pekerjaan dengan urutan mengangkat baru memutar benda yang diangkat. Namun yang terjadi, sang *operator* memutar benda terlebih dahulu tanpa mengangkatnya, akibatnya benda tersebut terbalik dan menimpa sang *operator*.
- d. *A Timing Error* yaitu kesalahan yang terjadi ketika seseorang gagal melakukan pekerjaan dalam waktu yang telah ditentukan, baik karena respon yang terlalu lama ataupun respon yang terlalu cepat. Contohnya, seorang *operator* seharusnya menjauhkan tangannya dari suatu mesin, namun karena respon *operator* terlalu lama, sang *operator* gagal menjauhkan tangannya di waktu yang telah ditentukan dan menyebabkan kecelakaan serius.

Terjadinya kecelakaan kerja dijelaskan dalam beberapa teori, teori tersebut adalah sebagai berikut:

- a. *The Domino Theory of Accident Causation*

Teori ini dikembangkan oleh pencetus mengenai pencegahan kecelakaan kerja dan keselamatan industri, Heinrich pada tahun 1920-an menyimpulkan bahwa 88% kecelakaan kerja dikarenakan *unsafe acts* yang dikarenakan pekerja, 10% dikarenakan *unsafe conditions* dan 2 % dikarenakan faktor yang tidak dapat dihindarkan.

Heinrich mengungkapkan lima faktor yang menyebabkan terjadinya rangkaian kejadian yang menyebabkan kecelakaan kerja, faktor tersebut meliputi *ancestry and social environment*, *fault of person*, *unsafe act/mechanical or physical hazard*, *accident*, dan *injury*. Dari faktor tersebut terdapat poin penting yakni kecelakaan kerja dikarenakan faktor terdahulu dan pengurangan faktor utama yang meliputi *unsafe act/hazardous condition* meniadakan aksi dari faktor terdahulu, hal ini berarti mencegah terjadinya kecelakaan kerja dan luka-luka.

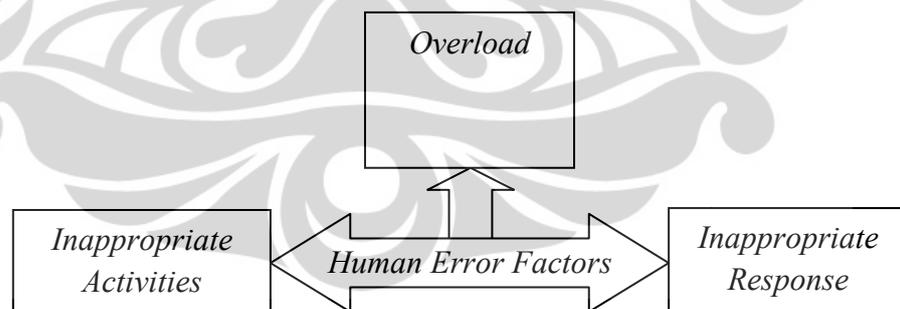


**Gambar 2.1** Penyebab Kecelakaan Kerja

(Sumber: Heinrich, 1920)

b. *The Human Factors Theory of Accident*

Goestech pada tahun 1999 pernah membahas mengenai teori terjadinya kecelakaan kerja yang diakibatkan oleh faktor manusia yang disebut dengan *human factors theory*. *Human factors theory* menyatakan bahwa terjadinya kecelakaan kerja dikarenakan rangkaian kegiatan yang disebabkan oleh *human error*. Faktor yang menyebabkan terjadinya *human error* tersebut dijelaskan sebagai berikut:



**Gambar 2.2** Faktor yang Menyebabkan Terjadinya *Human Error*

(Sumber: Geotsch, 1999)

Sebuah perusahaan yang memproduksi aluminium, *Kitchenware Manufacturing Incorporated (KMI)* menemukan bahwa faktor penyebab terjadinya *human error* yang disebabkan oleh *overload* yakni pekerja memproduksi produk terlalu banyak melebihi batasan kemampuan. Tekanan

kerja, pelatihan yang tidak tepat pada karyawan baru, dan kelelahan juga memengaruhi terjadinya *overload*. Pada kategori *inappropriate activities response* sering terjadinya pekerja yang memindahkan alat keselamatan dari mesin untuk meningkatkan produksi. Banyak kecelakaan kerja yang terjadi akibat pemindahan alat keselamatan kerja tersebut. Untuk kategori *inappropriate activities* terjadi dikarenakan pekerja tidak terlatih secara benar, sering terjadinya kesalahan pekerja dalam memahami antara resiko kecelakaan kerja yang terjadi pada pekerjaan mereka.

c. *The accident/incident theory of accident causation*

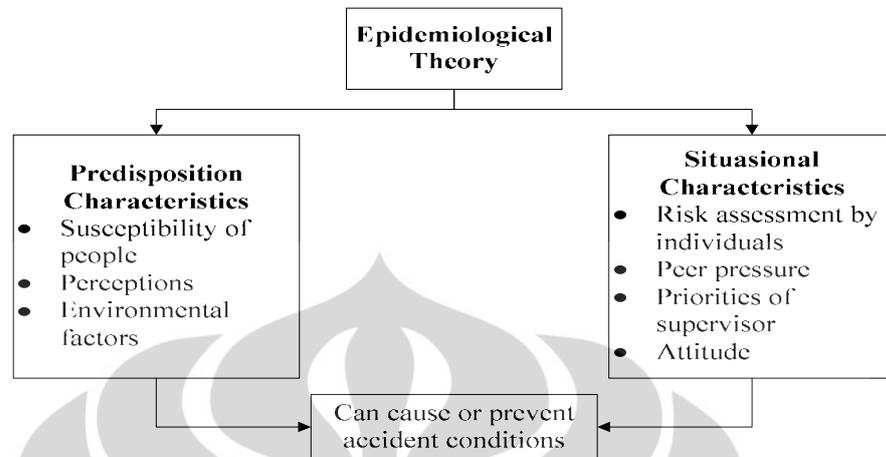
*Accident/ incident theory* merupakan kelanjutan dari *human factor theory*. Teori ini dikembangkan oleh Dan Petersen. Petersen menjelaskan tentang elemen baru yang disebut *ergonomic traps*, pengambilan keputusan yang salah dan kegagalan sistem, yang berhubungan dengan *human factor theory*. Pada model ini *overload*, *ergonomic traps*, dan keputusan adalah hal menyebabkan *human error*. Dijelaskan bahwa berbagai tekanan seperti *deadline* dan faktor biaya dapat menyebabkan seseorang untuk memutuskan berbuat perilaku yang tidak aman (*unsafe manner*).

Kegagalan sistem merupakan hal yang penting dalam teori ini. Pertama, hal ini menunjukkan bahwa hubungan sebab akibat antara keputusan manajemen dan keselamatan kerja. Kedua, pada teori ini digambarkan mengenai peranan manajemen dalam pencegahan kecelakaan kerja termasuk konsep yang lebih luas terhadap keselamatan dan kesehatan pada tempat kerja.

d. *Epidemiological Theory of Accident Causation*

Teori ini menjelaskan tentang model yang digunakan untuk pembelajaran dan penentuan hubungan antara faktor lingkungan dan kecelakaan. Kunci dari metode ini adalah karakteristik kecenderungan dan karakteristik situasional. Kedua karakteristik tersebut dapat menyebabkan atau mencegah terjadinya kecelakaan kerja. Sebagai contoh, jika seorang pekerja mengalami tekanan (karakteristik kecenderungan) yang dikarenakan teman kerjanya (karakteristik situasional) untuk meningkatkan kecepatan operasinya, hal ini akan meningkatkan

kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja. Bagan *Epidemiological Theory* adalah sebagai berikut:

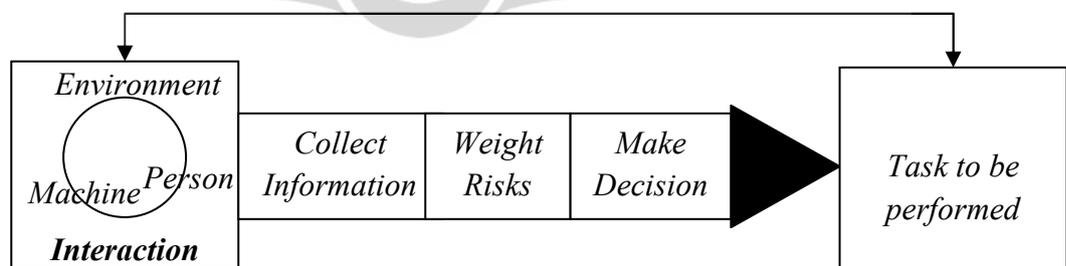


**Gambar 2.3** *Epidemiological Theory*

(Sumber: Geotsch, 1999)

e. *Sistem theory of causation*

Teori ini menjelaskan tentang pandangan bahwa suatu kejadian dimana kecelakaan mungkin terjadi sebagai sistem terdiri atas komponen: manusia (*host*), mesin (*agency*), dan lingkungan. Frekuensi kecelakaan kerja terjadi bagaimana komponen-komponen tersebut berinteraksi. Perubahan dalam pola interaksi komponen tersebut dapat meningkatkan atau mengurangi probabilitas dari kecelakaan yang terjadi. Sebagai contoh pekerja yang berpengalaman yang mengoperasikan mesin control numerical dalam suatu lingkungan digantikan oleh pekerja yang memiliki pengalaman lebih sedikit. Pergantian pekerja ini meningkatkan probabilitas terjadinya kecelakaan. *Sistem theory* model digambarkan dalam diagram berikut:



**Gambar 2.4** *Sistem Theory Model*

(Sumber: Geotsch, 1999)

### 2.2.1 *Human Error* dan Kecelakaan Kerja

Kecelakaan kerja atau *accident* dapat didefinisikan sebagai kejadian yang tidak dapat diantisipasi yang menimbulkan gangguan pada sistem atau individual atau berdampak dalam penyelesaian misi sistem atau pekerjaan individual (Meister, 1987). Kecelakaan kerja dalam bentuk sederhana dapat dibagi menjadi kecelakaan kerja yang disebabkan *unsafe behavior* dan kecelakaan kerja yang disebabkan oleh *unsafe conditions* (Heinrich, 1959). *Human error* erat kaitannya dengan kecelakaan kerja yang disebabkan oleh *unsafe behavior* mengingat pengertian yang disampaikan oleh Sanders dan McCormick pada 1993 mengenai *human error* yang diakibatkan oleh perilaku yang tidak tepat dari pekerja.

Proporsi kecelakaan kerja yang disebabkan oleh *human error* masih bias mengingat batasan yang belum jelas terhadap penyebab kecelakaan yang diakibatkan oleh *human error*. Penelitian yang dilakukan oleh Dominic Cooper pada tahun 1999 berpendapat bahwa 80-95% kecelakaan kerja disebabkan oleh *unsafe behavior*. Selain itu *Nation Safety Council* menyatakan 88% kecelakaan kerja terjadi karena *unsafe behavior* dan *DuPont Company* menyatakan kecelakaan kerja yang dikarenakan *unsafe behavior* mencapai 96% dari keseluruhan kecelakaan kerja yang terjadi.

Heinrich pada tahun 1995 melakukan penelitian mengenai jumlah kecelakaan kerja yang terjadi karena *human error* dimana kecelakaan kerja yang terjadi akibat *human error* diperkirakan sebanyak 85% dari keseluruhan kecelakaan kerja yang terjadi. Terjadinya *human error* bisa dikarenakan beberapa faktor. Dalam pandangan yang sempit *human error* digunakan untuk menjelaskan mengenai kegagalan yang dilakukan oleh *operator* atau *error* yang menyebabkan kecelakaan pada pekerja. Namun pandangan tersebut sangat sempit mengingat terdapat pihak-pihak lain yang berkontribusi terhadap terjadinya *human error* seperti manajer, desainer sistem, bagian pemeliharaan, dan kolega kerja juga dapat berkontribusi terhadap terjadinya *human error*. Petersen pada 1994 menyatakan bahwa *human error* merupakan dasar dari semua kecelakaan kerja.

### 2.2.2 Eliminasi *Human Error*

Frekuensi dan konsekuensi dari *human error* dapat dikurangi melalui pemilihan personel dan pelatihan dan desain peralatan, prosedur dan lingkungan yang tepat (Sanders dan McCormick, 1993). Hal tersebut dijelaskan sebagai berikut:

#### a. Pemilihan pekerja

Pemilihan pekerja dengan kemampuan yang sesuai dalam melakukan suatu pekerjaan akan mengurangi *human error* yang terjadi. Kemampuan motorik dan intelektual seorang *operator* akan menentukan keberhasilan suatu pekerjaan. Namun tidak mudah dalam menentukan kemampuan yang sesuai tersebut, pengujian terhadap kemampuan yang dibutuhkan juga tidak selalu tersedia, selain itu terkadang dalam pemilihan pekerja tidak tersedianya sumber *operator* yang memiliki kualifikasi yang diinginkan.

#### b. Pelatihan

Kegagalan dapat diatasi dengan pelatihan yang baik terhadap pekerja. Selain itu pekerja tidak selalu bekerja dengan kemampuan yang diberikan pada saat pelatihan. Tidak bisa dipungkiri juga bahwa dalam berbagai situasi di industri, pelatihan terhadap pekerja menjadi suatu pertimbangan karena biaya pelatihan yang harus dikeluarkan tergolong mahal.

#### c. Desain

Perancangan dari peralatan, prosedur, dan lingkungan dapat meningkatkan performa dari pekerja termasuk pengurangan frekuensi kejadian dan konsekuensi terjadinya kecelakaan kerja.

### 2.3 Keandalan Manusia (*Human Reliability*)

Permasalahan dari keandalan manusia dapat disikapi sebagai permasalahan mengapa seseorang terkadang dapat sukses dan gagal dalam mencapai tujuan yang diinginkan. Kegagalan dalam mencapai tujuan dapat dihubungkan dengan *human error*. *Human Reliability* tidak bisa dilepaskan dengan *human error*. Sebagai sebuah metodologi, *human Reliability* merupakan prosedur untuk melakukan analisa kuantitatif untuk memprediksi kemungkinan terjadinya *human*

*error* dan secara teoritis *human Reliability* memberikan penjelasan bagaimana *human error* terjadi, serta sebagai sebuah pengukuran *human Reliability* melakukan perhitungan probabilitas dari kesuksesan suatu kegiatan atau pekerjaan yang dilakukan oleh manusia (Sanders dan McCormick, 1993).

Analisa keandalan dapat meliputi langkah-langkah sebagai berikut(Charles, 1976):

- a. Mengidentifikasi tugas-tugas untuk ditunjukkan
- b. Mengidentifikasi elemen tugas
- c. Menunjukkan data empiris
- d. Membangun tingkatan elemen tugas
- e. Mengembangkan persamaan regrese
- f. Membangun keandalan tugas

### **2.3.1 Pengukuran Human Error melalui Human *Reliability Analysis***

*Human Reliability Assessment* (HRA) merupakan metode kualitatif dan kuantitatif untuk mengukur kontribusi manusia terhadap resiko.Terdapat banyak variasi dari HRA yang dikembangkan pada industri dengan bahaya tinggi dan beberapa metode yang dikembangkan kepada industri tertentu.Dalam kaitannya dengan Kesehatan, Keselamatan dan Lindung Lingkungan (K3LL), *HRA* digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang diberikan manusia, melakukan pengukuran resiko dan pengurangan resiko terlahap kecelakaan kerja.

Secara total terdapat 72 alat *human Reliability* yang potensial digunakan, dimana terdapat 37 metode yang masih dalam investigasi dan 35 metode yang telah diinvestigasi dalapat digunakan dalam pengukuran *human Reliability* dalam konteks K3LL (Bell dan Holyord, 2007). Sebanyak 35 metode HRA yang sudah diinvestigasi tersebut adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.1** Metode-Metode *Human Reliability Analysis*

<b>Metode</b>	<b>Kepanjangan</b>
ASEP	<i>Accident Sequence Evaluation Programme</i>
AIPA	<i>Accident Initiation and Progression Analysis</i>
APJ	<i>Absolute Probability Judgement</i>
ATHENANA	<i>A Technique for Human Error Analysis</i>
CAHR	<i>Connectionism Assessment of Human Reliability</i>
CARA	<i>Controller Action Reliability Assessment</i>
CES	<i>Cognitive Environmental Simulation</i>
CESA	<i>Commission Errors Search and Assessment</i>
CM	<i>Confusion Matric</i>
CODA	<i>Conclusions from Occurences by Descriptions of Actions</i>
COGENT	<i>COGnitive EveNT Tree</i>
COSIMO	<i>Cognitive Simulation Model</i>
CREAM	<i>Cognitive Reliability and Error Analysis Method</i>
DNE	<i>Direct Numerical Estimation</i>
DREAMS	<i>Dynamic Reliability Technique for Error Assessment in man-Machine Sistem</i>
FACE	<i>Framework for Analysing Commission Errors</i>
HCR	<i>Human Cognitive Reliability</i>
HEART	<i>Human Error Assessment and Reduction Technique</i>
HORAAM	<i>Human And Organizational Reliability Analysis in Accident Management</i>
HRMS	<i>Human Reliability Management Sistem</i>
INTENT	<i>Not an Acronym</i>

(Sumber: Bell dan Holroyd, 2009)

**Tabel 2.1** Metode-Metode *Human Reliability Analysis* (Lanjutan)

<b>Metode</b>	<b>Kepanjangan</b>
JHEDI	<i>Justified Human Error Data Information</i>
MAPPS	<i>Maintenance Personnel Performance Simulation</i>
MERMOS	<i>Method d'Evaluation de la Realisation des Missions Operateur pour la Surete (Assessment method for the performance of safety operation)</i>
NARA	<i>Nuclear Action Reliability Assessment</i>
OATS	<i>Operator Action Tree Sistem</i>
OHPR	<i>Operational Human Performance Reliability Analysis</i>
PC	<i>Paired Comparisons</i>
PHRA	<i>Probabilistic Human Reliability Assessment</i>
SHARP	<i>Sistematic Human Action Reliability Procedure</i>
SLIM- MAUD	<i>Success Likelihood Index Methodology, Multi-Attribute Utility Decomposition</i>
SPAR-H	<i>Simplified Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment</i>
STHR	<i>Socio-Technical Assessment of Human Reliability</i>
TESEO	<i>Tecnica Empirica Stima Errori Operatori (empirical Technique to Estimate Operator Errors)</i>
THERP	<i>Technique for Human Error Rate Prediction</i>

(Sumber: Bell dan Holroyd, 2009)

Dari 35 metode HRA tersebut terdapat 17 metode yang potensial untuk digunakan dalam K3LL. Metode yang potensial tersebut adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.2** Metode *Human Reliability* yang potensial digunakan dalam kasus K3

<b>Metode</b>	<b>Comment</b>	<b>Domain</b>
THERP	<i>A comprehensive HRA approach developed for the USRNC</i>	<i>Nuclear with wider application</i>
ASEP	<i>A shortened version of THERP</i>	<i>Nuclear</i>

(Sumber: Bell dan Holroyd, 2009)

**Tabel 2.2** Metode Human Reliability yang potensial digunakan dalam kasus K3(Lanjutan)

<b>Metode</b>	<b>Comment</b>	<b>Domain</b>
HEART	<i>Relatively quick apply and understood by engineers and human factors specialists. The method is available via published research papers. (A manual is available via British Energy)</i>	<i>Generic</i>
SPAR-H	<i>Useful approach for situations where a detailed assessment is not necessary. Developed for the USRN</i>	<i>Nuclear with wider application</i>
ATHEANA	<i>Resource intensive and would benefit from further development. Developed by the USRNC</i>	<i>Nuclear with wider application</i>
CREAM	<i>Requires further development. Available in a number of published reference</i>	<i>Generic</i>
APJ	<i>Requires tight controls to minimise bias, otherwise validity may be questionable</i>	<i>Generic</i>
SLIM-MAUD	<i>Requires tight controls to minimise of SLIM element, otherwise validity can be questionable. The SLIM element is publicly available</i>	<i>Nuclear with wider application</i>
HRMS	<i>Comprehensive computerised tool. A propriatery method.</i>	<i>Nuclear</i>
JHEDI	<i>Faster screening technique than HRMS, its parent tool. Apropriatery method</i>	<i>Nuclear</i>
INTENT	<i>Narrow focus on errors of intention. Little evidence of use but potentially useful. Available by contacting the authors.</i>	<i>Nuclear</i>

(Sumber: Bell dan Holroyd, 2009)

Berdasarkan data tersebut maka terdapat tiga generasi dalam metode yang digunakan pada HRA. Generasi pertama kebanyakan memiliki tujuan untuk membantu perhitungan resiko dan mengkuantifikasi frekuensi dari terjadinya *human error*. Pada tahapan pertama ini, metode menganjurkan pengukuran resiko untuk membagi pekerjaan kedalam komponen bagian-bagian lalu mempertimbangkan dampak potensial dari waktu tekanan, desain peralatan, dan stress. Dengan mengkombinasikan hal tersebut maka akan diperoleh nominal *Human Error Probabilities (HEP)*.

Generasi kedua dimulai pada tahun 1990an. Pada tahapan ini banyak dikemukakan mengenai konteks dan *errors of commission* dalam pengukuran *human error*. Kirwan (2007) melaporkan bahwa metode yang paling terkemuka dalam generasi kedua adalah ATHEANA, CREAM, MERMOS, dan CAHR. Namun, pendekatan ini tampak tidak bisa digunakan diluar EdF (Electricite de France) dimana metode tersebut dikembangkan. Literatur tersebut menyatakan bahwa generasi kedua secara umum masih dipertimbangkan, tetapi bentuknya sekarang dapat menghasilkan wawasan mengenai perkembangan HRA. Metode baru banyak dikembangkan berdasarkan metode sebelumnya pada generasi pertama seperti metode HEART, yang berkembang menjadi metode HRA pada generasi ketiga.

### **2.3.2 Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART)**

HEART pertama kali diperkenalkan oleh Williams pada 1985 ketika beliau bekerja pada *Central Electricity Generating Board*. Metode ini dijelaskan secara detail oleh Williams pada tahun 1986 dan 1988. HEART merupakan metode yang dirancang sebagai metode HRA yang cepat dan sederhana dalam mengkuantifikasi resiko *human error*. Metode ini secara umum dapat digunakan pada situasi atau industri dimana *human Reliability* menjadi suatu hal yang penting. Metode HEART digunakan dalam industri nuklir dan berbagai industri seperti kimia penerbangan, kereta api, pengobatan, dan sebagainya (Bell dan Holroyd, 2009).

HEART merupakan salah satu metode HRA yang memiliki sejarah validasi. Pada tahun 1997, Kirwan melakukan validasi pada metode HEART

melalui dua metode yakni THERP dan JHEDI. Penelitian validasi ini dilakukan oleh tiga puluh praktisi HRA yang melakukan pengukuran terhadap tiga puluh pekerjaan. Validasi dilakukan dengan sepuluh orang melakukan pengukuran menggunakan metode THERP, sepuluh orang menggunakan metode HEART dan sepuluh orang menggunakan metode JHEDI. Hasil validasi tersebut menunjukkan korelasi yang signifikan berdasarkan *assessed value* dan *true values*. Kirwan menemukan bahwa tidak ada satupun teknik yang memiliki performa beda dibandingkan lainnya dan ketiga metode memiliki level akurasi yang masuk akal (Kirwan, 1997)

Metode ini dikembangkan dengan dasar pemikiran sebagai berikut:

1. Dasar *human Reliability* adalah dependen dengan sifat-sifat umum dari pekerjaan yang dilakukan.
2. Dalam kondisi yang sempurna, level keandalan akan cenderung untuk tercapai secara konsisten dengan frekuensi kejadian yang diberikan dengan batasan probabilitas.
3. Bahwa kondisi yang sempurna tidak dapat tercapai dalam berbagai keadaan, prediksi keandalan akan berkurang seiring dengan fungsi dari masing-masing *Error Producing Conditions* (ECPs) yang teridentifikasi mungkin terjadi.

Terdapat 9 *Generic Task Types* (GTTs) yang dijelaskan melalui metode HEART, masing masing dengan *Human Error Potential* (HEP), dan 38 *Error Producing Conditions* (ECPs) yang mungkin berdampak pada keandalan pekerjaan. *Generic Task* dan *Error Producing Conditions* (EPCs) yang ditentukan dalam metode HEART tersebut adalah sebagai berikut:

**Tabel 2.3** *Generic Task* dalam metode HEART

	<i>Generic Task</i>	<i>Nominal Human Unreliability</i>	<i>Range</i>
<b>A</b>	Pekerjaan yang benar-benar asing atau tidak dikuasai, dilakukan pada suatu kecepatan tanpa konsekuensi yang jelas	0,55	(0,35-0,97)
<b>B</b>	Merbah atau mengembalikan sistem ke keadaan yang baru atau awal dengan suatu upaya tunggal tanpa pengawasan dan prosedur	0,26	(0,14-0,42)
<b>C</b>	Pekerjaan yang kompleks dan membutuhkan tingkat pemahaman dan keterampilan tinggi	0,16	(0,12-0,28)
<b>D</b>	Pekerjaan yang cukup sederhana, dilakukan dengan cepat atau membutuhkan sedikit perhatian	0,09	(0,06-0,13)
<b>E</b>	Pekerjaan yang rutin, terlatih, memerlukan keterampilan yang rendah	0,02	(0,007-0,045)
<b>F</b>	Mengembalikan atau menggeser sistem ke kondisi semula atau baru dengan mengikuti prosedur, dengan beberapa pemeriksaan	0,003	(0,008-0,007)
<b>G</b>	Pekerjaan familiar yang sudah dikenal, dirancang dengan baik. Merupakan tugas rutin yang terjadi beberapa kali perjam dilakukan bedasarkan standard yang sangat tinggi oleh personel yang telah terlatih dan berpengalaman dengan waktu untuk memperbaiki kesalahan yang potensial	0,0004	(0,00008-0,009)
<b>H</b>	Menanggapi perintah sistem dengan benar bahkan ada sistem pengawasan otomatis tambahan yang menyediakan interpretasi akurat	0,00002	(0,000006-0,00009)

**Tabel 2.4** *Error Producing Conditions* dalam metode HEART

	<i>Error Producing Condition (EPC)</i>	<b>Nilai EPC</b>
1	Ketidakbisaaan dengan sebuah situasi yang sebenarnya penting namun jarang terjadi	17
2	Waktu singkat untuk mendeteksi kegagalan dan tindakan koreksi	11
3	Rasio bunyi sinyal yang rendah	10
4	Penolakan informasi yang sangat mudah untuk diakses	9
5	Tidak adanya alat untuk menyampaikan informasi spasial dan fungsional kepada <i>operator</i> dalam bentuk <i>operator</i> dapat secara siap memehaminya.	8
6	Ketidaksesuaian antara SOP dan kenyataan dilapangan	8
7	Tidak adanya cara untuk membalikkan kegiatan yang tidak diharapkan	8

(Sumber: Bell dan Holroyd, 2009)

**Tabel 2.4** *Error Producing Conditions* dalam metode HEART

<b><i>Error Producing Condition (EPC)</i></b>		<b>Nilai EPC</b>
8	Kapasitas saluran komunikasi overload, 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 ke kegiatan tanpa kehilangan	6
11	Ambiguitas dalam memerlukan performa standar	5,5
12	Penolakan informasi yang sangat mudah untuk diakses	4
13	Ketidaksesuaian antara perasaan dan resiko sebenarnya	4
14	Ketidajelasan, konfirmasi yang langsung tepat pada waktunya dari aksi yang diharapkan pada suatu sistem dimana pengendalian digunakan	4
15	<i>Operator</i> 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
17	Sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil	3
18	Adanya konflik antara tujuan jangka pendek dan jangka panjang	2,5
19	Tidak adanya perbedaan dari input informasi unruk pengecekan ketelitian	2
20	Ketidaksesuaian anatara level edukasi yang telah dimiliki oleh individu dengan kebutuhan pekerja	2
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

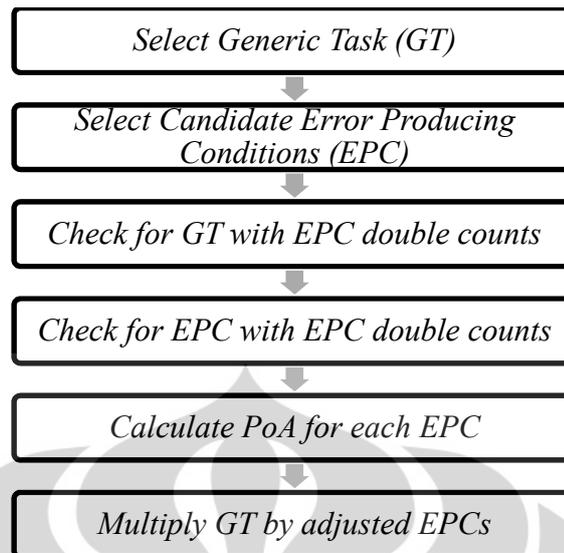
(Sumber: Bell dan Holroyd, 2009)

**Tabel 2.4** *Error Producing Conditions* dalam metode HEART

<b>Error Producing Condition (EPC)</b>		<b>Nilai EPC</b>
24	Kebutuhan untuk membuat suatu keputusan yang diluar kapasitas atau pengalaman dari <i>operator</i>	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	Sedikit atau tidak adanya hakiki hari dari aktivitas	1,4
29	Level emosi yang tinggi	1,3
30	Adanya gangguan kesehatan khususnya demam	1,2
31	Tingkat kedisiplinan yang rendah	1,2
32	Ketidakkonsistenan dari tampilan atau prosedur	1,2
33	Lingkungan yang buruk atau tidak mendukung	1,15
34	Siklus berulang-ulang yang tinggi dari pekerjaan dengan beban kerja bermental rendah	1,1
35	Terganggunya siklus tidur normal	1,05
36	Melewatkan kegiatan karena intervensi dari orang lain	1,06
37	Penambahan anggota tim yang sebenarnya tidak dibutuhkan	1,03
38	Usia yang melakukan pekerjaan	1,02

(Sumber: Bell dan Holroyd, 2009)

Metode HEART tersebut dapat dijelaskan melalui langkah-langkah sebagai berikut:



**Gambar 2.5** Langkah Pengerjaan dengan menggunakan metode HEART

(Sumber: <http://www.synergvergonomics.com/heart.php>)

Berdasarkan EPCs maka dilakukan perhitungan efek *error* yang akan terjadi melalui proporsi EPC's tersebut terjadi. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumusan berikut:

$$EPC' = ((EPC - 1) \times PoA) + 1 \quad (2.1)$$

Keterangan:

EPC = Nilai Error Producing Condition

PoA = Proporsi dari EPC

Untuk melakukan perhitungan probabilitas *human error* maka dilakukan perkalian antara *human unreliability* sesuai *generic Task* yang diperoleh dengan nilai EPCs. Perhitungan menggunakan perumusan sebagai berikut:

$$p(E) = GT \times EPC'1 \times EPC'2 \times EPC'3 \dots 5 \quad (2.2)$$

Keterangan:

GT = Generic Task Unreliability EPC = Nilai Error Producing Condition.

### 2.3.3 *Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment (SPARH)*

SPAR-H dikembangkan oleh *US Nuclear Research Commission (USNRC)*. Pada tahun 1994 USNRC bersama *Accident Sequence Precursor Program (ASP)* mengembangkan metode *Accident Sequence Precursor Standardized Plant Analysis Risk Model (ASP/SPAR)* yang merupakan cikal bakal dari metode SPAR-H. Metode SPAR-H sendiri dikembangkan pada tahun 1999 (German et al, 2004 pada *Review of Human Reliability Assessment Methods*, Bell dan Holyord, 2009). Metode SPAR-H diterapkan pada industry nuklir dengan aplikasi yang luas dibidang lain (Bell dan Holyord, 2009).

Metode ini menghitung probabilitas berdasarkan jenis kegiatan diagnosis dan jenis kegiatan *actions*. Kegiatan diagnosis merupakan kegiatan yang dilakukan pekerja yang berhubungan dengan pengalaman dan pengetahuan terhadap kondisi, perencanaan, dan pemprioritasan aktivitas dalam menjadwalkan suatu kegiatan. Pekerjaan *actions* merupakan pekerjaan yang melakukan satu atau lebih aktivitas yang diindikasikan sebagai diagnosis, kegiatan yang berhubungan dengan prosedur peraturan, dan prosedur penulisan. Sebagai contoh pekerjaan yang termasuk pengoperasian peralatan, menjalankan pompa, melakukan pengetesan dan kalibrasi, dan mengantisipasi alarm.

Metode SPAR-H melakukan perhitungan *Human Error Probabilities (HEP)* berdasarkan *Performance Shaping Factors (PSF's)*. PSF's dalam metode SPAR-H adalah sebagai berikut (Gertman et al, 2005):

- a. **Available time:** Waktu yang tersedia bagi *operator* untuk melakukan diagnosis atau aksi atas suatu kejadian
- b. **Stress :** Tingkatan dari kondisi tugas dan lingkungan yang tidak diharapkan yang mampu menghalangi pelaksanaan tugas *operator*
- c. **Experience dan Training:** Faktor tingkat pelatihan serta pengalaman yang dimiliki *operator* yang mendukung pelaksanaan tugas
- d. **Complexity:** Berkaitan dengan seberapa sulit pelaksanaan tugas dalam konteks yang ditentukan. Kompleksitas mempertimbangkan karakteristik tugas seperti mental dan *physical effort* yang diperlukan serta lingkungan dimana tugas dilaksanakan

- e. **Ergonomics (Human Machine Interface):** Ergonomi berkaitan dengan peralatan, display, dan control, layout, kualitas dan kuantitas informasi yang tersedia dalam instrument serta interaksi *operator* dengan peralatan dalam melaksanakan tugas
- f. **Procedure:**Prosedur menjelaskan tentang keberadaan prosedur formal dalam pelaksanaan tugas
- g. **Fitness for duty:**Berkaitan dengan apakah kesehatan fisik dan mental *operator* cukup baik untuk melaksanakan kerja pada waktu yang ditentukan .
- h. **Work Process:***Work process* menyangkut aspek pelaksanaan kerja, termasuk safety culture, perencanaan kerja, komunikasi , kebijakan, dan dukungan pihak manajemen. Ukuran work process meliputi jumlah rework, turn over, dan efisiensi.

Masing-masing PSF's memiliki kategori yang dijadikan acuan bagi *observer* dalam melakukan pengukuran reliabilitas yang disebut dengan *multiplier* dengan rincian untuk masing-masing PSF's sebagai berikut:

**Tabel 2.5** Kategori Penilaian *Performance Shaping Factors* pada SPAR-H

SPAR-H PSF's	SPAR-H PSF Levels	SPAR-H Multipliers
<i>Available Time</i>	<i>Inadequate Time</i>	P Failure = 1,0
	<i>Time Available=Time Required</i>	10
	<i>Nominal Time</i>	1
	<i>Time Available ≥ 5x Time Required</i>	0,1
	<i>Time Available ≥ 50x Time Required</i>	0,001
<i>Stress/ Stressors</i>	<i>Extreme</i>	5
	<i>High</i>	2
	<i>Nominal</i>	1

Sumber: *Idaho International Laboratory*, 2004

**Tabel 2.5** Kategori Penilaian *Performance Shaping Factors* pada SPAR-H

SPAR-H PSF's	SPAR-H PSF Levels	SPAR-H Multipliers
Complexity	<i>Highly Complex</i>	5
	<i>Moderately Complex</i>	2
	<i>Nominal</i>	1
Experience/ Training	<i>Low</i>	3
	<i>Nominal</i>	1
	<i>High</i>	0,5
Procedures	<i>Not Available</i>	50
	<i>Incomplete</i>	20
	<i>Available, but poor</i>	5
	<i>Nominal</i>	1
Ergonomic/HMI	<i>Missing/ Misleading</i>	50
	<i>Poor</i>	10
	<i>Nominal</i>	1
	<i>Good</i>	0,5
Fitness for Duty	<i>Unfit</i>	<i>P Failure = 1,0</i>
	<i>Degraded Fitness</i>	5
	<i>Nominal</i>	1
Work Process	<i>Poor</i>	2
	<i>Nominal</i>	1
	<i>Good</i>	0,8

(Sumber: *Idaho International Laboratory*, 2004)

Untuk kegiatan diagnosis digunakan nilai diagnosis *failure probabilities* sebesar 0,01, dimana perhitungan HEP pada metode SPAR-H dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

PSF composite diagnosis

$$= 0,01 \times Time \times Stress \times Complexity \times Experience \times Procedures \times Ergonomics \times Fitness \text{ for Duty} \times Processors \quad (2.3)$$

Jika terdapat 3 atau lebih PSF's yang bernilai negative atau lebih buruk dari kondisi nominal maka perhitungan HEP dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$HEP = \frac{NHEP \cdot PSF \text{ composite}}{NHEP \cdot (PSF \text{ composite} - 1) + 1} \quad (2.4)$$

Untuk kegiatan *action* perhitungan HEP dibedakan berdasarkan nilai *action failure probabilities* yang ditetapkan sebesar 0,001.

PSF composite diagnosis

$$= 0,001 \times \text{Time} \times \text{Stress} \times \text{Complexity} \times \text{Experience} \times \text{Procedures} \times \text{Ergonomics} \\ \times \text{Fitness for Duty} \times \text{Processors} \quad (2.5)$$

Jika terdapat 3 atau lebih PSF's yang bernilai negative atau lebih buruk dari kondisi nominal maka perhitungan HEP dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$HEP = \frac{NHEP \cdot PSF \text{ composite}}{NHEP \cdot (PSF \text{ composite} - 1) + 1} \quad (2.6)$$

Metode SPAR-H juga mempertimbangkan *factor dependency*, dimana *factor dependency* menggambarkan suatu kegiatan yang terjadi ber dampak pada rangkaian kegiatan yang terjadi sebelum atau sesudah kegiatan tersebut. Faktor *dependency* digambarkan dalam 4 kriteria utama, yakni *crew* yang sama (s) atau berbeda (d), *time* yakni waktu kegiatan yang berdekatan (c) atau berjauhan (nc), *location* yakni lokasi yang sama (s) atau berbeda dan *cues* yakni terdapat prosedur spesifik (a) atau tidak terdapat prosedur spesifik (na). Hubungan antar empat kriteria tersebut akan menghasilkan *factor dependency* berupa zero, low, moderate, complete, high yang digambarkan dalam table berikut ini:

Tabel 2.6 Faktor *Dependency* pada SPAR-H

Faktor <i>Dependency</i>					
<i>Condition Number</i>	<i>Crew (same or different)</i>	<i>Time (Close in time or not close in time)</i>	<i>Location (same or different)</i>	<i>Cues (additional or no additional)</i>	<i>Dependency</i>
1	s	c	s	na	<i>Complete</i>
2	s	c	s	a	<i>Complete</i>
3	s	c	d	na	<i>High</i>
4	s	c	d	a	<i>High</i>
5	s	nc	s	na	<i>High</i>
6	s	nc	s	a	<i>Moderate</i>
7	s	nc	d	na	<i>Moderate</i>
8	s	nc	d	a	<i>Low</i>
9	d	c	s	na	<i>Moderate</i>
10	d	c	s	a	<i>Moderate</i>
11	d	c	d	na	<i>Moderate</i>
12	d	c	d	a	<i>Moderate</i>
13	d	nc	s	na	<i>Low</i>
14	d	nc	s	a	<i>Low</i>
15	d	nc	d	na	<i>Low</i>
16	d	nc	d	a	<i>Low</i>
17					<i>Zero</i>

(Sumber: Idaho International Laboratory, 2004)

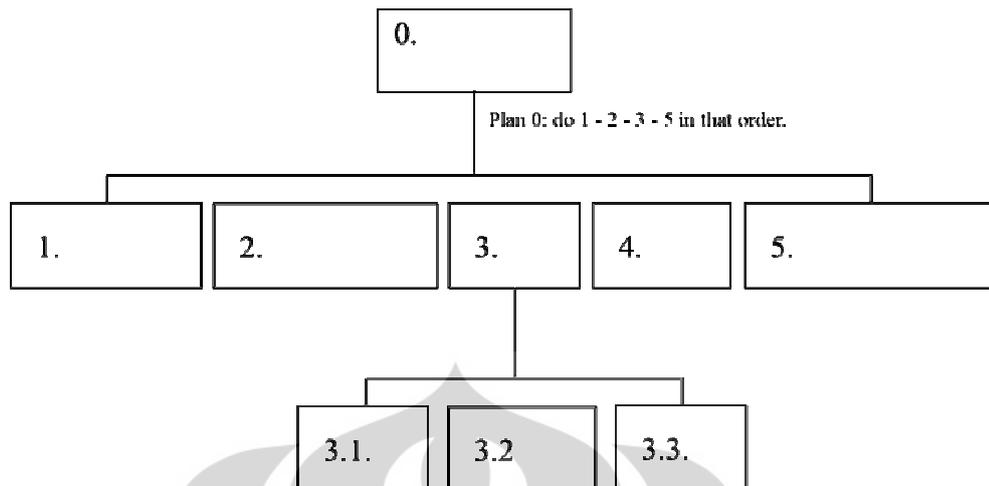
Perhitungan nilai HEP dengan mempertimbangkan factor *dependence* atau Pw/d menggunakan ketentuan sebagai berikut:

- Untuk *complete dependence* probabilitas kegagalan adalah 1.
- Untuk *highdependence* probabilitas kegagalan  $(1+Pw/od)/2$
- Untuk *moderatedependence* probabilitas kegagalan  $(1+6 \times Pw/od)/2$
- Untuk *lowdependence* probabilitas kegagalan  $(1+19 \times Pw/od)/20$
- Untuk *zerodependence* probabilitas kegagalan adalah  $(Pw/od)$

## 2.4 Hierarchical Task Analysis

Sebelum melakukan analisa dengan menggunakan metode HRA, maka langkah awal yang harus dilakukan adalah menganalisa tahapan kerja dari *operator*. Tahapan kerja ini dapat dianalisa menggunakan *Hierarchical Task Analysis* (HTA). HTA menghasilkan gambaran berupa hierarki dari pekerjaan dan sub pekerjaan. Dalam HTA juga dikenal *plans* yang menjelaskan tentang urutan dan kondisi pekerjaan yang dilakukan. HTA dapat berupa teks atau diagram. Langkah-langkah yang dilakukan dalam membuat HTA adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi pekerjaan utama yang akan dianalisa. Tentukan tujuan secara keseluruhan dengan batasan-batasannya. Selain itu tentukan ruang lingkup tujuan tersebut, apakah setiap aktivitas pekerjaan melibatkan aktivitas perawatan, aktivitas pada saat pekerjaan berjalan abnormal atau mengalami gangguan.
2. Memecah pekerjaan utama menjadi sub pekerjaan dan membangun *plan*. *Plan* berfungsi untuk menjelaskan rangkaian pekerjaan yang dikerjakan dengan kondisi tertentu. Misalkan dalam pekerjaan membuang sampah ke dalam keranjang terdapat sub kegiatan mengosongkan keranjang. Sub kegiatan ini dilakukan jika keranjang penuh. Untuk kasus seperti ini dalam HTA dijelaskan dalam *plan* dimana pekerjaan mengosongkan keranjang dilakukan apabila keranjang penuh.
3. Berhentikan sub pekerjaan berdasarkan tingkat rinciannya (*stopping rule*). *Stopping rule* adalah aturan untuk membatasi sejauh mana pekerjaan harus diuraikan menjadi sub pekerjaan dan operasi.
4. Lanjutkan proses penguraian tugas.
5. Kelompokkan beberapa sub pekerjaan (jika terlalu detail) ke level yang lebih tinggi dari sub pekerjaan.

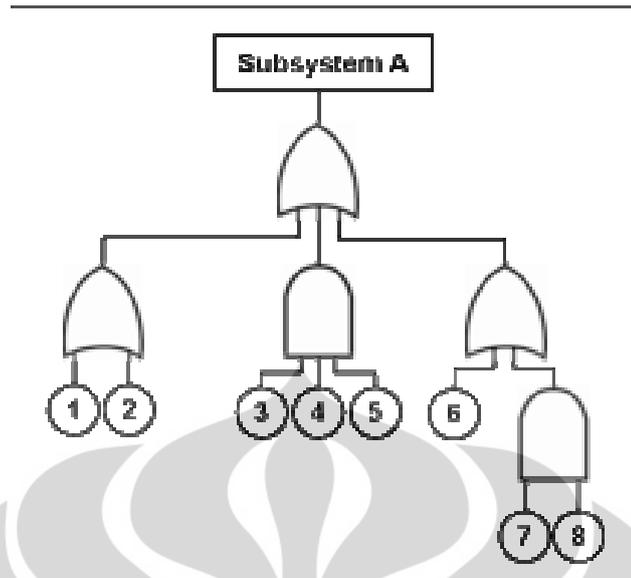


**Gambar 2.6** Contoh *Hierarchical Task Analysis*

## 2.5 *Fault Tree Analysis*

*Fault Tree Analysis* (FTA) merupakan metode untuk mengetahui pola kegagalan. FTA pertama kali dikembangkan pada *U.S Air Force* pada 1962 oleh *Bell Telephone Laboratories*. FTA merupakan salah satu teknik analisa logika yang menggunakan simbol yang ditemukan pada area *operation research*. Secara definisi FTA merupakan pendekatan *top-down* untuk menganalisa kegagalan, dimulai dengan kejadian potensial atau kecelakaan yang disebut dengan *top event* dan menetapkan cara kejadian itu bisa terjadi (Rausand, 2005). FTA banyak digunakan sebagai teknik untuk menganalisa hubungan sebab akibat pada suatu resiko maupun pengukuran keandalan. Langkah-langkah yang dilakukan dalam FTA yakni:

1. Mendefinisikan sistem, potensi kecelakaan atau *top event*, dan batasan kondisi.
2. Membangun pola kegagalan.
3. Mengidentifikasi *minimal cut sets*.
4. Analisa kualitatif pada pola kegagalan.
5. Analisa kuantitatif pada pola kegagalan.
6. Melaporkan hasil (Rausand, 2005).



**Gambar 2.7** Contoh *Fault Tree Analysis*

(Sumber: Dhillon, 2005)

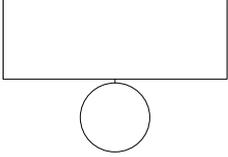
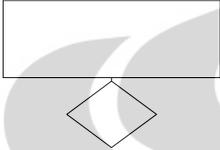
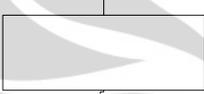
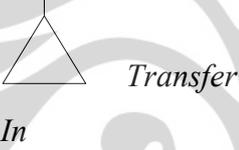
Dalam FTA terdapat beberapa symbol-simbol yang menggambarkan hubungan logika dari kejadian-kejadian. Simbol tersebut dijelaskan sebagai berikut:

**Tabel 2.7** Simbol dalam *Fault Tree Analysis*

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

(Sumber: Dhillon, 2005)

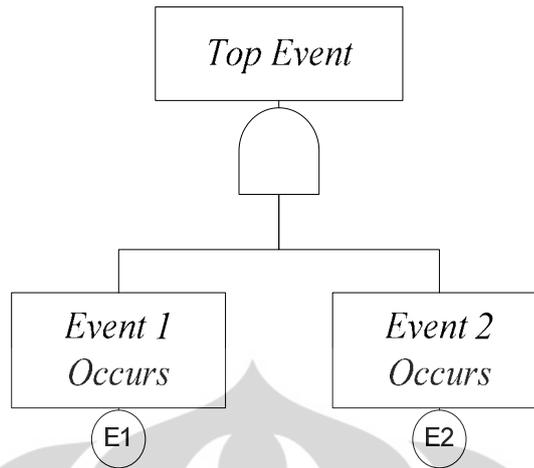
Tabel 2.7 Simbol dalam *Fault Tree Analysis* (Lanjutan)

Nama Simbol	Gambar Simbol	Fungsi Simbol
<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>	 	<i>Symbol Transfer-Out</i> mengindikasikan bahwa <i>faulttree</i> dikembangkan selanjutnya pada kejadian-kejadian dari <i>symbol transfer-in</i> yang sesuai.

(Sumber: Dhillon, 2005)

Tahapan pada FTA juga mencakup analisa kualitatif dan analisa kuantitatif terhadap pola kegagalan. Analisa kualitatif *FaultTree* 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 2.8** Single AND-Gate

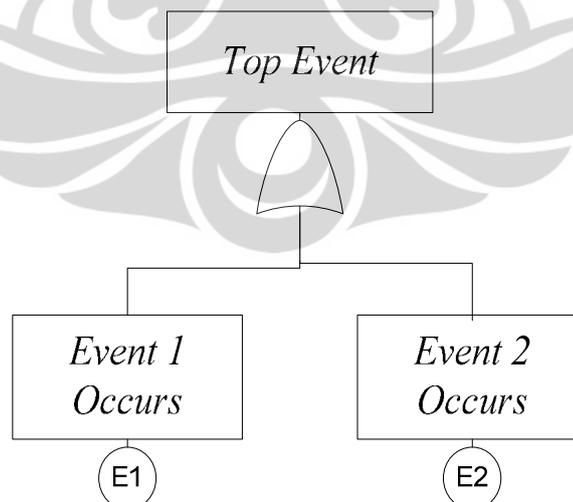
Perhitungan probabilitas *top event* pada logika AND-Gate yang terjadi adalah sebagai berikut:

$$Q_o(t) = \Pr(E1(t) \cap E2(t)) = \Pr(E1(t)) \cdot \Pr(E2(t)) \quad (2.7)$$

atau untuk AND – Gate pada m kejadian adalah sebagai berikut:

$$Q_o(t) = \prod_{j=1}^m q_j(t) \quad (2.8)$$

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 2.9** Single OR-Gate

Perhitungan probabilitas *top event* terjadi pada logika *OR-gate* ini adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_o(t) &= \Pr(E1(t) \cap E2(t)) \\ &= \Pr(E1(t)) + \Pr(E2(t)) - \Pr(E1(t)) \cdot \Pr(E2(t)) \end{aligned} \quad (2.9)$$

atau untuk *OR - Gate* pada  $m$  kejadian adalah sebagai berikut:

$$Q_o(t) = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - q_j(t)) \quad (2.10)$$



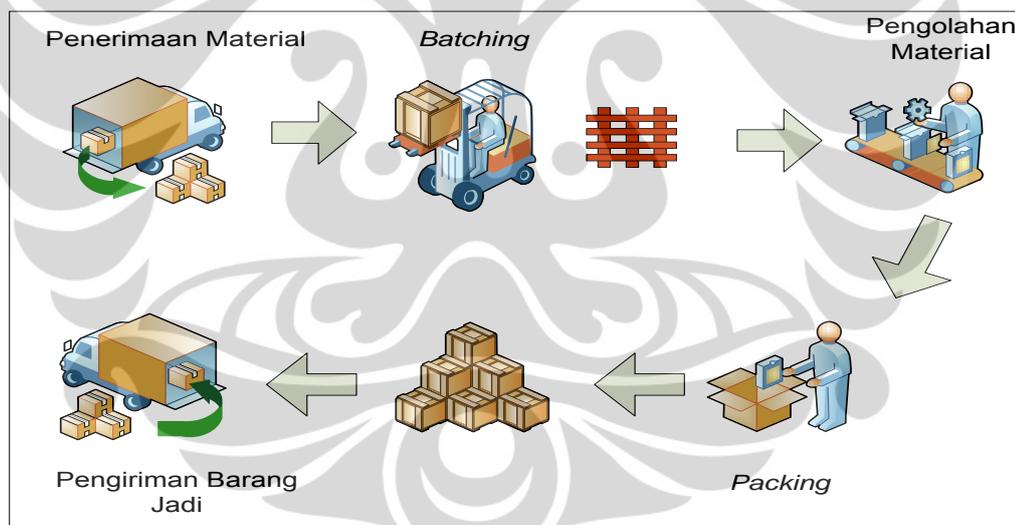
## BAB 3 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

### 3.1 Gambaran Umum Pabrik Susu Bayi

#### 3.1.1 Proses Produksi Susu Bayi

Pada pabrik susu bayi terdapat tiga area kerja yakni *low care*, *medium care*, dan *high care*. Mengingat pabrik susu bayi memiliki persyaratan kebersihan produk yang khusus maka pembagian area kerja ini mengacu pada proses produksi yang dilakukan dan resiko terhadap gangguan kualitas akibat intraksi antara manusia dan material.

Proses yang terjadi pada pabrik susu bayi meliputi proses penerimaan material dari *supplier* baik material utama produk maupun material *packaging*, proses *batching*, proses pengolahan material, proses *packing* dan proses pengiriman barang jadi. Alur proses tersebut digambarkan dalam *flow diagram* sebagai berikut:



**Gambar 3.1** Flow Process Chart Produksi Susu Bayi

Berdasarkan batasan permasalahan pada penelitian ini yakni area produksi, maka akan dibahas mengenai proses yang terjadi pada area produksi meliputi proses *batching*, pengolahan material, dan *packing*. Penjelasan ketiga proses tersebut adalah sebagai berikut:

#### a. Proses *Batching*

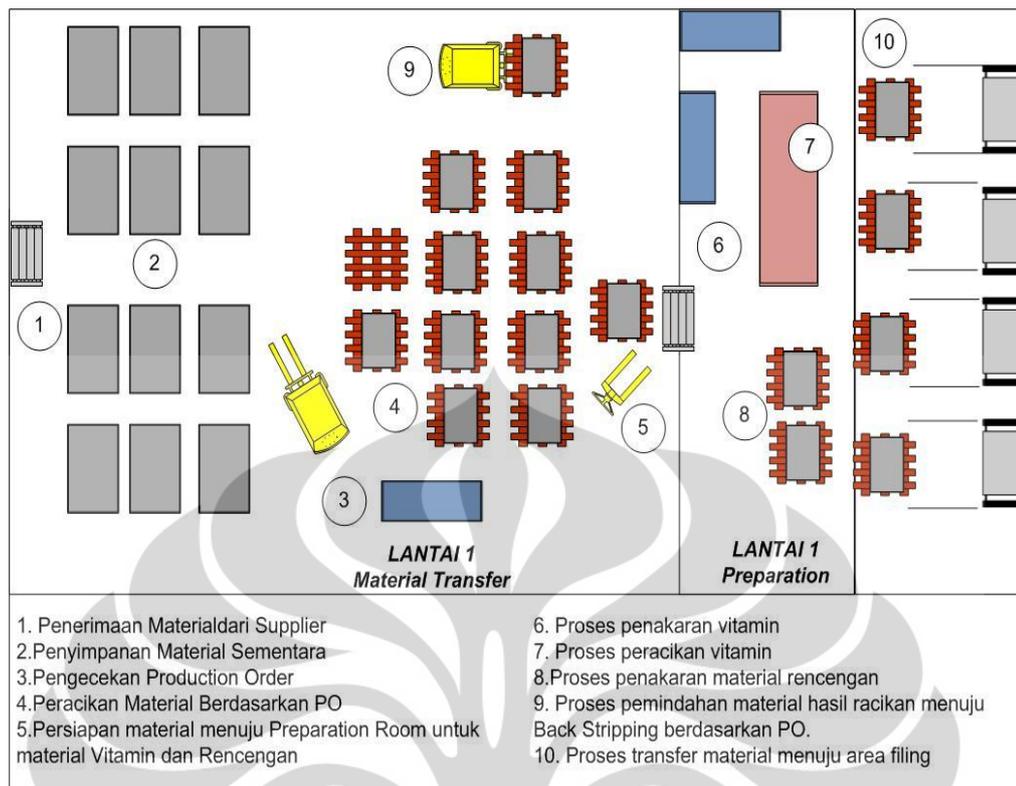
Proses *batching* merupakan proses awal yang dilakukan yang meliputi kegiatan-kegiatan penerimaan material produksi, tidak termasuk

material *packaging*. Pada proses *batching* terdiri atas 3 proses utama, yakni proses *transfer material*, proses *preparation*, dan proses *back stripping*.

Material diperoleh melalui area kedatangan material, kemudian material masuk ke daerah yang disebut *transfer material*. Daerah *transfer material* merupakan daerah penerimaan material dari luar ke dalam pabrik yang termasuk ke dalam area *low care*. Pada daerah ini, material akan diangkut menggunakan *conveyordan* ditransfer dengan menggunakan *forklift*. Pada tahapan ini, material akan disusun oleh petugas pada *pallet-pallet* berdasarkan *Production Order (PO)*. Kemudian *pallet* material tersebut dipindahkan ditransfer ke area *back stripping*. Namun tidak semua material disusun pada area ini, beberapa material disusun pada area *preparation*.

Area *preparation* termasuk dalam area *high care* dikarenakan terdapat interaksi langsung antara material dan pekerja. Terdapat dua fungsi pada area *preparation*. Fungsi pertama adalah untuk menyusun material dalam bentuk renceng yang ditakar berdasarkan kebutuhan *PO*. Fungsi kedua adalah untuk menyusun material vitamin sesuai dengan kebutuhan produk. Material tersebut diperoleh melalui area *transfer material* setelah ditakar kemudian material hasil takaran tersebut dipindahkan kembali ke area *transfer material* untuk disusun ke dalam *pallet-pallet*.

Area terakhir yang menjadi aliran akhir pada area *batching* adalah *back stripping*. Fungsi area *back stripping* adalah melakukan *transfer material* dari area *Batching* menuju area pengolahan. Aliran proses pada area *back stripping* ini meliputi penerimaan material racikan dari area *transfer material*, dimana material racikan tersebut akan dipindahkan oleh *forklift* menuju area *back stripping*. Kemudian petugas pada area ini akan mengecek *production order* dan mentransfer material racikan tersebut dengan mengangkat tiap *sack* atau rencengan material ke atas *conveyor* berdasarkan *production order*. Gambaran proses pada area *batching* ini adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.2** Flow Process Diagram pada Area Batching

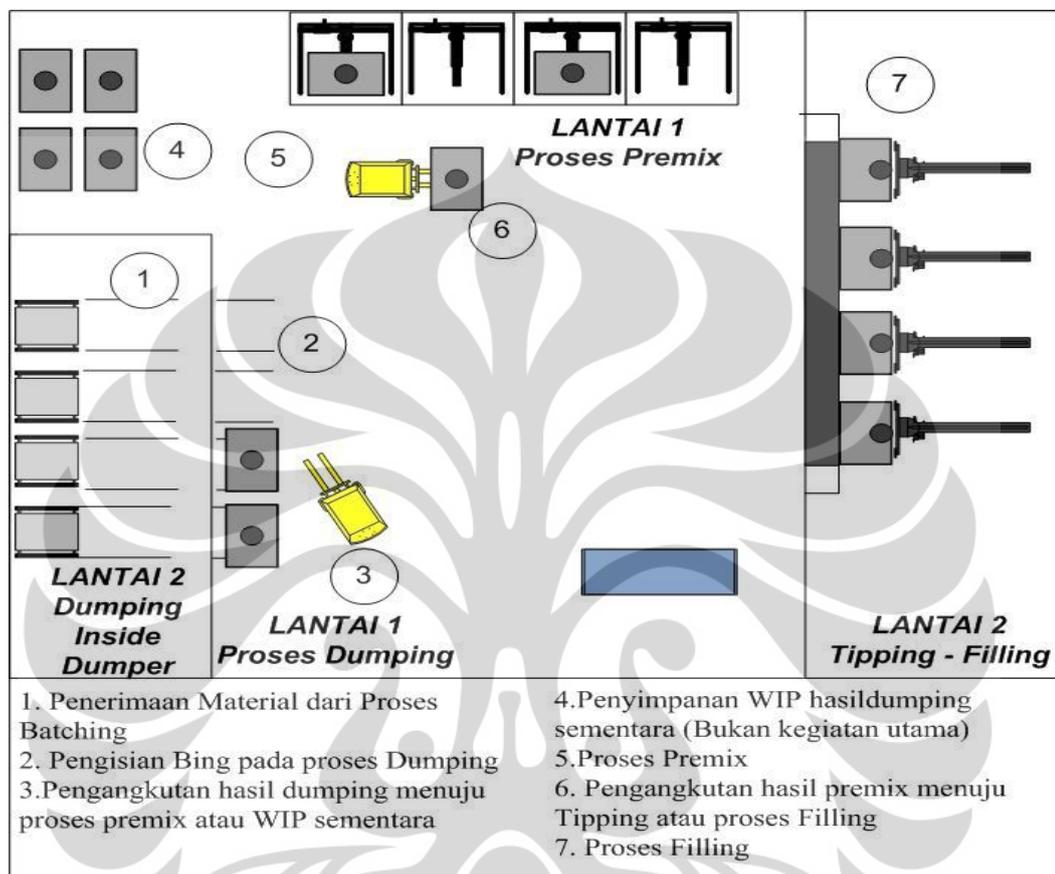
### b. Proses Pengolahan

Proses pengolahan merupakan tahapan kedua dari pengolahan susu bayi. Keseluruhan proses pengolahan pada tahap dua ini termasuk ke dalam area *high care*. Proses pengolahan meliputi tahapan proses *dumping*, proses *premix*, proses *tipping* dan proses *filling*.

Material dari bagian *batching* yang ditransfer ke bagian pengolahan diterima pada area *inside dumper*. Pada area *inside dumper* ini dilakukan proses *dumping*. Dimana proses *dumping* dilakukan berdasarkan *production order*. Pekerja pada *inside dumper* akan membuka setiap *sack* material yang ditransfer dan memasukkannya ke dalam *bin*. *Bin* tersebut diisi oleh petugas *inside dumper* pada lantai 2 dengan memanfaatkan pipa pengisian yang menuju ke *bin* proses *Dumping* yang terletak pada lantai 1.

Hasil *dumping material* kemudian akan diaduk sehingga material menyatu pada proses *premix*. *Bin* hasil *dumping* akan dibawa menuju *tumbler* dengan menggunakan *forklift*. *Bin* akan diputar 180° selama waktu tertentu. Hasil *premix* yang sudah sesuai dengan nomor PO akan ditransfer

menuju ke area *bin tipper*. Dimana pada area ini hasil pengadukan akan ditransfer menuju mesin *filling* baik untuk produk kalengan (*can*) maupun produk karton (*softpack*).



**Gambar 3.3** Flow Process Diagram pada Area Pengolahan

Proses pengolahan dilanjutkan pada proses *filling*. Proses *filling* bertujuan untuk mengisi produk kedalam *pack* yang telah disediakan. Setelah proses *filling* dilakukan maka selanjutnya proses *packing* material akan dilakukan. Gambaran proses pada area pengolahan ini adalah sebagai berikut:

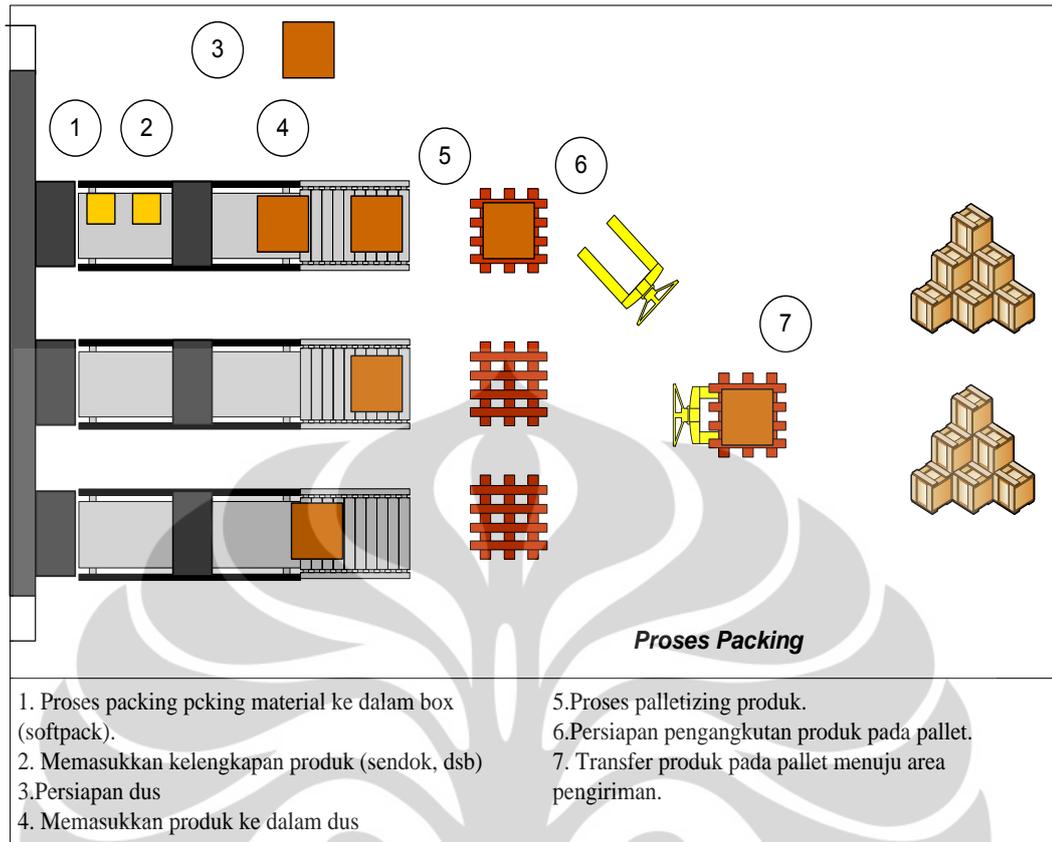
### c. Proses Packing

Proses akhir pada produksi susu bayi ini adalah proses *packing*. Proses *packing* bertujuan untuk pengemasan produk. Proses *packing* ini terdiri atas kegiatan persiapan *packing* material, *transfer* asil

pengolahan, *filling* produk ke dalam *pack* dan proses *packing* baik yang dilakukan oleh mesin maupun dilakukan oleh kegiatan manusia. Pada bagian ini diproduksi dua jenis produk susu bayi, yakni *packing softpack* yakni untuk produk kemasan karton dan *packing can* yakni untuk produk kemasan kaleng.

Proses pengisian produk dilakukan secara otomatis oleh mesin *filling*. Untuk produk susu can produk dimasukkan ke dalam kaleng, kemudian setiap kaleng akan dimasukkan sendok, setelah itu dilakukan proses penutupan kaleng secara otomatis menggunakan mesin. Pada proses ini terdapat pekerja yang mengoperasikan mesin, mengecek kelengkapan produk, dan mengecek berat produk. Produk kaleng kemudian ditransfer melalui *conveyor* untuk dimasukkan oleh pekerja ke dalam dus yang telah dibuat sebelumnya.

Untuk produk karton (*softpack*), proses *filling* ke dalam *pack* dilakukan secara otomatis oleh mesin. Kemudian produk dimasukkan ke dalam kotak sembari kelengkapan produk seperti sendok dimasukkan pekerja ke dalam kotak. Selanjutnya produk akan dimasukkan ke dalam dus yang telah dibuat sebelumnya. Tahapan akhir pada proses ini adalah keseluruhan produk baik *can* maupun *softpack* akan disusun ke atas *pallet* dan dipindahkan menuju area pengiriman.



**Gambar 3.4** Flow Process Diagram pada Area Packing

### 3.1.2 Keterlibatan Manusia Dalam Proses Produksi

Proses produksi susu bayi dilakukan melalui penggunaan mesin maupun tenaga manusia. Pada keseluruhan tahapan produksi yang meliputi *batching*, pengolahan, dan *packing* digunakan tenaga manusia. Keterlibatan tenaga manusia dijelaskan sebagai berikut:

#### a. Proses *Batching*

Pada proses *batching* terdapat 15 pekerja yang terdiri atas 4 pekerja pada proses *transfer material*, 6 pekerja pada proses *preparation*, dan 4 pekerja pada proses *back stripping*. Penjelasan mengenai tugas dari pekerja-pekerja tersebut adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.1** Deskripsi Pekerjaan Pekerja Bagian *Batching*

No	Pekerja	Jumlah Pekerja	Job Description
1	<i>Forklift driver-transfer material</i>	2	Bertanggung jawab memindahkan material dari penerimaan material menuju ke gudang material dan memindahkan material yang telah disiapkan ke bagian <i>backstripping</i> .
2	Petugas persiapan material – <i>transfer material</i>	2	Menyusun material ke atas <i>pallet</i> berdasarkan <i>Production Order</i> (PO).
3	Petugas persiapan material <i>excess-preparation</i>	4	Mempersiapkan (menimbang) material <i>excess</i> yakni material rencangan sesuai PO.
4	Petugas persiapan vitamin- <i>preparation</i>	2	Mempersiapkan (menimbang) material vitamin sesuai PO.
5	Petugas <i>ribbon</i> vitamin- <i>preparation</i>	1	Melakukan proses pencampuran vitamin berdasarkan PO.
6	Petugas <i>back stripping</i>	4	Melakukan <i>transfer material</i> yang telah disiapkan dari <i>Batching</i> menuju ke proses pengolahan.

#### b. Proses Pengolahan

Terdapat 9 orang pekerja yang terlibat dalam proses pengolahan yang terdiri atas 4 pekerja *inside dumper dumping* pada lantai 2, 2 pekerja *formulating* pada lantai 1, 1 pekerja *operator premix* 1 pekerja *forklift driver*, dan 2 pekerja *bin tipper*. Penjelasan mengenai tugas dari pekerja-pekerja tersebut adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.2** Deskripsi Pekerjaan Pekerja Bagian Pengolahan

No	Pekerja	Jumlah Pekerja	Job Description
1	Petugas <i>inside dumper</i>	4	Bertugas untuk menerima material dari <i>area batching</i> dan memasukkan material ke dalam <i>bin</i> .
2	Petugas <i>formulating</i>	1	Memberikan perintah kepada petugas <i>inside dumper</i> untuk memasukkan material ke dalam <i>bin</i> berdasarkan PO dan mengoperasikan mesin <i>dumping</i> .
3	Petugas <i>premix</i>	1	Mengoperasikan <i>tole bin</i> yang digunakan untuk proses <i>premix</i> .
4	Petugas <i>forkliftdriver</i>	1	Memindahkan material hasil <i>Dumping</i> menuju ke proses <i>mixing</i> dan mengangkut hasil <i>mixing</i> menuju ke lantai 2 <i>bin tipper</i> .
5	Petugas <i>bin tipper</i>	2	<i>Transfer</i> material ke mesin <i>filling</i> dengan mengoperasikan mesin <i>bin tipper</i> .

### c. Proses Packing

Pada proses *packing* terdapat orang pekerja yang terdiri atas 3 *operator filling softpack*, *operator filling can*, 1 *operator* yang mempersiapkan material *can*, 12 *operator packing line softpack*, 4 *operator packing line can*. Penjelasan mengenai tugas dari pekerja-pekerja tersebut adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.3** Deskripsi Pekerjaan Pekerja Bagian *Packing*

No	Pekerja	Jumlah Pekerja	Job Description
1	<i>Operatormesinfillingsoftpack</i>	3	Bertanggung jawab untuk mengoperasikan mesin, mengecek gejala kerusakan mesin, dan memperhatikan masalah kualitas <i>packing</i> pada

			produk <i>softpack</i> .
--	--	--	--------------------------

**Tabel 3.3** Deskripsi Pekerjaan Pekerja Bagian *Packing* (Lanjutan)

No	Pekerja	Jumlah Pekerja	Job Description
2	Operatormesin <i>fillingcan</i>	1	Bertanggung jawab untuk mengoperasikan mesin, mengecek gejala kerusakan mesin, dan memperhatikan masalah kualitas <i>packing</i> pada produk <i>can</i> .
3	Petugas <i>packingdanpalletizing</i> akhir <i>soft pack</i>	20	Bertugas untuk memasukkan produk <i>softpack</i> ke dalam kotak, memasukkan sendok ke dalam kotak, menyiapkan dus, memasukkan produk ke dalam dus, proses <i>palletizing</i> , dan mengantarkan barang jadi menuju gudang.
4	Petugas <i>packingdanpalletizing</i> akhir <i>can</i>	7	Bertugas untuk menyiapkan dus, memasukkan produk <i>can</i> ke dalam dus, proses <i>palletizing</i> , dan mengantarkan barang jadi menuju gudang.

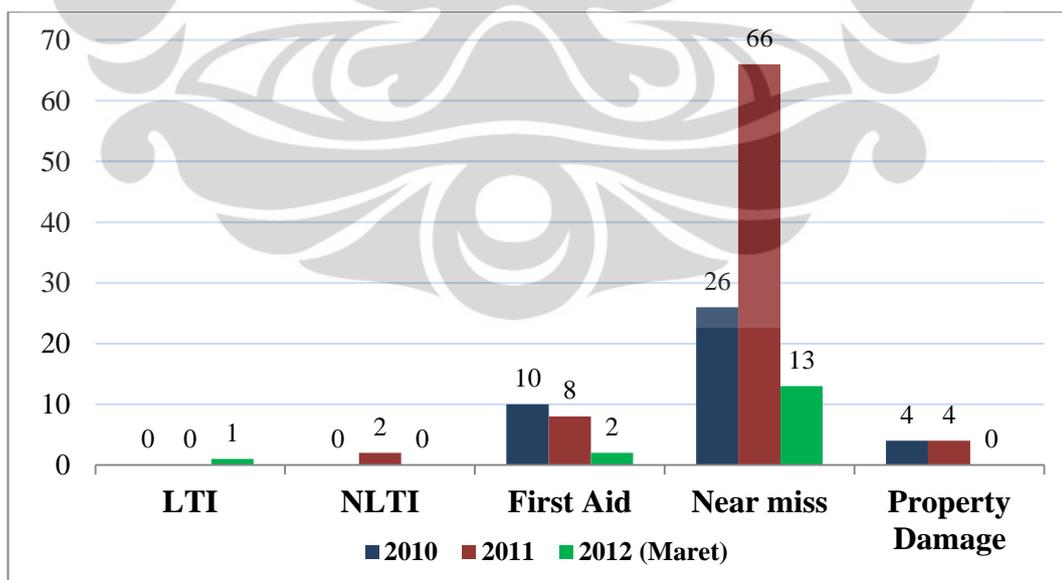
### 3.1.3 Kesehatan dan Keselamatan Kerja Pada Pabrik Susu Bayi

Di tempat penelitian yang dilakukan ini, Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lindung Lingkungan (K3LL) menjadi hal yang sangat penting. Hal ini ditungkan dalam *safety policy* perusahaan. *Safety policy* tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. Keselamatan, Kesehatan Kerja, dan Lingkungan adalah kepentingan setiap orang.

2. Ambisi kita menuju ‘zero accident’ dapat dicapai, semua kecelakaan dan polusi lingkungan dapat dicegah.
3. Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan adalah persyaratan sebelum memulai pekerjaan dan prioritasnya sama pentingnya dengan kualitas dan produktivitas.
4. Manajemen bertanggung jawab untuk menyediakan lingkungan kerja yang aman dan sehat.
5. Merupakan akuntabilitas Manajemen dan tanggung jawab karyawan untuk bertindak proaktif dan menerapkan seluruh prinsip yang dapat dijalankan sesuai dengan persyaratan legal dan lainnya.
6. Manajemen berkomitmen untuk melakukan perbaikan berkesinambungan terhadap Keselamatan dan Kesehatan Kerja seluruh karyawannya serta mencegah terjadinya polusi lingkungan dan dampak operasinya.
7. Manajemen meminta seluruh pemasok dan kontraktor untuk memenuhi aturan Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Lingkungan.

Perusahaan susu bayi ini menerapkan kebijakan yang ketat terhadap Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Perusahaan menargetkan tidak terjadinya *Lost Time Injury* selama 1000 hari kerja. Berikut adalah data kecelakaan kerja pada pabrik susu bayi:



**Gambar 3.5** Jumlah Kecelakaan Kerja pada Pabrik Susu Bayi

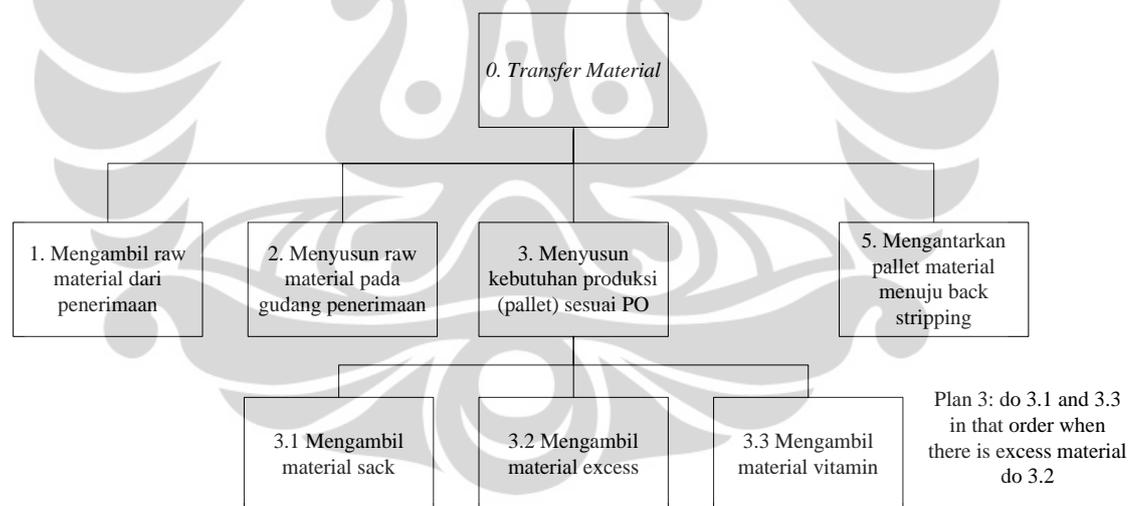
Data diatas menggambarkan jumlah kecelakaan kerja yang terjadi pada pabrik susu bayi dari kriteria kecelakaan kerja *Lost Time Injury*, *Non Lost Time Injury*, *first Aid*, *Near Miss*, dan *Property Damage* pada tahun 2010, 2011, dan 2012 hingga bulan Maret. Dapat diketahui bahwa terjadi 1 kecelakaan kerja LTI pada tahun 2012 yang merupakan kecelakaan kerja berat.

### 3.2 Identifikasi Tugas Pekerja Pada Pabrik Susu melalui *Hierarchical Task Analysis*

*Hierarchical Task Analysis* (HTA) merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi rangkaian pekerjaan pada pekerja. Dalam penentuan HTA digunakan form pengambilan data seperti dicantumkan pada lampiran di pada gambar .Berikut adalah HTA pada masing-masing area di pabrik susu.

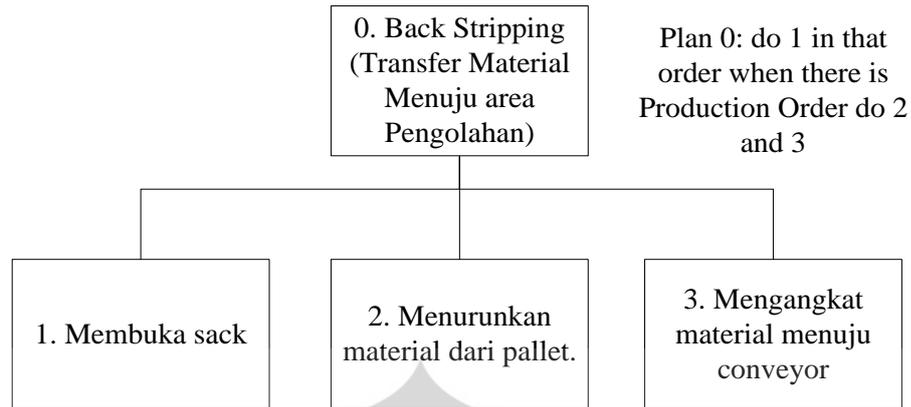
#### 3.2.1 *Hierarchical Task Analysis Area Batching*

Pada area *batching* kelompok pekerjaan dibedakan menjadi 3 area yakni *transfer material*, *preparation* dan *back stripping*. Berikut adalah HTA untuk area kerja *transfer material*:



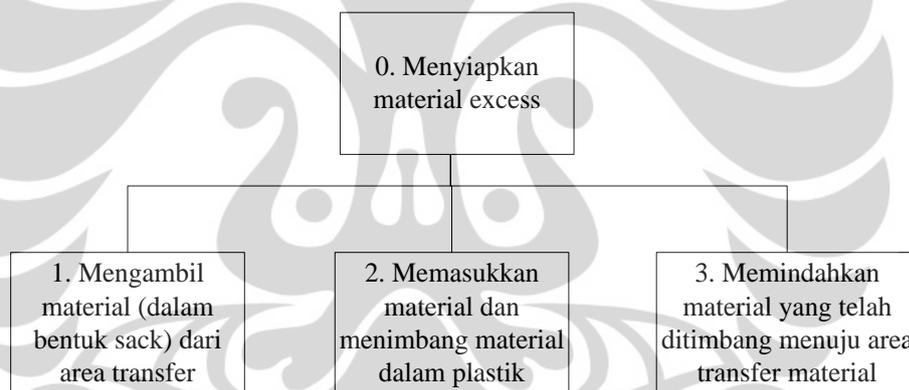
**Gambar 3.6** HTA Area *Batching*

Berikut adalah HTA untuk area kerja *back stripping*:

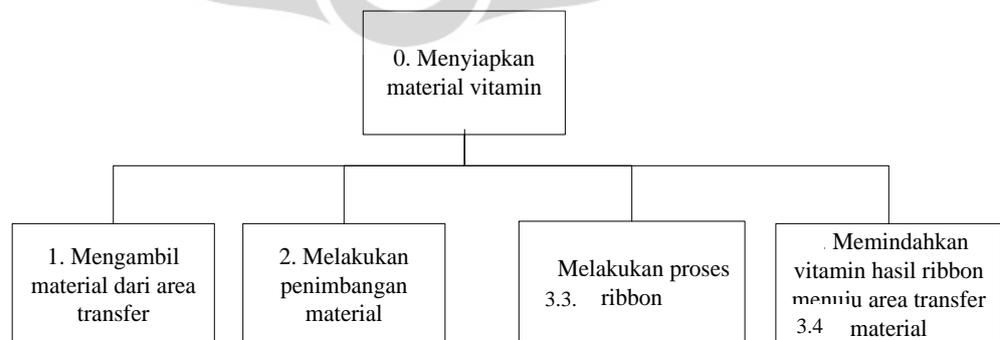


**Gambar 3.7** HTA Area *Back Stripping*

Pada area *back stripping* terdiri atas dua pekerjaan utama, yakni menyiapkan material excess dan menyiapkan material vitamin. Untuk itu HTA pada area ini dibedakan berdasarkan pekerjaan tersebut, berikut adalah HTA untuk area *preparation*:



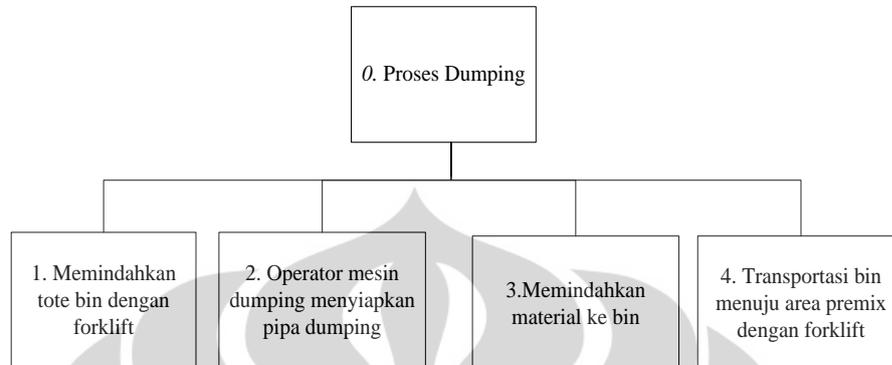
**Gambar 3.8** HTA Area *Preparation* untuk Kegiatan Menyiapkan *Excess Material*



**Gambar 3.9** HTA Area *Preparation* untuk Kegiatan Menyiapkan Vitamin

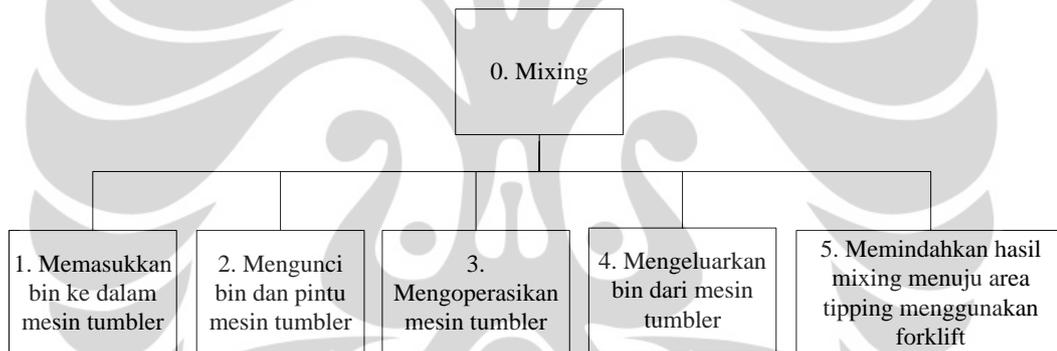
### 3.2.2 Hierarchical Task Analysis Area Pengolahan

Area pengolahan terdiri atas kegiatan *Dumping*, *Mixing*, dan kegiatan *Tipping*. Berikut adalah *HTA* untuk kegiatan *dumping* :



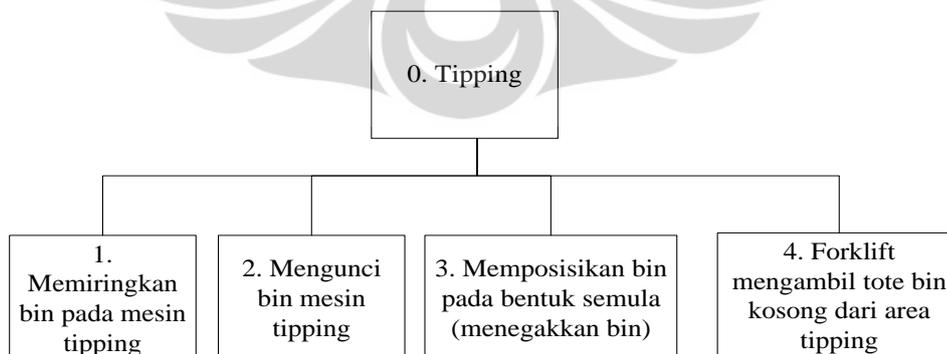
**Gambar 3.10** HTA Area Pengolahan untuk Kegiatan *Dumping*

Berikut adalah HTA untuk kegiatan *mixing*:



**Gambar 3.11** HTA Area Pengolahan untuk Kegiatan *Mixing*

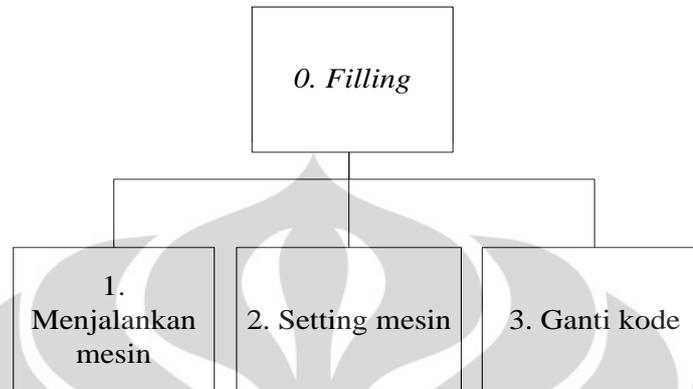
Berikut adalah HTA untuk kegiatan *tipping*:



**Gambar 3.12** HTA Area Pengolahan untuk Kegiatan *Tipping*

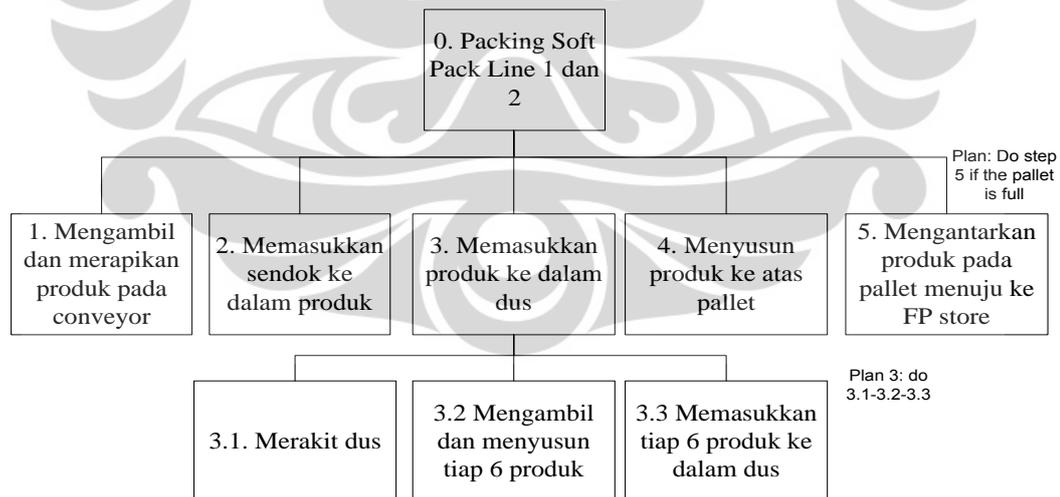
### 3.2.3 Hierarchical Task Analysis Area Packing

Area *packing* meliputi tiga area kerja yakni area *filling packing*, persiapan material *packing* dan area *packing finished product*. HTA untuk area *filling* adalah sebagai berikut:



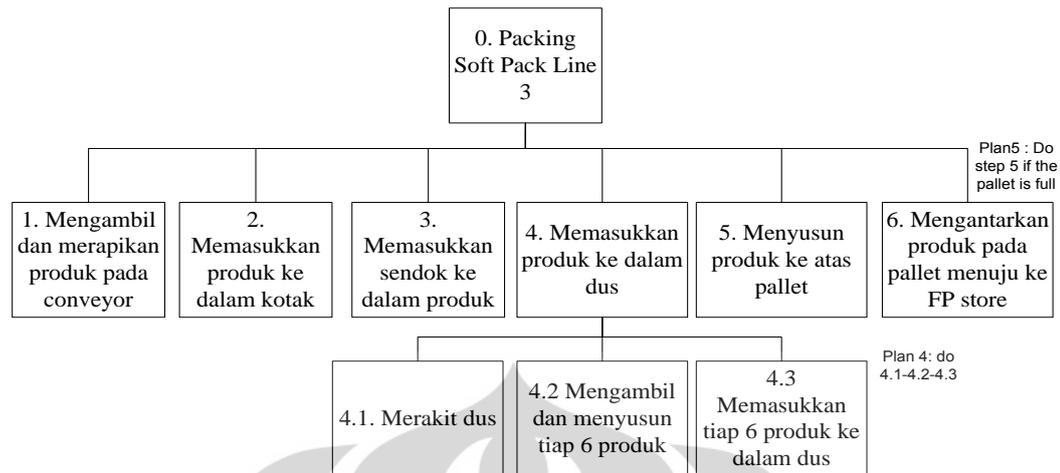
**Gambar 3.13** HTA Area Pengolahan untuk Kegiatan *Operator Mesin Filling*

Area *packing finished product* pada pabrik susu juga dibagi menjadi area *packing* untuk produk *soft pack* yang terdiri atas 3 *linedan* area *packing* untuk produk *canyang* terdiri atas 1 *line*. Kegiatan pada area ini bersifat *repetitive*. Kegiatan untuk area *packing line* akhir *finished good soft pack line 1* sama dengan *line 2*, berikut adalah HTA untuk area tersebut:



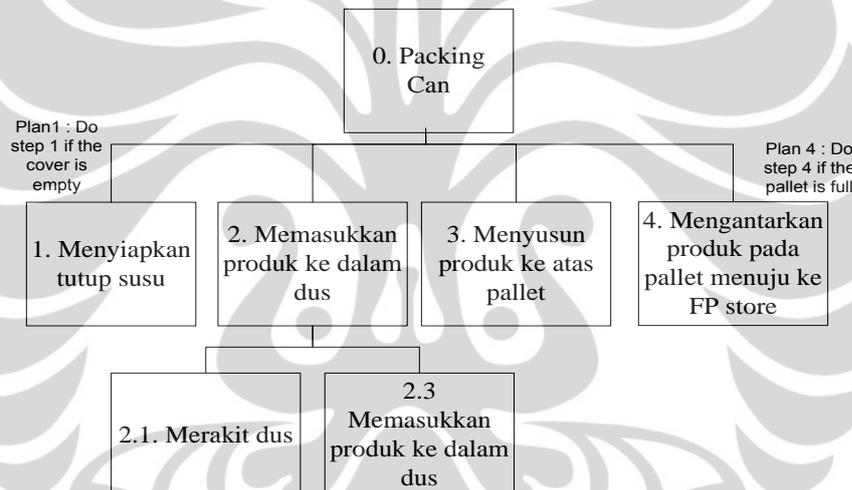
**Gambar 3.14** HTA Area Pengolahan untuk Kegiatan *Packing Soft Pack Line 1 dan Line 2*

Berikut adalah HTA untuk kegiatan *packing* pada *line 3* produk *soft pack*:



**Gambar 3.15** HTA Area Pengolahan untuk Kegiatan *Packing Soft Pack Line 3*

Berikut adalah HTA untuk kegiatan *packing* pada *line 4* produk *can*:



**Gambar 3.16** HTA Area Pengolahan untuk Kegiatan *Packing Can*

### 3.3 Identifikasi Kegagalan Kerja Pekerja Pabrik Susu

Identifikasi kegagalan kerja dianalisa berdasarkan tiap-tiap elemen pekerjaan dari pekerja. Identifikasi kegagalan kerja dilakukan dengan membandingkan hasil pengamatan dengan data *Hazard Identification and Risk Assessment (HIRA)* yang terdapat pada perusahaan. Untuk mencocokkan antara elemen kegiatan dan kegagalan kerja maka digunakan form pengambilan data identifikasi kegagalan kerja ditampilkan pada bab lampiran gambar.

### 3.3.1 Identifikasi Kegagalan Kerja Area *Batching*

Berikut adalah identifikasi kegagalan pekerja area kerja pada *Batching*:

**Tabel 3.4** Identifikasi Kegagalan Kegiatan *Transfer Material* Pada Area *Batching*

Step	Task Description	Deskripsi Kegagalan	Konsekuensi Kegagalan
0	<i>Transfer Material</i>		
1	Mengambil raw material dari penerimaan menggunakan <i>Forklift</i>	Gagal mengendalikan <i>forklift</i> pada saat mengambil raw material	Menabrak benda atau pekerja (kecelakaan <i>forklift</i> )
2	Menyusun raw material pada gudang penerimaan menggunakan <i>Forklift</i>	Gagal mengendalikan <i>forklift</i> pada saat mengambil raw material	Menabrak benda atau pekerja (kecelakaan <i>Forklift</i> )
3	Menyusun kebutuhan produksi sesuai PO pada <i>pallet</i>	Posisi <i>manual lifting</i> tidak sesuai	
3.1	Mengambil material sack	Posisi <i>manual lifting</i> tidak sesuai	Cedera Otot
3.2	Mengambil material excess	Posisi <i>manual lifting</i> tidak sesuai	Cedera Otot
3.3	Mengambil material vitamin	Posisi <i>manual lifting</i> tidak sesuai	Cedera Otot
5	Mengantarkan <i>pallet</i> material menuju back stripping dengan menggunakan <i>Forklift</i>	Gagal mengendalikan <i>forklift</i> pada saat mengantarkan material	Menabrak benda atau pekerja (kecelakaan <i>forklift</i> )

**Tabel 3.5** Identifikasi Kegagalan Kegiatan Persiapan Material Excess Pada Area *Batching*

<b>Step</b>	<b>Task Description</b>	<b>Deskripsi Kegagalan</b>	<b>Konsekuensi Kegagalan</b>
0	Persiapan Material Excess		
1	Mengambil material dari area <i>transfer</i>	Posisi <i>manual lifting</i> tidak sesuai	Cedera Otot
2	Memasukkan material ke dalam kantong dan menimbang	Posisi kerja tidak sesuai	Cedera Otot
3	Memindahkan material yang telah ditimbang menuju area <i>transfer</i> material	Posisi <i>manual lifting</i> tidak sesuai	Cedera Otot

**Tabel 3.6** Identifikasi Kegagalan Kegiatan Persiapan Material Excess Pada Area *Batching*

<b>Step</b>	<b>Task Description</b>	<b>Deskripsi Kegagalan</b>	<b>Konsekuensi Kegagalan</b>
0	Persiapan Material Vitamin		
1	Mengambil material dari area <i>transfer</i>	Posisi <i>manual lifting</i> tidak sesuai	Cedera Otot
2	Memasukkan material ke dalam kantong dan menimbang	Posisi kerja tidak sesuai	Cedera Otot
3	Melakukan proses ribbon	Gagal mengoperasikan mesin ribbon	Terjepit mesin ribbon
4	Memindahkan hasil ribbon menuju area <i>transfer</i> material	Posisi <i>manual lifting</i> tidak sesuai	Cedera Otot

**Tabel 3.7** Identifikasi Kegagalan Kegiatan *Back Stripping* Pada Area *Batching*

Step	Task Description	Deskripsi Kegagalan	Konsekuensi Kegagalan
1	Membuka sack	Tergores alat pembuka	Luka gores
2	Menurunkan material dari <i>pallet</i>	Posisi <i>manual lifting</i> tidak sesuai	Cedera otot
3	Meletakkan material pada <i>conveyor</i>	Tangan menyentuh <i>roll conveyor</i>	Terjepit <i>conveyor</i>

### 3.3.2 Identifikasi Kegagalan Kerja Area Pengolahan

Berikut adalah identifikasi area kerja pada area pengolahan:

**Tabel 3.8** Identifikasi Kegagalan Kegiatan *Dumping* Pada Area Pengolahan

Step	Task Description	Deskripsi Kegagalan	Konsekuensi Kegagalan
1	Memindahkan <i>tote bin</i> dengan <i>Forklift</i>	Gagal mengendalikan <i>Forklift</i> pada saat memindahkan <i>tote bin</i>	Menabrak benda atau pekerja (kecelakaan <i>Forklift</i> ) dan menjatuhkan <i>tote bin</i>
2	<i>Operator</i> mesin <i>Dumping</i> memasang pipa <i>Dumping</i>	Gagal memindahkan pipa <i>Dumping</i>	Terjatuh dari ketinggian (tangga)
3	Memindahkan material ke <i>bin</i> ( <i>Dumping</i> )	Posisi <i>manual lifting</i> tidak sesuai	Cedera Otot
4	Transportasi <i>bin</i> menuju area premix dengan <i>Forklift</i>	Gagal mengendalikan <i>Forklift</i> pada saat memindahkan <i>tote bin</i>	Kecelakaan <i>Forklift</i> menjatuhkan <i>bin</i>

**Tabel 3.9** Identifikasi Kegagalan Kegiatan *Mixing* Pada Area Pengolahan

Step	Task Description	Deskripsi Kegagalan	Konsekuensi Kegagalan
0	<i>Mixing</i>		
1	Memasukkan <i>bin</i> ke dalam <i>tumbler</i>	Gagal memasukkan <i>bin</i> ke dalam <i>tumbler</i>	Kejatuhan <i>tote bin</i>
2	Menngunci <i>bin</i> dan pintu mesin <i>tumbler</i>	Gagal mengunci <i>bin</i> pada mesin <i>tumbler</i>	Kejatuhan <i>tote bin</i>
3	Mengoperasikan mesin <i>tumbler</i>	Gagal mengoperasikan mesin	Terjepit pintu kandang <i>tumbler</i>
4	Mengeluarkan <i>bin</i> dari mesin <i>tumbler</i>	Gagal mengendalikan <i>Forklift</i>	Kecelakaan <i>Forklift</i> dan menjatuhkan <i>tote bin</i>
5	Memindahkan hasil <i>Mixing</i> menuju area <i>Tipping</i> menggunakan <i>Forklift</i>	Gagal mengendalikan <i>Forklift</i>	Kecelakaan <i>Forklift</i> dan menjatuhkan <i>tote bin</i>

**Tabel 3.10** Identifikasi Kegagalan Kegiatan *Tipping* Pada Area Pengolahan

Step	Task Description	Deskripsi Kegagalan	Konsekuensi Kegagalan
0	<i>Tipping</i>		
1	Memiringkan <i>bin</i> pada mesin <i>Tipping</i>	Gagal melakukan aksi	Kejatuhan <i>tote bin</i>
2	Mengunci <i>bin</i> mesin <i>Tipping</i>	Gagal mengunci <i>bin</i>	Kejatuhan <i>tote bin</i>
3	Memposisikan <i>bin</i> pada bentuk semula	Gagal melakukan aksi	Kejatuhan <i>tote bin</i>

**Tabel 3.10** Identifikasi Kegagalan Kegiatan *Tipping* Pada Area Pengolahan  
(Lanjutan)

Step	Task Description	Deskripsi Kegagalan	Konsekuensi Kegagalan
4	Memindahkan <i>tote bin</i> dari area <i>Tipping</i>	Gagal mengendalikan <i>Forklift</i>	Menabrak benda atau pekerja (kecelakaan <i>Forklift</i> ) dan menjatuhkan <i>tote bin</i>

### 3.3.3 Identifikasi Kegagalan Kerja Area *Packing*

Berikut adalah identifikasi kegagalan pada area *packing*:

**Tabel 3.11** Identifikasi Kegagalan Kegiatan *Operator Filling*

Step	Task Description	Deskripsi Kegagalan	Konsekuensi Kegagalan
0	<i>Filling soft pack</i>		
1	Menjalankan mesin	Terkena <i>vertical</i> dan <i>horizontal sealing</i>	Jari putus
2	Setting mesin	Terkena semburan panas mesin	Luka bakar
3	Ganti kode	Embose kode	Luka bakar

**Tabel 3.12** Identifikasi Kegagalan Kegiatan *Packing Soft pack Line 1 dan Line 2*  
Pada Area *Packing*

Step	Task Description	Deskripsi Kegagalan	Konsekuensi Kegagalan
0	<i>Packing soft pack line 1 dan line 2</i>		
1	Mengambil dan merapikan produk pada <i>conveyor</i>	Tangan menyentuh <i>roll conveyor</i>	Terjepit <i>conveyor</i>

**Tabel 3.12** Identifikasi Kegagalan Kegiatan *Packing Soft pack Line1 dan Line 2*  
Pada Area *Packing* (Lanjutan)

<b>Step</b>	<b>Task Description</b>	<b>Deskripsi Kegagalan</b>	<b>Konsekuensi Kegagalan</b>
2	Memasukkan sendok ke dalam produk	Tangan menyentuh <i>roll conveyor</i>	Terjepit <i>conveyor</i>
3	Memasukkan produk ke dalam dus	Kegagalan ergonomic akibat gerakan repetitive	Cedera otot
3.1	Merakit dus dan memasukkan tiap 6 produk ke dalam dus	Kegagalan ergonomic akibat gerakan repetitive	Cedera otot
3.2	Mengambil dan menyusun tiap 6 produk	Tangan menyentuh <i>roll conveyor</i>	Terjepit <i>conveyor</i>
3.3	Memasukkan tiap 6 produk ke dalam dus	Kegagalan ergonomic akibat gerakan repetitive	Cedera otot
4	Menyusun produk ke atas <i>pallet</i>	Posisi <i>manual lifting</i> tidak sesuai	Cedera otot
5	Mengantarkan produk pada <i>pallet</i> menuju FP Store	Posisi <i>manual lifting</i> tidak sesuai	Cedera otot

**Tabel 3.13** Identifikasi Kegagalan Kegiatan *Packing Soft pack Line 3* Pada Area *Packing*

<b>Step</b>	<b>Task Description</b>	<b>Deskripsi Kegagalan</b>	<b>Konsekuensi Kegagalan</b>
0	<i>Packing softpack line 3</i>		
1	Mengambil dan merapikan produk pada <i>conveyor</i>	Tangan menyentuh <i>roll conveyor</i>	Terjepit <i>conveyor</i>
2	Memasukkan Produk ke dalam kotak	Tangan menyentuh <i>roll conveyor</i>	Terjepit <i>conveyor</i>

**Tabel 3.13** Identifikasi Kegagalan Kegiatan *Packing Soft pack Line 3* Pada Area *Packing* (Lanjutan)

Step	Task Description	Deskripsi Kegagalan	Konsekuensi Kegagalan
3	Memasukkan sendok ke dalam produk	Tangan menyentuh <i>roll conveyor</i>	Terjepit <i>conveyor</i>
4	Memasukkan produk ke dalam dus		
4.1	Merakit dus	Posisi kerja yang salah	Cedera otot
4.2	Mengambil dan menyusun tiap 6 produk	Tangan menyentuh <i>roll conveyor</i>	Terjepit <i>conveyor</i>
4.3	Memasukkan tiap 6 produk ke dalam dus	Kegagalan ergonomi akibat gerakan repetitive	Cedera otot
5	Menyusun produk ke atas <i>pallet</i>	Posisi <i>manual lifting</i> tidak sesuai	Cedera otot
6	Mengantarkan produk pada <i>pallet</i> menuju <i>FP Store</i>	Posisi <i>manual lifting</i> tidak sesuai	Cedera otot

**Tabel 3.14** Identifikasi Kegagalan Kegiatan *Packing Can* Pada Area *Packing*

Step	Task Description	Deskripsi Kegagalan	Konsekuensi Kegagalan
0	<i>Packing Can</i>		
1	Menyiapkan tutup susu	Posisi tidak sesuai	Cedera Otot
2	Memasukkan produk ke dalam dus		
2.1	Merakit dus	Kegagalan ergonomic akibat gerakan repetitive dan posisi tidak sesuai	Cedera otot
2.2	Memasukkan produk ke dalam dus	Posisi <i>manual lifting</i> tidak sesuai	Cedera otot

**Tabel 3.14** Identifikasi Kegagalan Kegiatan *Packing Can* Pada Area *Packing*  
(Lanjutan)

Step	Task Description	Deskripsi Kegagalan	Konsekuensi Kegagalan
3	Menyusun produk ke atas <i>pallet</i>	Posisi <i>manual lifting</i> tidak sesuai	Cedera otot
4	Mengantarkan produk dari <i>pallet</i> menuju FP Store	Posisi <i>manual lifting</i> tidak sesuai	Cedera otot

### 3.4 Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Pabrik Susu dengan Metode HEART

Pengolahan data reliabilitas pekerja dibagi menjadi dua bagian yakni pengolahan data reliabilitas dengan menggunakan metode HEART dan metode SPAR-H. Pada bagian ini akan dijelaskan pengolahan data pengukuran reliabilitas dengan menggunakan metode HEART.

#### 3.4.1 Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Area *Batching* dengan Metode HEART

Pengolahan data reliabilitas pekerja *transfer material* adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.15.** Pengolahan Reliabilitas Pekerja HEART Area *Transfer Material*

Kegiatan:		<i>Transfer Material</i>						
Task Step	Generic Task	Calculation						HEP
1	E	EPC	27	32	34	36		0,022
		<i>Proportion</i>	0,15	0,10	0,30	0,10		
		<i>Assessed Effect</i>	1,06	1,02	1,03	1,01		
2	E	EPC	27	32	34	36		0,022
		<i>Proportion</i>	0,15	0,10	0,30	0,10		
		<i>Assessed Effect</i>	1,06	1,02	1,03	1,01	1	

**Tabel 3.15.** Pengolahan Reliabilitas Pekerja HEART Area *Transfer Material*  
(Lanjutan)

<b>Kegiatan:</b>		<i>Transfer Material</i>						
<b>Task Step</b>	<b>Generic Task</b>	<b>Calculation</b>					<b>HEP</b>	
3.1	F	EPC	21	23	27	34	6	0,009
		<i>Proportion</i>	0,40	0,20	0,30	0,10	0,10	
		<i>Assessed Effect</i>	1,40	1,12	1,12	1,01	1,70	
3.2	F	EPC	21	23	27	34	6	0,009
		<i>Proportion</i>	0,40	0,20	0,30	0,10	0,10	
		<i>Assessed Effect</i>	1,40	1,12	1,12	1,01	1,70	
3.3	F	EPC	21	23	27	6		0,009
		<i>Proportion</i>	0,40	0,20	0,30	0,10		
		<i>Assessed Effect</i>	1,40	1,12	1,12	1,70		
4	D	EPC	27	32	34	36		0,067
		<i>Proportion</i>	0,15	0,10	0,30	0,10		
		<i>Assessed Effect</i>	1,06	1,02	1,03	1,01		

Pengolahan data reliabilitas pekerja *back stripping* adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.16.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode HEART Area  
*Back Stripping*

<b>Kegiatan:</b>		<i>Back Stripping</i>				
<b>Task Step</b>	<b>Generic Task</b>	<b>Calculation</b>			<b>HEP</b>	
1	G	EPC	23	32		0,0005
		<i>Proportion</i>	0,30	0,20		
		<i>Assessed Effect</i>	1,18	1,04	1,00	
2	F	EPC	27	34	31	0,003
		<i>Proportion</i>	0,10	0,10	0,20	
		<i>Assessed Effect</i>	1,04	1,01	1,04	

**Tabel 3.16.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode HEART Area  
*Back Stripping* (Lanjutan)

<b>Kegiatan:</b>		Back Stripping				
<b>Task Step</b>	<b>Generic Task</b>	<b>Calculation</b>				<b>HEP</b>
3	F	EPC	21	31	34	0,004
		<i>Proportion</i>	0,10	0,10	0,30	
		<i>Assessed Effect</i>	1,30	1,02	1,03	

Pengolahan data reliabilitas pekerja *preparation material excess* dan vitamin adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.17.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode HEART Area  
*Preparation Material Excess*

<b>Kegiatan:</b>		<i>Preparation Excess</i>					
<b>Task Step</b>	<b>Generic Task</b>	<b>Calculation</b>				<b>HEP</b>	
1	F	EPC	21	23	27	34	0,008
		<i>Proportion</i>	0,40	0,20	0,30	0,10	
		<i>Assessed Effect</i>	2,20	1,12	1,12	1,01	
2	F	EPC	21	34			0,006
		<i>Proportion</i>	0,30	0,10			
		<i>Assessed Effect</i>	1,90	1,01	1,00		
3	F	EPC	21	23	27	34	0,008
		<i>Proportion</i>	0,40	0,20	0,30	0,10	
		<i>Assessed Effect</i>	2,20	1,12	1,12	1,01	

**Tabel 3.18.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode HEART Area *Preparation Vitamin*

<b>Kegiatan:</b>		<i>Preparation Vitamin</i>					
<b>Task Step</b>	<b>Generic Task</b>	<b>Calculation</b>				<b>HEP</b>	
1	F	EPC	21	23	27	34	0,008
		<i>Proportion</i>	0,40	0,20	0,30	0,10	
		<i>Assessed Effect</i>	2,20	1,12	1,12	1,01	
2	F	EPC	21	34			0,006
		<i>Proportion</i>	0,30	0,10			
		<i>Assessed Effect</i>	1,90	1,01	1,00		
3	G	EPC	21	34			0,001
		<i>Proportion</i>	0,40	0,20			
		<i>Assessed Effect</i>	2,20	1,02	1,00		
4	F	EPC	21	23	27	34	0,008
		<i>Proportion</i>	0,40	0,20	0,30	0,10	
		<i>Assessed Effect</i>	2,20	1,12	1,12	1,01	

### 3.4.2 Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Area Pengolahan dengan Metode HEART

Pengolahan data reliabilitas pekerja *Dumping* adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.19.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Metode HEART Area *Dumping*

<b>Kegiatan:</b>		<i>Dumping</i>					
<b>Task Step</b>	<b>Generic Task</b>	<b>Calculation</b>				<b>HEP</b>	
1	E	EPC	27	12	34	33	0,030
		<i>Proportion</i>	0,30	0,10	0,30	0,10	
		<i>Assessed Effect</i>	1,12	1,30	1,03	1,02	

**Tabel 3.19.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Metode HEART Area *Dumping*  
(Lanjutan)

<b>Kegiatan:</b>		<i>Dumping</i>					
<b>Task Step</b>	<b>Generic Task</b>	<b>Calculation</b>				<b>HEP</b>	
2	G	EPC	27	32	34	36	0,0005
		<i>Proportion</i>	0,20	0,10	0,30	0,10	
		<i>Assessed Effect</i>	1,08	1,02	1,03	1,01	
3	F	EPC	21	27	34		0,005
		<i>Proportion</i>	0,40	0,30	0,10		
		<i>Assessed Effect</i>	1,40	1,12	1,01		
4	E	EPC	27	12	34	33	0,029
		<i>Proportion</i>	0,15	0,10	0,30	0,10	
		<i>Assessed Effect</i>	1,06	1,30	1,03	1,02	

Pengolahan data reliabilitas pekerja *Mixing* adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.20.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Metode HEART Area *Mixing*

<b>Kegiatan:</b>		<i>Mixing</i>					
<b>Task Step</b>	<b>Generic Task</b>	<b>Calculation</b>				<b>HEP</b>	
1	E	EPC	27	12	34	33	0,022
		<i>Proportion</i>	0,15	0,10	0,30	0,30	
		<i>Assessed Effect</i>	1,06	1,30	1,03	1,05	
2	G	EPC	12	13	17		0,0014
		<i>Proportion</i>	0,20	0,20	0,20		
		<i>Assessed Effect</i>	1,60	1,60	1,40		
3	F	EPC	21	27	33	34	0,004
		<i>Proportion</i>	0,10	0,20	0,20	0,20	
		<i>Assessed Effect</i>	1,10	1,08	1,03	1,02	

**Tabel 3.20.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Metode HEART Area *Mixing*  
(Lanjutan)

<b>Kegiatan:</b>		<i>Mixing</i>					
<b>Task Step</b>	<b>Generic Task</b>	<b>Calculation</b>					<b>HEP</b>
4	E	EPC	27	12	34	33	0,027
		<i>Proportion</i>	0,20	0,20	0,20	0,20	
		<i>Assessed Effect</i>	1,08	1,60	1,02	1,03	
5	D	EPC	27	12	34	33	0,089
		<i>Proportion</i>	0,15	0,10	0,30	0,30	
		<i>Assessed Effect</i>	1,06	1,30	1,03	1,05	

**Tabel 3.21.** Pengolahan Reliabilitas Pekerja dengan HEART Area *Tipping*

<b>Kegiatan:</b>		<i>Tipping</i>					
<b>Task Step</b>	<b>Generic Task</b>	<b>Calculation</b>					<b>HEP</b>
1	F	EPC	12	17	33		0,0061
		<i>Proportion</i>	0,20	0,10	0,40		
		<i>Assessed Effect</i>	1,60	1,20	1,06		
2	G	EPC	12	13	17		0,0014
		<i>Proportion</i>	0,20	0,20	0,20		
		<i>Assessed Effect</i>	1,60	1,60	1,40		
3	F	EPC	12	17	33		0,0061
		<i>Proportion</i>	0,20	0,10	0,40		
		<i>Assessed Effect</i>	1,60	1,20	1,06		
4	D	EPC	27	12	34	33	0,0890
		<i>Proportion</i>	0,15	0,10	0,30	0,30	
		<i>Assessed Effect</i>	1,06	1,30	1,03	1,05	

### 3.4.3 Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Area *Packing* dengan Metode HEART

Pengolahan data reliabilitas *operator* mesin *filling* adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.22.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja HEART *Operatorfilling*

<b>Kegiatan:</b>		<i>OperatorFilling</i>					
<b>Task Step</b>	<b>Generic Task</b>	<b>Calculation</b>					<b>HEP</b>
1	F	EPC	21	27	33	34	0.0040
		<i>Proportion</i>	0.20	0.10	0.40	0.20	
		<i>Assessed Effect</i>	1.20	1.04	1.06	1.02	
2	F	EPC	21	27	33		0.0041
		<i>Proportion</i>	0.20	0.20	0.30		
		<i>Assessed Effect</i>	1.20	1.08	1.05	1.00	
3	G	EPC	21	27	33		0.0005
		<i>Proportion</i>	0.20	0.10	0.40		
		<i>Assessed Effect</i>	1.20	1.04	1.06	1.00	

Pengolahan data reliabilitas pekerja *packing softpack line 1* dan *line 2* adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.23.** Pengolahan Data Reliabilitas *Packer* dengan Metode HEART Area *Packing Line 1* dan *Packing Line 2*

<b>Kegiatan:</b>		<i>Packing Line 1 dan packing Line 2</i>						
<b>Task Step</b>	<b>Generic Task</b>	<b>Calculation</b>					<b>HEP</b>	
1	G	EPC	21	34	33	2	0.0014	
		<i>Proportion</i>	0.10	0.30	0.20	0.10		
		<i>Assessed Effect</i>	1.10	1.03	1.03	2.00		
2	G	EPC	21	34	33	2	0.0016	
		<i>Proportion</i>	0.10	0.10	0.20	0.10		
		<i>Assessed Effect</i>	1.10	1.01	1.03	2.00		
3.1	F	EPC	23	27	31	34	21	0.006
		<i>Proportion</i>	0.50	0.30	0.10	0.30	0.20	
		<i>Assessed Effect</i>	1.30	1.12	1.02	1.03	1.20	

**Tabel 3.23.** Pengolahan Data Reliabilitas *Packer* dengan Metode HEART Area *Packing Line 1* dan *Packing Line 2* (Lanjutan)

<b>Task Step</b>	<b>Generic Task</b>	<b>Calculation</b>					<b>HEP</b>	
		EPC						
3.2	F	EPC	21	34	31		0.003	
		<i>Proportion</i>	0.10	0.20	0.10			
		<i>Assessed Effect</i>	1.10	1.02	1.02	1.00		
3.3	F	EPC	23	27	31	34	21	0.006
		<i>Proportion</i>	0.50	0.30	0.10	0.30	0.20	
		<i>Assessed Effect</i>	1.30	1.12	1.02	1.03	1.20	
4	F	EPC	23	27	34	21		0.004
		<i>Proportion</i>	0.10	0.10	0.20	0.30		
		<i>Assessed Effect</i>	1.06	1.04	1.02	1.30		
5	F	EPC	23	27	34			0.003
		<i>Proportion</i>	0.10	0.10	0.20			
		<i>Assessed Effect</i>	1.06	1.04	1.02	1.00		

Pengolahan data reliabilitas pekerja *packing softpack line 3* adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.24.** Pengolahan Data Reliabilitas *Packer* dengan Metode HEART Area *Packing Line 3*

<b>Kegiatan:</b>		<b>Packing Line 3</b>					<b>HEP</b>	
<b>Task Step</b>	<b>Generic Task</b>	<b>Calculation</b>						
1	G	EPC	21	34	33	2	0.0014	
		<i>Proportion</i>	0.10	0.30	0.20	0.10		
		<i>Assessed Effect</i>	1.10	1.03	1.03	2.00		
2	G	EPC	21	34	33	2	27	0.0021
		<i>Proportion</i>	0.10	0.10	0.20	0.10	0.40	
		<i>Assessed Effect</i>	1.10	1.01	1.03	2.00	1.16	

**Tabel 3.24.** Pengolahan Data Reliabilitas *Packer* dengan Metode HEART Area *Packing*  
*Line 3 (Lanjutan)*

<b>Task Step</b>	<b>Generic Task</b>	<b>Calculation</b>					<b>HEP</b>	
3	G	EPC	21	34	33	2	0.0016	
		<i>Proportion</i>	0.10	0.10	0.20	0.10		
		<i>Assessed Effect</i>	1.10	1.01	1.03	2.00		
4.1	F	EPC	23	27	31	34	21	0.006
		<i>Proportion</i>	0.50	0.30	0.10	0.30	0.20	
		<i>Assessed Effect</i>	1.30	1.12	1.02	1.03	1.20	
4.2	F	EPC	21	34	31			0.003
		<i>Proportion</i>	0.10	0.20	0.10			
		<i>Assessed Effect</i>	1.10	1.02	1.02			
4.3	F	EPC	23	27	31	34	21	0.006
		<i>Proportion</i>	0.50	0.30	0.10	0.30	0.20	
		<i>Assessed Effect</i>	1.30	1.12	1.02	1.03	1.20	
5	F	EPC	23	27	34	21		0.004
		<i>Proportion</i>	0.10	0.10	0.20	0.30		
		<i>Assessed Effect</i>	1.06	1.04	1.02	1.30		
6	F	EPC	23	27	34			0.003
		<i>Proportion</i>	0.10	0.10	0.20			
		<i>Assessed Effect</i>	1.06	1.04	1.02			

Pengolahan data reliabilitas pekerja *packing can* adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.25.** Pengolahan Data Reliabilitas *Packer* dengan Metode HEART Area *Packing Can*

<b>Kegiatan:</b>		<i>Packing Line Can</i>						
<b>Task Step</b>	<b>Generic Task</b>	<b>Calculation</b>						<b>HEP</b>
1	F	EPC	21	23	27	34		0.003
		<i>Proportion</i>	0.10	0.40	0.30	0.20		
		<i>Assessed Effect</i>	1.10	1.24	1.12	1.02		
2.1	F	EPC	23	27	34	21		0.005
		<i>Proportion</i>	0.50	0.30	0.30	0.20		
		<i>Assessed Effect</i>	1.30	1.12	1.03	1.20		
2.2	F	EPC	23	27	34	21	32	0.012
		<i>Proportion</i>	0.40	0.30	0.40	0.30	0.30	
		<i>Assessed Effect</i>	1.24	1.12	1.04	1.30	1.06	
3	F	EPC	23	27	34	21		0.004
		<i>Proportion</i>	0.10	0.10	0.20	0.30		
		<i>Assessed Effect</i>	1.06	1.04	1.02	1.30		
4	F	EPC	23	27	34			0.003
		<i>Proportion</i>	0.10	0.10	0.20			
		<i>Assessed Effect</i>	1.06	1.04	1.02	1.00		

### 3.5 Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Pabrik Susu dengan Metode SPARH

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai pengolahan data dengan menggunakan metode SPAR-H di seluruh area produksi pabrik susu bayi. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan form pengambilan data yang dilampirkan pada bab lampiran. Berikut adalah pengolahan data dengan menggunakan metode SPAR-H.

### 3.5.1 Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Area *Batching* dengan Metode SPAR-H

Pekerjaan pada area *Batching* keseluruhannya merupakan pekerjaan yang tergolong action dalam metode SPAR-H. Pengolahan data reliabilitas pekerja transfer material adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.26.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H  
Area Transfer Material

<i>Factors Multiplier</i>	<b>Task Step</b>					
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3.1</b>	<b>3.2</b>	<b>3.3</b>	<b>4</b>
<i>Available Time</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Stress</i>	2	2	1	1	1	2
<i>Complexity</i>	2	2	1	1	1	5
<i>Experience</i>	0.5	0.5	1	1	1	0.5
<i>Procedure</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Ergonomics</i>	10	10	10	10	10	10
<i>Fitness for duty</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Work Process</i>	1	1	1	1	1	1
<i>PSF Composite</i>	20	20	10	10	10	50
<b>NHEP</b>	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010	0.0010
<b>HEP</b>	0.0196	0.0196	0.0100	0.0100	0.0100	0.0477

Pengolahan data reliabilitas pekerja *back stripping* adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.27.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H Area  
Back Stripping

<i>Factors Multiplier</i>	<b>Task Step</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<i>Available Time</i>	1	1	1
<i>Stress</i>	1	1	1
<i>Complexity</i>	1	2	2
<i>Experience</i>	1	1	1

**Tabel 3.27.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H Area  
Back Stripping (Lanjutan)

<i>Factors Multiplier</i>	<b>Task Step</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<i>Procedure</i>	1	1	1
<i>Ergonomics</i>	1	1	1
<i>Fitness for duty</i>	1	1	1
<i>Work Process</i>	1	1	1
<i>PSF Composite</i>	1	2	2
<b>NHEP</b>	0,001	0,001	0,001
<b>HEP</b>	0,0010	0,0020	0,0020

Pengolahan data reliabilitas pekerja *preparation material excess* dan vitamin adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.28.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H Area  
*Preparation Material Excess*

<i>Factors Multiplier</i>	<b>Task Step</b>		
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<i>Available Time</i>	1	1	1
<i>Stress</i>	1	1	1
<i>Complexity</i>	1	2	2
<i>Experience</i>	1	1	1
<i>Procedure</i>	1	1	1
<i>Ergonomics</i>	1	1	1
<i>Fitness for duty</i>	1	1	1
<i>Work Process</i>	1	1	1
<i>PSF Composite</i>	1	2	2
<b>NHEP</b>	0,001	0,001	0,001
<b>HEP</b>	0,0010	0,0020	0,0020

**Tabel 3.29.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H Area  
*Preparation Vitamin*

<i>Factors Multiplier</i>	<b>Task Step</b>			
	1	2	3	4
<i>Available Time</i>	1	1	1	1
<i>Stress</i>	1	1	1	1
<i>Complexity</i>	1	1	1	1
<i>Experience</i>	1	1	1	1
<i>Procedure</i>	1	1	1	1
<i>Ergonomics</i>	10	1	1	10
<i>Fitness for duty</i>	1	1	1	1
<i>Work Process</i>	1	1	1	1
<i>PSF Composite</i>	10	1	1	10
<b>NHEP</b>	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>HEP</b>	0,0100	0,0010	0,0010	0,0100

### 3.5.2 Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Area Pengolahan dengan Metode SPAR-H

Pekerjaan pada area pengolahan yang diteliti keseluruhannya merupakan pekerjaan yang tergolong *action* dalam metode SPAR-H. Pengolahan data reliabilitas pekerja *Dumping* adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.30** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H Area  
*Dumping*

<i>Factors Multiplier</i>	<b>Task Step</b>			
	1	2	3	4
<i>Available Time</i>	1	1	1	1
<i>Stress</i>	2	1	2	2
<i>Complexity</i>	2	1	1	2
<i>Experience</i>	0,5	1	1	0,5
<i>Procedure</i>	1	1	1	1
<i>Ergonomics</i>	10	1	1	10

**Tabel 3.30** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H Area *Dumping* (Lanjutan)

<i>Factors Multiplier</i>	<b>Task Step</b>			
	1	2	3	4
<i>Fitness for duty</i>	1	1	1	1
<i>Work Process</i>	1	1	1	1
<i>PSF Composite</i>	20	1	2	20
<b>NHEP</b>	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>HEP</b>	0,0196	0,001	0,0020	0,0196

Pengolahan data reliabilitas pekerja *Mixing* adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.31** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H Area *Mixing*

<i>Factors Multiplier</i>	<b>Task Step</b>				
	1	2	3	4	5
<i>Available Time</i>	1	1	1	1	1
<i>Stress</i>	2	2	2	2	2
<i>Complexity</i>	2	1	1	2	5
<i>Experience</i>	0,5	1	1	0,5	0,5
<i>Procedure</i>	1	1	1	1	1
<i>Ergonomics</i>	10	1	1	10	10
<i>Fitness for duty</i>	1	1	1	1	1
<i>Work Process</i>	1	1	1	1	1
<i>PSF Composite</i>	20	2	2	20	50
<b>NHEP</b>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>HEP</b>	0,0196	0,002	0,0020	0,0196	0,0477

Pengolahan data reliabilitas pekerja *Tipping* adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.32.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H Area *Tipping*

<b>Factors Multiplier</b>	<b>Task Step</b>			
	1	2	3	4
<i>Available Time</i>	1	1	1	1
<i>Stress</i>	2	2	2	2
<i>Complexity</i>	2	1	2	5
<i>Experience</i>	1	1	1	0,5
<i>Procedure</i>	1	1	1	1
<i>Ergonomics</i>	1	1	1	10
<i>Fitness for duty</i>	1	1	1	1
<i>Work Process</i>	1	1	1	1
<i>PSF Composite</i>	4	2	4	50
<b>NHEP</b>	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>HEP</b>	0,0040	0,0020	0,0040	0,0477

### 3.5.3 Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja Area *Batching* dengan Metode SPAR-H

Pengolahan data reliabilitas *operator* mesin *Filling* adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.33.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H *Operator Mesin Filling*

<b>Factors Multiplier</b>	<b>Task Step</b>		
	1	2	3
<i>Available Time</i>	1	1	1
<i>Stress</i>	2	2	2
<i>Complexity</i>	2	2	1
<i>Experience</i>	1	1	1
<i>Procedure</i>	1	1	1
<i>Ergonomics</i>	1	1	1

**Tabel 3.33.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H  
*Operator Mesin Filling (Lanjutan)*

<b>Factors Multiplier</b>	<b>Task Step</b>		
	1	2	3
<i>Fitness for duty</i>	1	1	1
<i>Work Process</i>	1	1	1
<i>PSF Composite</i>	4	4	2
<b>NHEP</b>	0.001	0.001	0.001
<b>HEP</b>	0.004	0.004	0.002

Pengolahan data reliabilitas *packer soft pack* adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.34.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H  
*Pekerja PackerSoft Pack Line 1 dan Line 2*

<b>Factors Multiplier</b>	<b>Task Step</b>						
	1	2	3.1	3.2	3.3	4	5
<i>Available Time</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Stress</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Complexity</i>	2	2	1	1	1	2	1
<i>Experience</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Procedure</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Ergonomics</i>	1	1	10	1	10	10	10
<i>Fitness for duty</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>Work Process</i>	1	1	1	1	1	1	1
<i>PSF Composite</i>	2	2	10	1	10	20	10
<b>NHEP</b>	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
<b>HEP</b>	0.002	0.002	0.01	0.001	0.01	0.02	0.01

**Tabel 3.35.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H  
Pekerja *PackerSoftpack Line 3*

Factors Multiplier	Task Step							
	1	2	3	4.1	4.2	4.3	5	6
Available Time	1	1	1	1	1	1	1	1
Stress	1	1	1	1	1	1	1	1
Complexity	2	2	2	1	1	1	2	1
Experience	1	1	1	1	1	1	1	1
Procedure	1	1	1	1	1	1	1	1
Ergonomics	1	1	1	10	1	10	10	10
Fitness for duty	1	1	1	1	1	1	1	1
Work Process	1	1	1	1	1	1	1	1
PSF Composite	2	2	2	10	1	10	20	10
<b>NHEP</b>	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
<b>HEP</b>	0.002	0.002	0.002	0.01	0.001	0.01	0.02	0.01

Pengolahan data reliabilitas *packer* produk *can* adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.36.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H  
Pekerja *PackerCan*

Factors Multiplier	Task Step				
	1	2.1	2.2	3	4
Available Time	1	1	1	1	1
Stress	1	2	2	1	1
Complexity	2	1	1	2	1
Experience	1	1	1	1	1
Procedure	1	1	1	1	1
Ergonomics	1	1	10	10	10
Fitness for duty	1	1	1	1	1
Work Process	1	1	1	1	1
PSF Composite	2	2	20	20	10

**Tabel 3.36.** Pengolahan Data Reliabilitas Pekerja dengan Metode SPAR-H  
Pekerja *PackerCan* (Lanjutan)

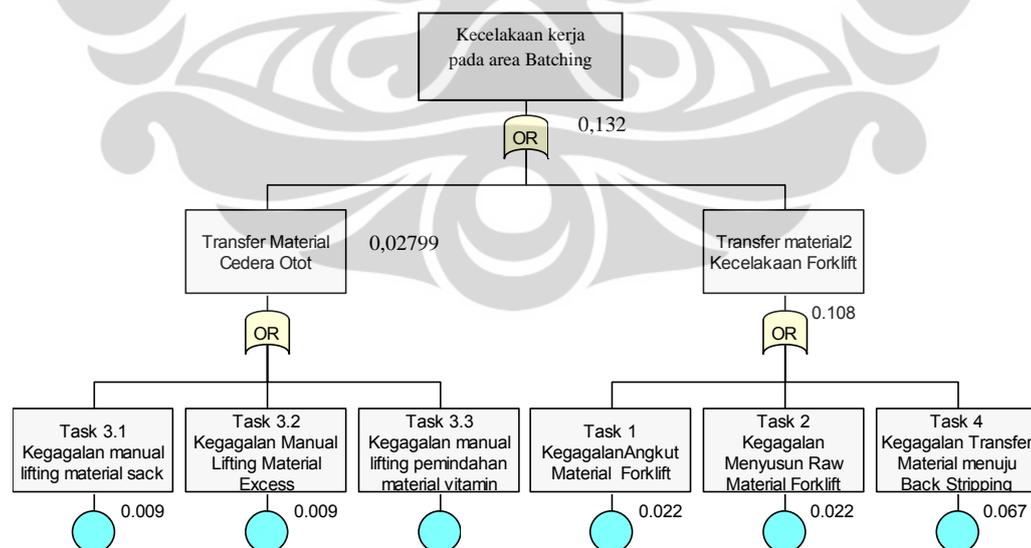
Factors Multiplier	Task Step				
	1	2.1	2.2	3	4
<b>NHEP</b>	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
<b>HEP</b>	0.002	0.002	0.0196	0.02	0.01

### 3.6 Pengolahan Kecelakaan Kerja dengan Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis*

Pada bab ini akan dibahas pola kegagalan kecelakaan kerja pada area Pabrik Susu bayi dengan menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA). FTA akan menggambarkan pola kegagalan kerja akibat *human error* dan probabilitas terjadinya kecelakaan kerja tersebut.

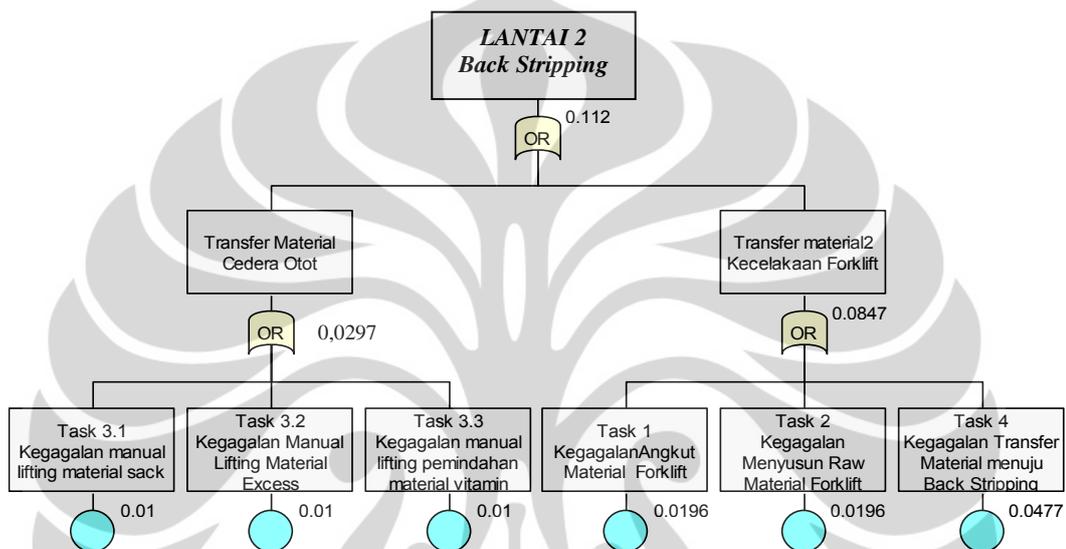
#### 3.6.1 Pengolahan Data *Fault Tree Analysis* Pada Area *Batching*

FTA berikut menggambarkan pola kegagalan atau terjadinya kecelakaan yang disebabkan oleh *human error*. Analisa FTA dilakukan terhadap dua metode reliabilitas yang digunakan, HEART dan SPAR-H, untuk mengukur pola kegagalan dan peluang terjadinya kecelakaan kerja. Berikut adalah FTA kecelakaan kerja akibat *human error* yang terjadi pada area *Preparation Batching*:



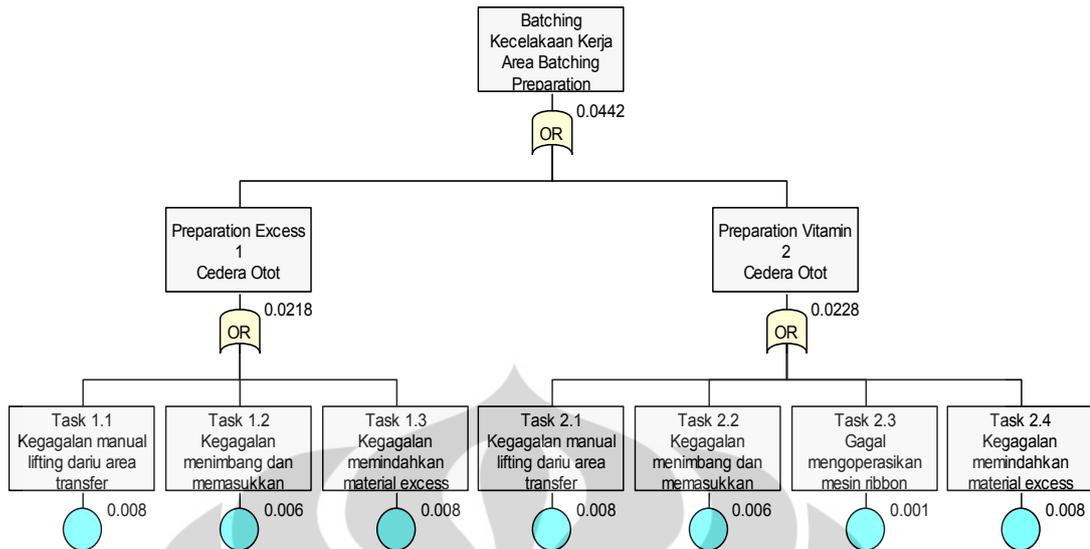
**Gambar 3.17** *Fault Tree Analysis* Area Transfer Material dengan Metode HEART

Peluang kecelakaan kerja pada area *Batchingtransfer material* yang diukur dengan menggunakan metode HEART yakni sebesar 0,132. Pada area ini terdapat dua jenis kecelakaan kerja akibat *human error* yang mungkin terjadi, yakni cedera otot dan kecelakaan *forklift*, dengan HEP melalui pengukuran metode HEART masing-masing sebesar 0,02799 dan 0,108. HEP untuk *basic event* terbesar terjadi pada *Task 4* yakni kegagalan pemindahkn material menuju area *back stripping* oleh *forklift* dengan HEP sebesar 0,067.

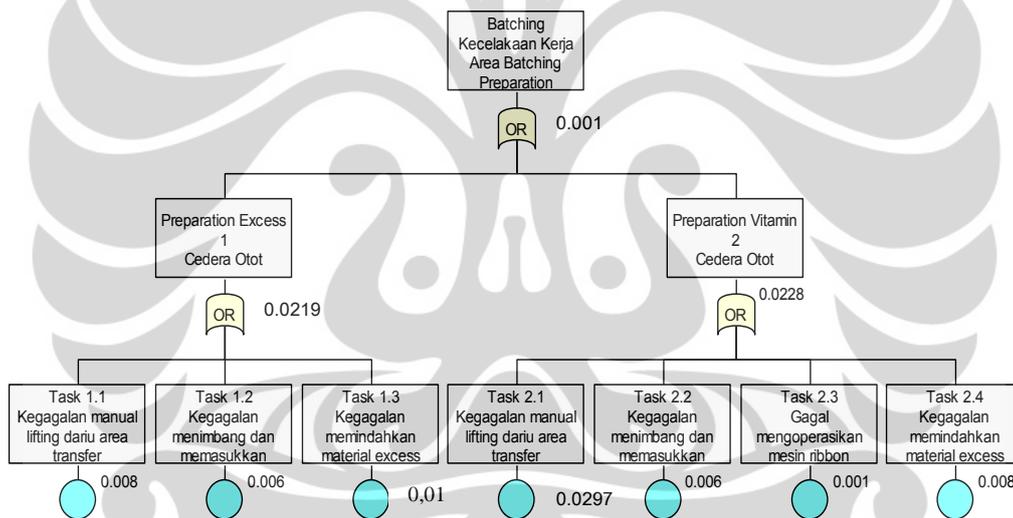


**Gambar 3.18** *Fault Tree Analysis Area Transfer Material dengan Metode SPARH*

Diagram di atas menggambarkan pola kegagalan dan probabilitas terjadinya kecelakaan kerja dengan menggunakan metode SPAR-H pada area *transfer material*. Dimana HEP terjadinya kecelakaan kerja yakni sebesar 0,112 terdiri atas HEP kecelakaan kerja yang disebabkan oleh cedera otot sebesar 0,029 dan kecelakaan *forklift* sebesar 0,0874. HEP *basic event* terbesar terjadi pada *Task 4* yakni kegagalan transfer menuju area *back stripping* sebesar 0,0477.



**Gambar 3.19** *Fault Tree Analysis Area Preparation* dengan Metode HEART

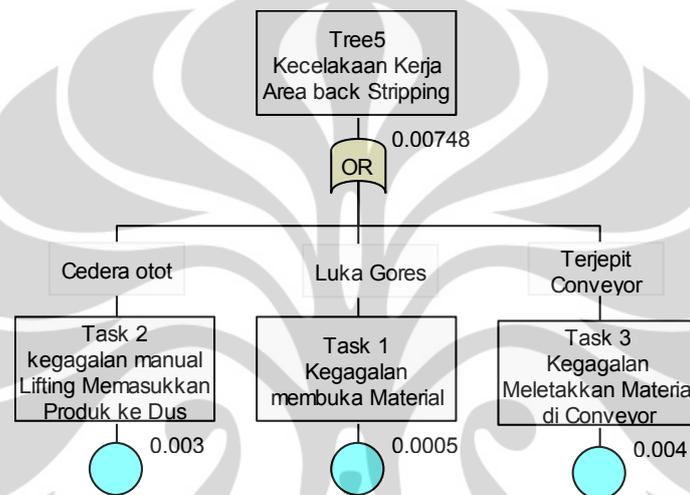


**Gambar 3.20** *Fault Tree Analysis Area Preparation* dengan Metode SPAR-H

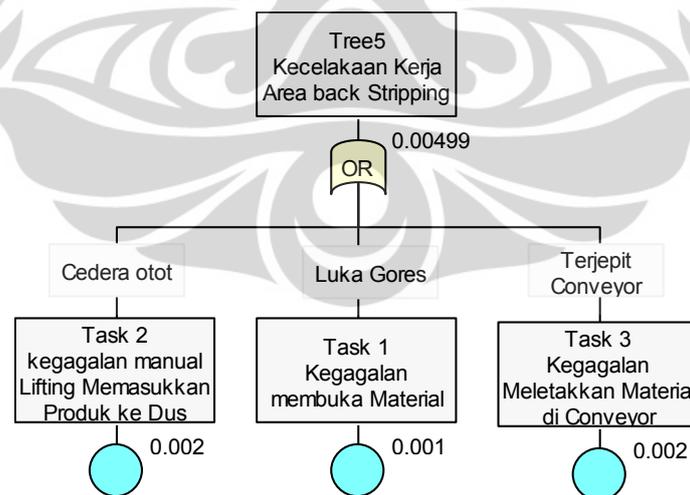
Gambar di atas menggambarkan pola kegagalan kerja yang terjadi pada area *preparation* material vitamin dan *material excess*. Pola kecelakaan kerja menunjukkan bahwa kecelakaan kerja yang terjadi akibat *human error* disebabkan oleh kecelakaan kerja berupa cedera otot. Peluang kecelakaan kerja pada area *preparation* secara keseluruhan ditunjukkan oleh HEP sebesar 0,0442 untuk pengukuran dengan metode HEART dan 0,0423 untuk pengukuran dengan metode SPAR-H. Dimana HEP kecelakaan kerja cedera otot pada area *preparation material excess* yang diukur dengan menggunakan metode HEART

yakni sebesar 0,0218 dan dengan menggunakan metode SPAR-H sebesar 0,0209. Sedangkan pada area *preparation material vitamin* sebesar HEP kecelakaan kerja cedera otot yakni 0,0268 dengan menggunakan metode HEART dan 0,0219 dengan menggunakan metode SPAR-H. HEP terbesar untuk keseluruhan *basic event* baik dengan metode HEART maupun metode SPAR-H terjadi pada *Task 1* dan *Task 3* pada area *preparation material excess* dan *preparation vitamin*.

Berikut adalah FTA untuk area kerja *back stripping* dengan menggunakan metode HEART dan metode SPAR-H:



**Gambar 3.21** *Fault Tree Analysis Area Back Stripping* dengan Metode HEART



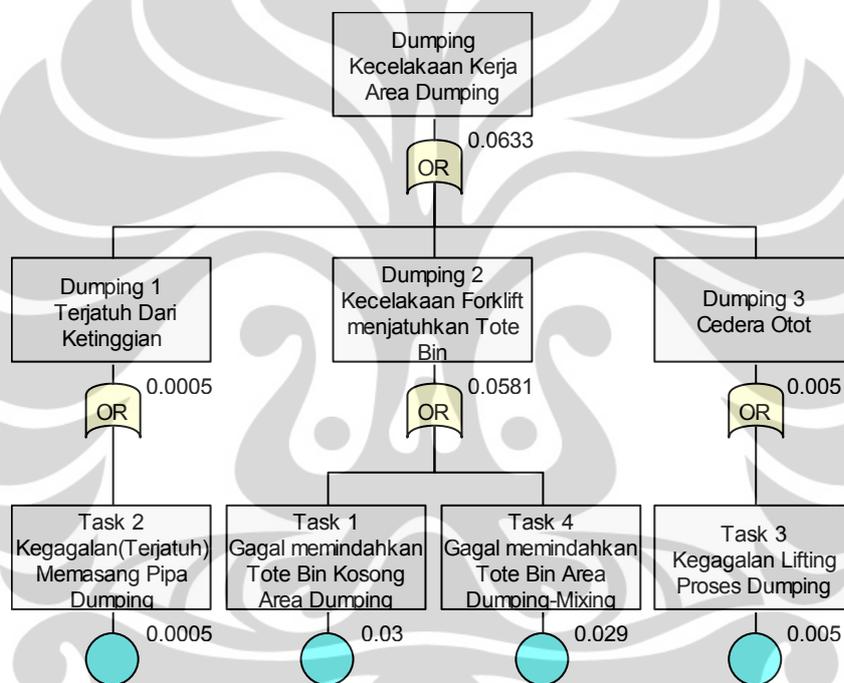
**Gambar 3.22** *Fault Tree Analysis Area Back Stripping* dengan Metode SPAR-H

Gambar di atas menunjukkan pola kegagalan kecelakaan kerja pada area *back stripping*. Dimana HEP kecelakaan kerja pada area ini adalah

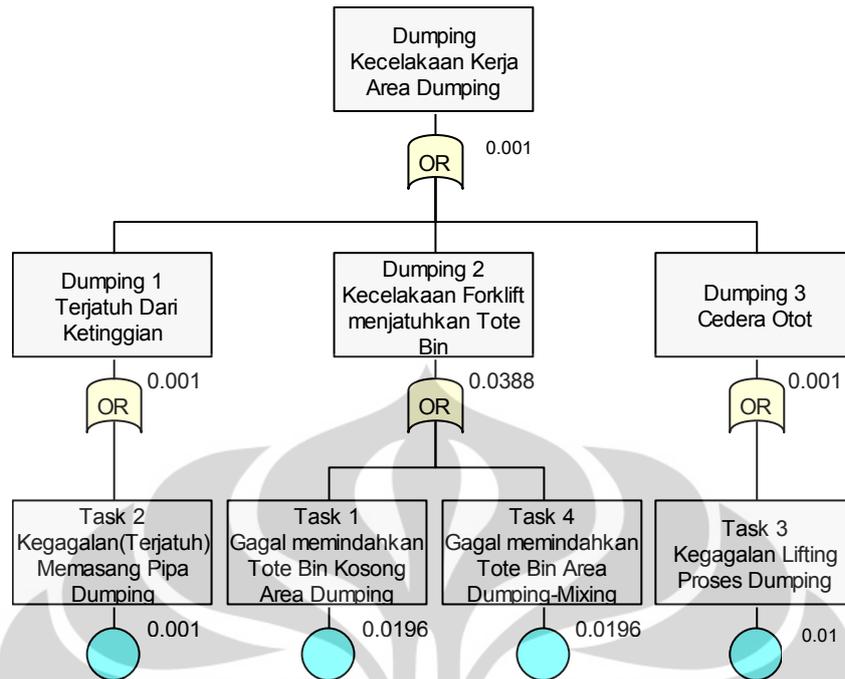
0,00748 dengan menggunakan metode HEART dan 0,00499 dengan menggunakan metode SPAR-H. Pada area ini terdapat tiga jenis kecelakaan kerja yakni luka gores, cedera otot, dan terjepit *conveyor*. Dimana HEP terbesar untuk *basic event* terjadi pada *Task 3* yakni kecelakaan kerja terjepit *conveyor* untuk pengukuran dengan metode HEART dan *Task 2* dan *Task 3* yakni kecelakaan kerja cedera otot dan terjepit *conveyor* untuk pengukuran dengan menggunakan metode SPAR-H.

### 3.6.2 Pengolahan Data *Fault Tree Analysis* Pada Area Pengolahan

Berikut adalah FTA kecelakaan kerja pada area *Dumping* :



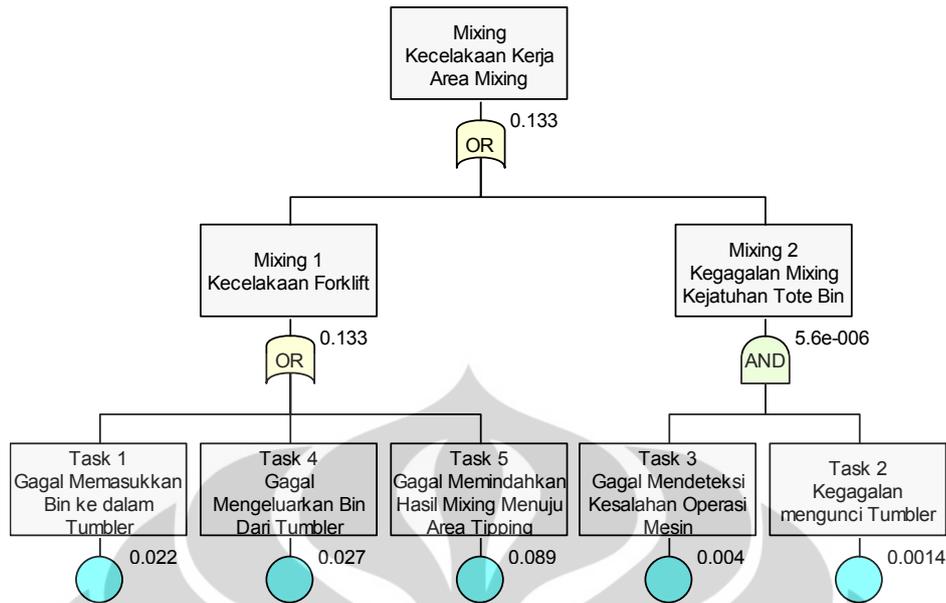
**Gambar 3.23** *Fault Tree Analysis* Area *Dumping* dengan Metode HEART



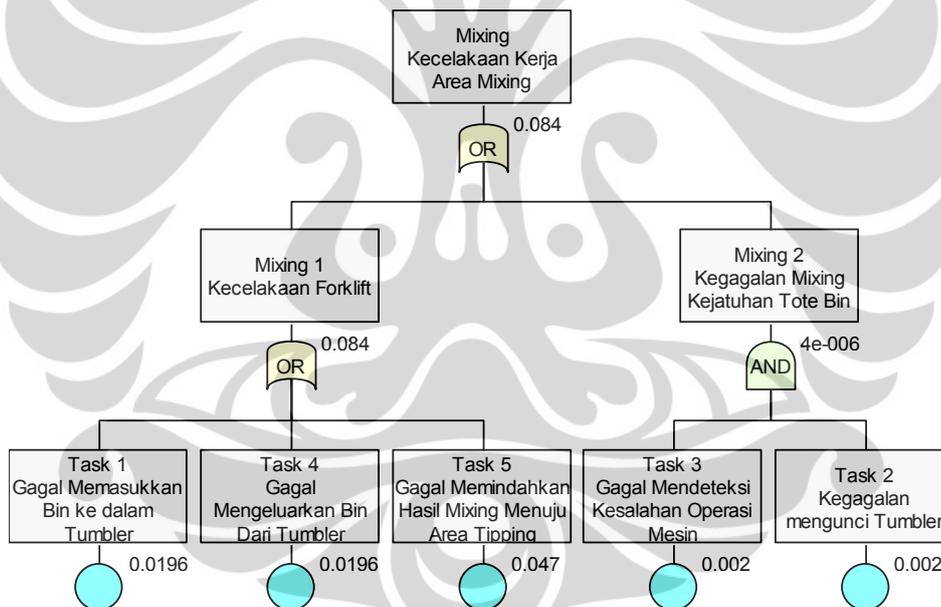
**Gambar 3.24** *Fault Tree Analysis Area Dumping* dengan Metode SPAR-H

Gambar di atas menunjukkan pola kegagalan kecelakaan kerja pada area *dumping*. Pada area ini terdapat tiga jenis kecelakaan kerja terjatuh dari ketinggian, kecelakaan *forklift* dan menjatuhkan *tote bin* serta kecelakaan kerja cedera otot. Dimana HEP keseluruhan kecelakaan kerja pada area ini adalah 0,0633 dengan menggunakan metode HEART dan 0,0417 dengan menggunakan metode SPAR-H. Dimana kecelakaan kerja dengan HEP tertinggi berdasarkan jenis kecelakaan adalah kecelakaan kerja *forklift* dengan HEP 0,0581 dengan menggunakan metode HEART dan 0,0388 dengan menggunakan metode SPAR-H. HEP tertinggi untuk *basic event* yakni pada *Task 1* untuk pengukuran dengan menggunakan metode HEART dan *Task 1* dan *Task 4* untuk pengukuran dengan menggunakan metode SPAR-H.

Berikut adalah FTA kecelakaan kerja pada area *mixing*:



Gambar 3.25 *Fault Tree Analysis Area Mixing* dengan Metode HEART

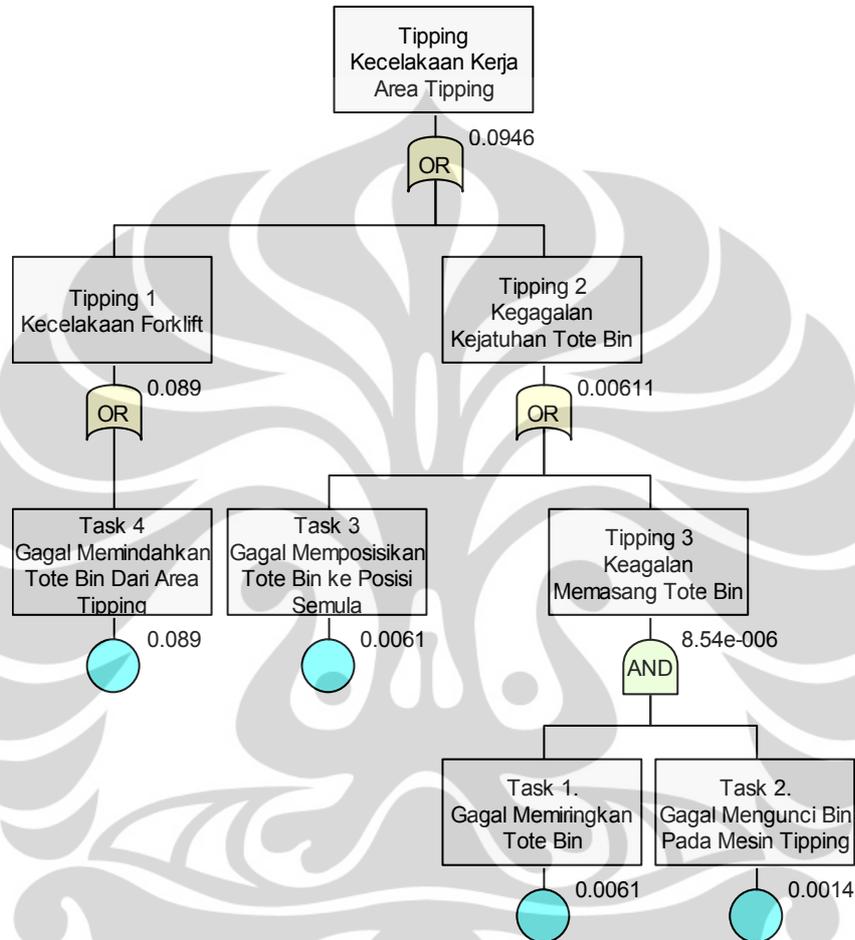


Gambar 3.26 *Fault Tree Analysis Area Mixing* dengan Metode SPAR-H

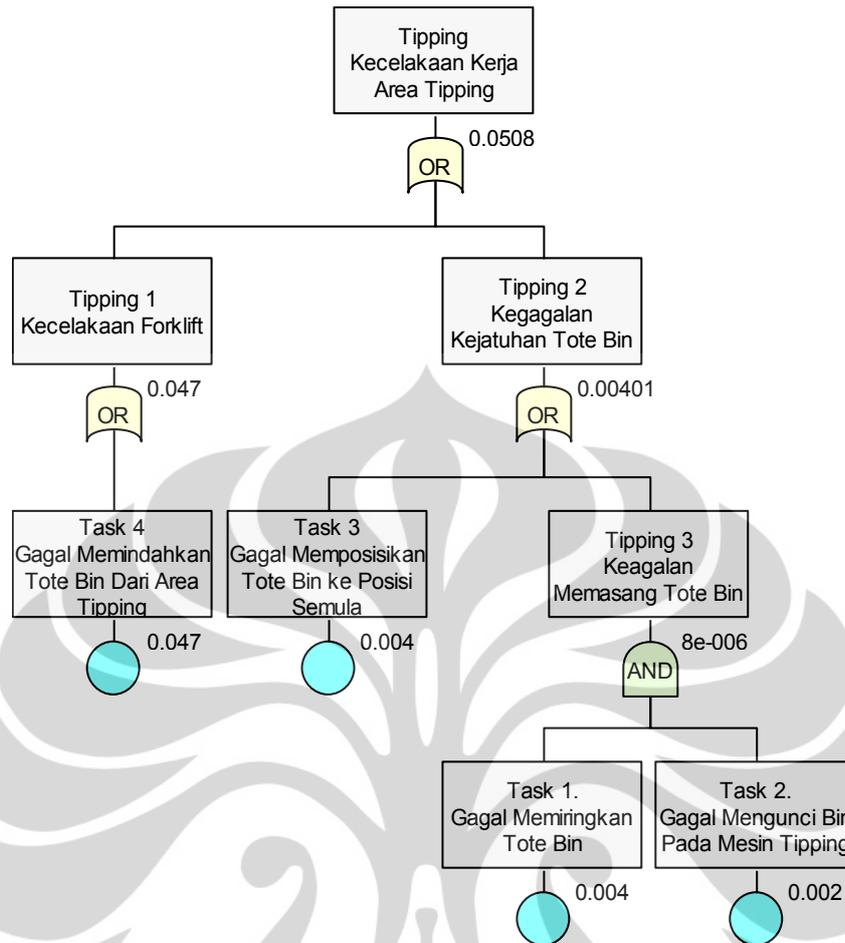
Gambar di atas menunjukkan pola kegagalan kecelakaan kerja pada area *mixing*. Pada area ini terdapat dua jenis kecelakaan kerja yakni, kecelakaan *forklift* dan menjatuhkan *tote bin*. Dimana HEP keseluruhan kecelakaan kerja pada area ini adalah 0,133 dengan menggunakan metode HEART dan 0,084 dengan menggunakan metode SPAR-H. Dimana kecelakaan kerja dengan HEP tertinggi berdasarkan jenis kecelakaan adalah kecelakaan kerja *forklift*. Pola kegagalan

diatas menunjukkan bahwa kecelakaan kerja kejatuhan *tote bin* terjadi jika *Task 2* dan *Task 3* terjadi bersamaan yang ditunjukkan oleh *AND Gate*. HEP tertinggi untuk *basic event* yakni pada *Task 5* yakni memindahkan *hasil mixing* menuju area *tipping*.

Berikut adalah FTA kecelakaan kerja pada area *Tipping*.



**Gambar 3.27** *Fault Tree Analysis Area Tipping* dengan Metode HEART

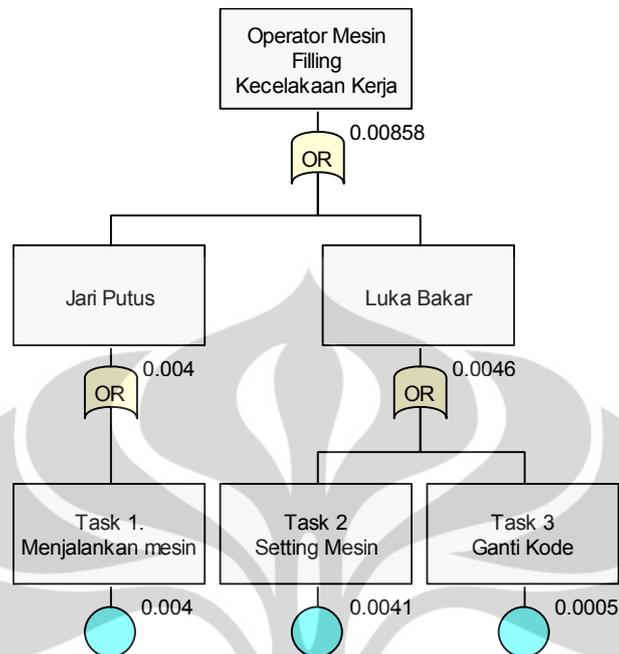


**Gambar 3.28** Fault Tree Analysis Area Tipping dengan Metode SPAR-H

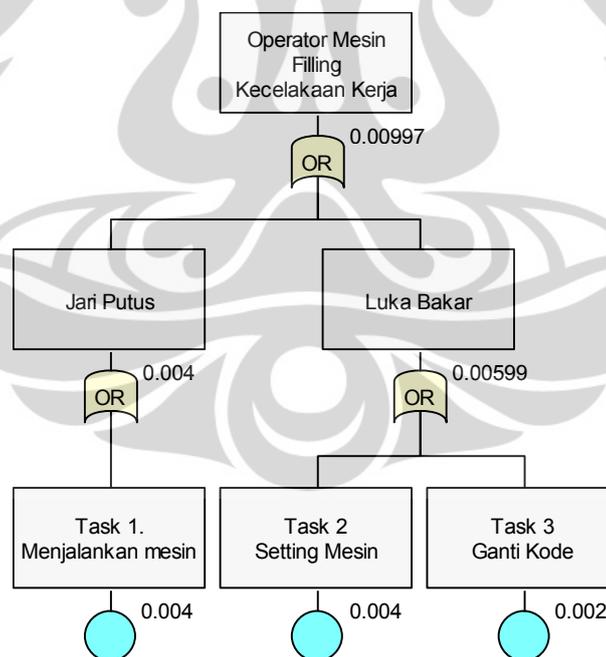
Gambar di atas menunjukkan pola kegagalan kecelakaan kerja pada area Tipping. Pada area ini terdapat dua jenis kecelakaan kerja yakni, kecelakaan Forklift dan menjatuhkan tote bin. Dimana HEP keseluruhan kecelakaan kerja pada area ini adalah 0,0946 dengan menggunakan metode HEART dan 0,0508 dengan menggunakan metode SPAR-H. Dimana kecelakaan kerja dengan HEP tertinggi berdasarkan jenis kecelakaan adalah kecelakaan kerja Forklift. Pola kegagalan diatas menunjukkan bahwa kecelakaan kerja kejatuhan tote bin terjadi jika Task 2 dan Task 3 terjadi bersamaan yang ditunjukkan oleh AND Gate. HEP tertinggi untuk basic event yakni pada Task 5 yakni memindahkan hasil Mixing menuju area Tipping.

### 3.6.3 Pengolahan Data *Fault Tree Analysis* Pada Area *Packing*

Berikut adalah FTA kecelakaan kerja pada *operator* mesin *Filling*:



**Gambar 3.29** *Fault Tree Analysis Operator Filling* dengan Metode HEART

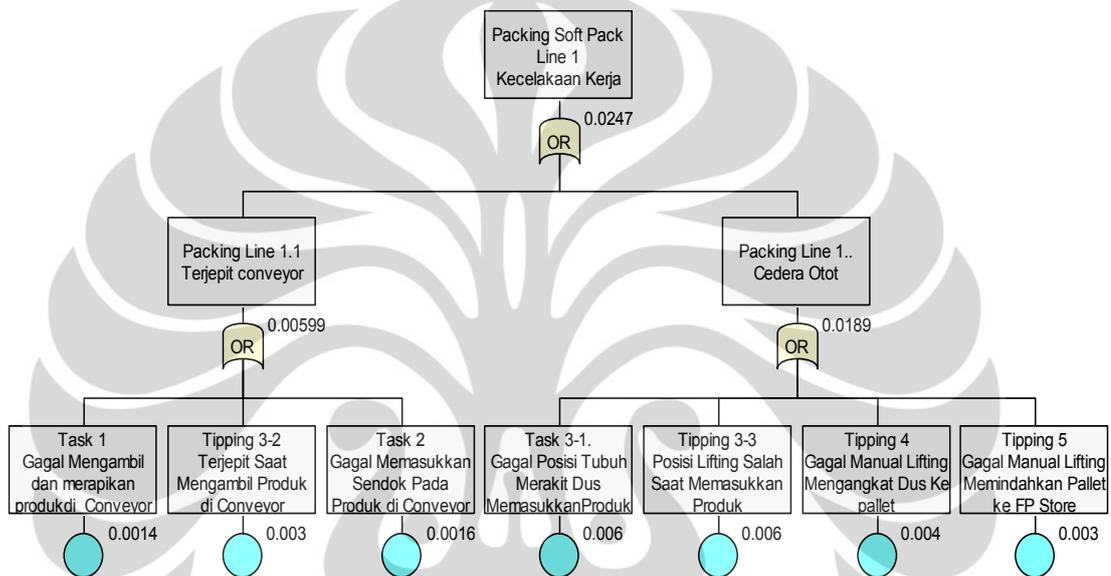


**Gambar 3.30** *Fault Tree Analysis Operator Filling* dengan Metode SPAR-H

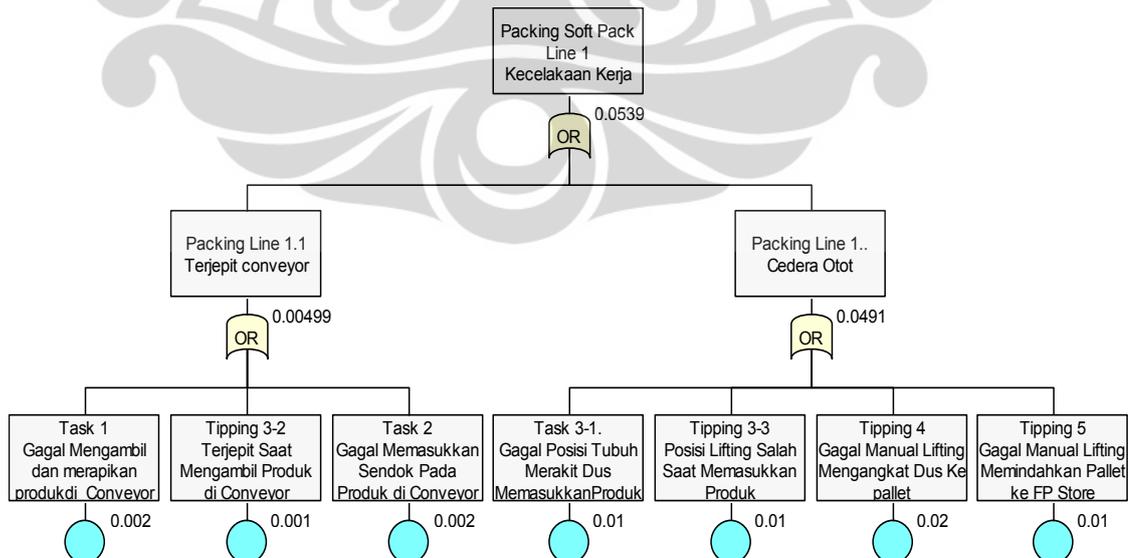
Gambar di atas menunjukkan pola kegagalan kecelakaan kerja pada *operator filling*. Pada area ini terdapat dua jenis kecelakaan kerja yakni luka bakar

dan jari putus. Dimana HEP keseluruhan kecelakaan kerja pada area ini adalah 0,00858 dengan menggunakan metode HEART dan 0,00997 dengan menggunakan metode SPAR-H. Dimana kecelakaan kerja dengan HEP tertinggi berdasarkan jenis kecelakaan adalah kecelakaan kerja luka bakar. Pengukuran dengan menggunakan metode HEART dan SPAR-H menunjukkan bahwa *Task 2* memiliki HEP paling besar dibandingkan dengan kegiatan lainnya.

Berikut adalah FTA kecelakaan kerja pada area *packing line 1* dan *packing line 2*:



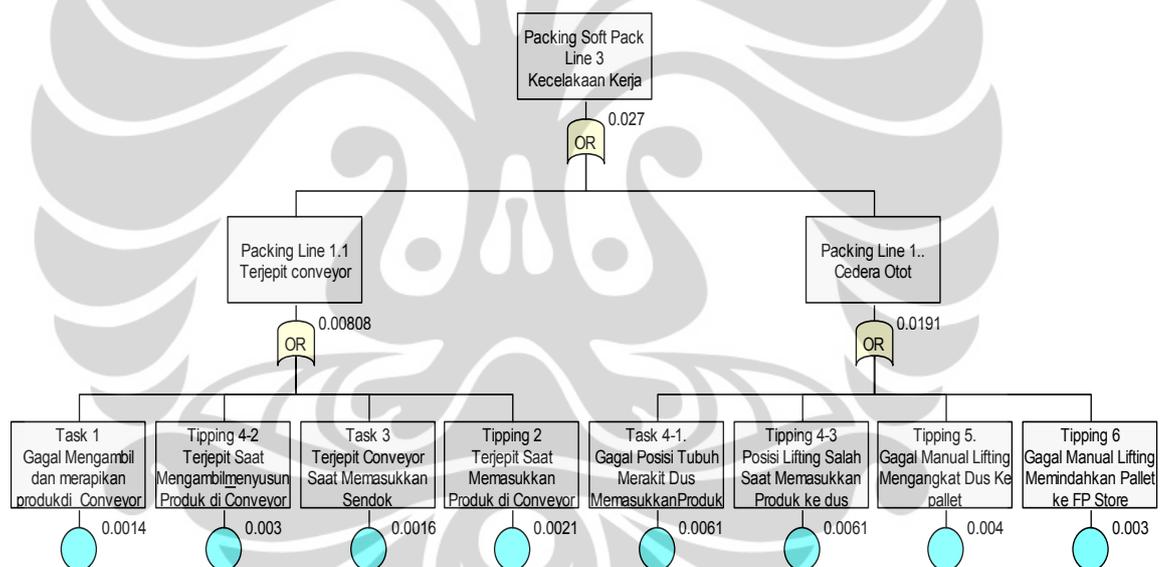
**Gambar 3.31** Fault Tree Analysis Area Packing Soft Pack Line 1 dan line 2 dengan Metode HEART



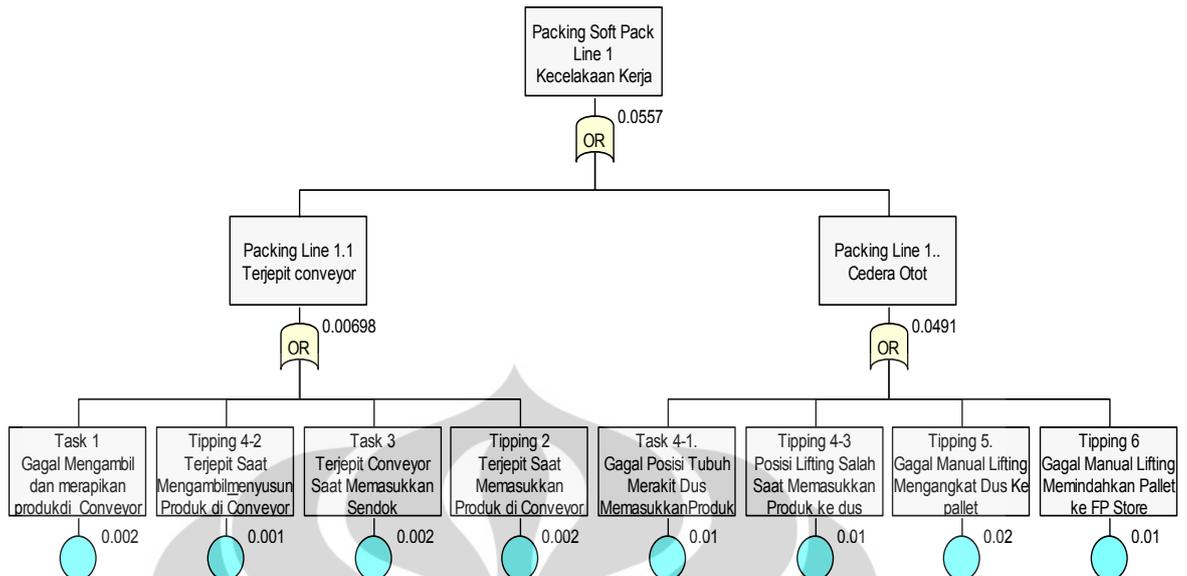
**Gambar 3.32** Fault Tree Analysis Area Packing Soft Pack Line 1 dan line 2 dengan Metode SPAR-H

Gambar di atas menunjukkan pola kegagalan kecelakaan kerja pada area *packing line 1* dan *packing line 2*. Kedua area ini memiliki urutan pekerjaan yang sama. Pada area ini terdapat dua jenis kecelakaan kerja yakni terjepi *conveyor* dan cedera otot. Dimana HEP keseluruhan kecelakaan kerja pada area ini adalah 0,0247 dengan menggunakan metode HEART dan 0,0539 dengan menggunakan metode SPAR-H. Dimana kecelakaan kerja dengan HEP tertinggi berdasarkan jenis kecelakaan adalah kecelakaan kerja cedera otot. Pengukuran dengan menggunakan metode HEART menunjukkan bahwa *Task 3-1* dan *Task 3-3* memiliki HEP paling besar dibandingkan dengan kegiatan lainnya, sedangkan pengukuran HEP dengan menggunakan metode SPAR-H menunjukkan *Task 4* memiliki nilai HEP paling besar.

Berikut adalah FTA kecelakaan kerja pada area *packing line 3*:

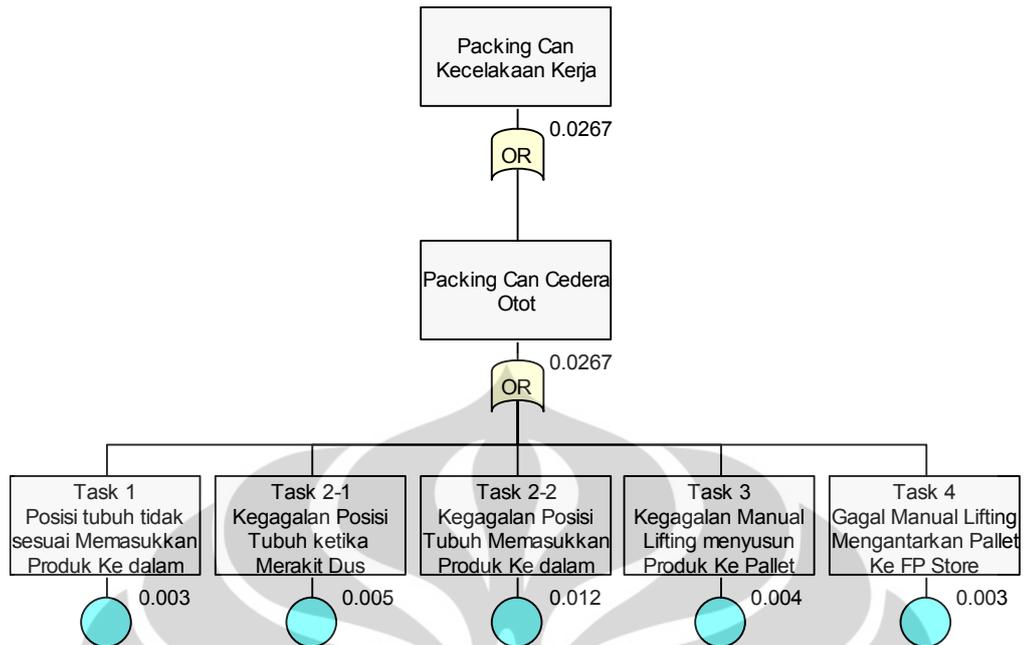


**Gambar 3.33** *Fault Tree Analysis Area Packing Soft Pack Line 3* dengan Metode HEART

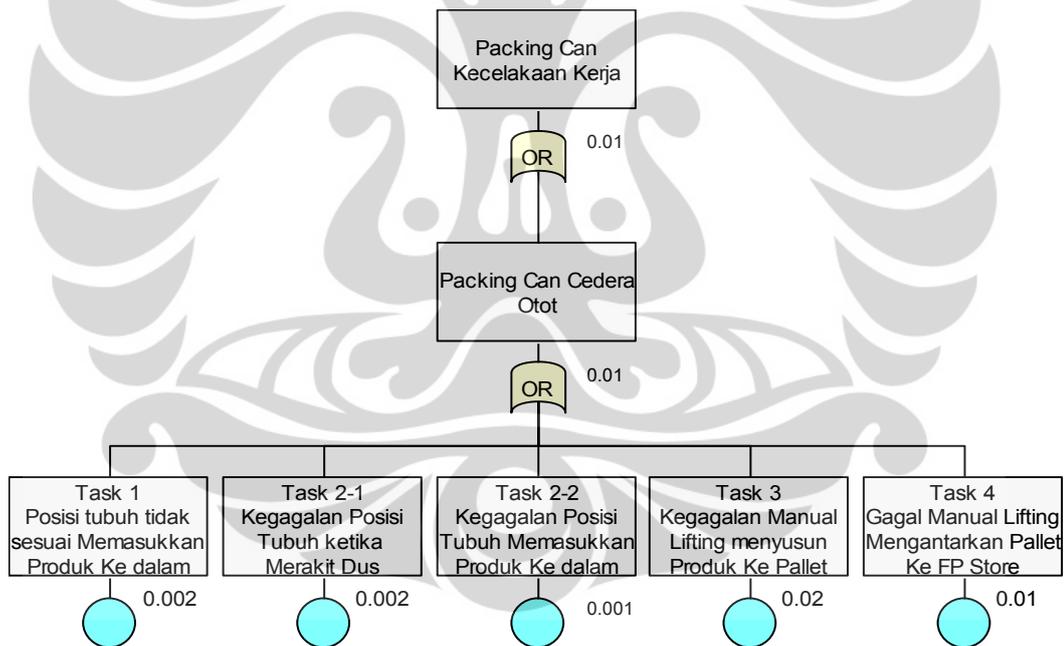


**Gambar 3.34** Fault Tree Analysis Area Packing Soft Pack Line 3 dengan Metode SPAR-H

Gambar di atas menunjukkan pola kegagalan kecelakaan kerja pada area packing line 3. Pada area ini terdapat dua jenis kecelakaan kerja yakni terjepit conveyor dan cedera otot. Dimana HEP keseluruhan kecelakaan kerja pada area ini adalah 0,027 dengan menggunakan metode HEART dan 0,0557 dengan menggunakan metode SPAR-H. Dimana kecelakaan kerja dengan HEP tertinggi berdasarkan jenis kecelakaan adalah kecelakaan kerja cedera otot. Pengukuran dengan menggunakan metode HEART menunjukkan bahwa Task 4-1 memiliki HEP paling besar dibandingkan dengan kegiatan lainnya, sedangkan pengukuran HEP dengan menggunakan metode SPAR-H menunjukkan Task 5 memiliki nilai HEP paling besar.



**Gambar 3.35** *Fault Tree Analysis Area Packing Can dengan Metode HEART*



**Gambar 3.36** *Fault Tree Analysis Area Packing Can dengan Metode SPAR-H*

Gambar di atas menunjukkan pola kegagalan kecelakaan kerja pada area *packing line can*. Pada area hanya terdapat satu jenis kecelakaan kerja yakni cedera otot. Dimana HEP keseluruhan kecelakaan kerja pada area ini adalah 0,0267 dengan menggunakan metode HEART dan 0,054 dengan menggunakan metode SPAR-H. Pengukuran dengan menggunakan metode HEART

menunjukkan bahwa *Task 2-2* memiliki HEP paling besar dibandingkan dengan kegiatan lainnya, sedangkan pengukuran HEP dengan menggunakan metode SPAR-H menunjukkan *Task 2-2* dan *Task 3* memiliki nilai HEP paling besar.



## BAB 4 ANALISA DAN INTERPRETASI HASIL

### 4.1 Analisa Hasil Pengukuran Reliabilitas Pekerja Pabrik Susu Bayi dengan Metode HEART

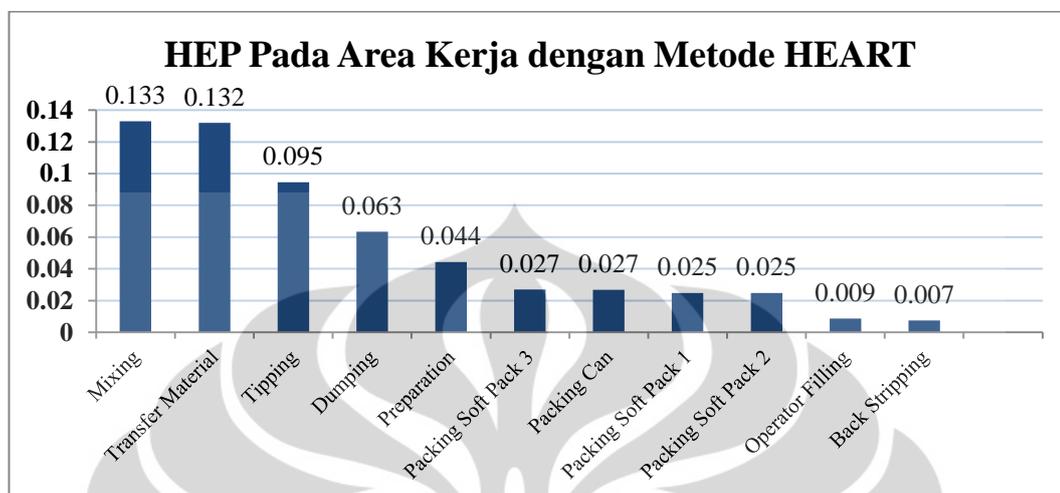
Pada bab pengolahan data telah dilakukan pengukuran reliabilitas pekerja pabrik susu bayi dengan menggunakan metode HEART dan telah dilakukan analisa pola kegagalan dengan menggunakan *Fault Tree Analysis* pada keseluruhan area produksi pabrik dimana terdapat 11 area yang dilakukan pengukuran. Berdasarkan pengukuran diperoleh hasil *Human Error Probabilities* yang menggambarkan resiko kecelakaan kerja pada area pabrik susu bayi sebagai berikut:

**Tabel 4.1** Hasil Pengukuran HEP Kecelakaan Kerja Pada Area Pabrik Susu bayi dengan Menggunakan Metode HEART

AREA	SUB AREA	HEART
<b><i>Batching</i></b>	Transfer Material	0.132
	<i>Preparation</i>	0.0442
	Back Stripping	0.00748
<b>Pengolahan</b>	<i>Dumping</i>	0.0633
	<i>Mixing</i>	0.133
	<i>Tipping</i>	0.0946
<b><i>Packing</i></b>	Packing Soft Pack 1	0.0247
	Packing Soft Pack 2	0.0247
	Packing Soft Pack 3	0.027
	Packing Can	0.0267
	<i>Operator Filling</i>	0.00858

Nilai HEP diatas menggambarkan resiko kecelakaan kerja pada setiap area kerja di Pabrik Susu Bayi. HEP terbesar yang disebabkan oleh *human error* dengan menggunakan metode pengukuran HEART terjadi pada area *Mixing* dengan HEP sebesar 0,133. Resiko kecelakaan kerja kedua terbesar dengan menggunakan metode HEART terjadi pada area transfer material dengan HEP

sebesar 0,132. Nilai HEP terendah terjadi pada area back stripping dengan HEP sebesar 0,007. Berikut adalah grafik HEP berdasarkan urutan HEP terbesar hingga terkecil untuk pengukuran dengan menggunakan metode HEART dan SPAR-H:



**Gambar 4.1** Hasil Pengukuran HEP dengan Metode HEART pada Keseluruhan Area Produksi Pabrik Susu Bayi

HEP juga diukur berdasarkan pekerjaan-pekerjaan yang terdapat pada area kerja pabrik. Berikut adalah grafik HEP hasil pengukuran dengan menggunakan metode HEART pada 52 pekerjaan pada Pabrik Susu Bayi:

**Tabel 4.2** Hasil Pengukuran HEP Kecelakaan Kerja Berdasarkan Pekerjaan-Pekerjaan Pada Pabrik Susu bayi dengan Menggunakan Metode HEART

No	Sub Area	No Task	HEART
1	<i>Transfer Material</i>	1	0.0220
		2	0.0220
		3.1	0.0090
		3.2	0.0090
		3.3	0.0090
		3.4	0.0670
2	<i>Preparation Excess</i>	1	0.0050
		2	0.0040
		3	0.0050

**Tabel 4.2** Hasil Pengukuran HEP Kecelakaan Kerja Berdasarkan Pekerjaan-  
Pekerjaan Pada Pabrik Susu bayi dengan Menggunakan Metode HEART

(Lanjutan)

No	Sub Area	No Task	HEART
2	<i>Preparation Excess</i>	1	0.0050
		2	0.0040
		3	0.0050
3	<i>Preparation Vitamin</i>	1	0.0050
		2	0.0040
		3	0.0010
		4	0.0050
4	<i>Back Stripping</i>	1	0.0005
		2	0.0030
		3	0.0040
5	<i>Dumping</i>	1	0.0300
		2	0.0005
		3	0.0050
		4	0.0290
6	<i>Mixing</i>	1	0.0220
		2	0.0014
		3	0.0040
		4	0.0270
		5	0.0890
7	<i>Tipping</i>	1	0.0061
		2	0.0014
		3	0.0061
		4	0.0890
8	<i>Packing Soft Pack 1 dan 2</i>	1	0.0014
		2	0.0016
		3.1	0.0060
		3.2	0.0030
		3.3	0.0060
		4	0.0040
		5	0.0030
9	<i>Packing Soft Pack 3</i>	1	0.0014
		2	0.0021
		3	0.0016
		4.1	0.0060
		4.2	0.0030

**Tabel 4.2** Hasil Pengukuran HEP Kecelakaan Kerja Berdasarkan Pekerjaan-  
Pekerjaan Pada Pabrik Susu bayi dengan Menggunakan Metode HEART  
(Lanjutan)

No	Sub Area	No Task	HEART
9	<i>Packing Soft Pack 1 dan 2</i>	4.2	0.0030
		4.3	0.0060
		5	0.0040
		6	0.0030
10	<i>Packing Can</i>	1	0.0030
		2.1	0.0050
		2.2	0.0120
		3	0.0040
		4	0.0030
11	<i>Operator Filling</i>	1	0.0040
		2	0.0041
		3	0.0005

Berdasarkan jenis pekerjaan, nilai HEP terbesar terjadi pada *Task 5* area *mixing* dan *Task 4* area *tipping* dengan HEP sebesar 0,0890. Nilai HEP kedua tertinggi yakni pada *Task 3.4* pada area *transfer material* dengan HEP 0,067. Ketiga jenis pekerjaan dengan HEP tertinggi ini adalah pekerjaan mengoperasikan *forklift*. Nilai HEP terkecil terjadi pada *Task 1* area *back stipping*, *Task 2* area *dumping*, dan *Task 3* pada *operator filling*. Berdasarkan HEP yang dihasilkan, limanilai HEP terbesar terjadi pada jenis kegiatan mengoperasikan *forklift*, hal ini menunjukkan bahwa pekerjaan mengoperasikan *forklift* merupakan pekerjaan dengan resiko kecelakaan paling besar dibandingkan dengan pekerjaan lainnya. Nilai HEP terkecil didominasi oleh pekerjaan mengoperasikan mesin. Dimana dua dari 3 HEP terkecil merupakan pekerjaan mengoperasikan mesin pada area *dumping* dan area *filling*.

Jika membandingkan nilai HEP yang diperoleh, besar kecilnya HEP melalui pengukuran dengan menggunakan metode HEART sangat ditentukan oleh pemilihan *Generic Task* yang menentukan karakteristik umum dari tiap pekerjaan. Terdapat sembilan *Generic Task* yang menunjukkan tingkatan ketidakandalan

pekerja atau *human unreliability*. Berdasarkan hasil HEP yang diperoleh, tiga jenis pekerjaan tertinggi yang telah disebutkan sebelumnya merupakan pekerjaan dengan *human unreliability* tertinggi dibandingkan dengan pekerjaan lainnya, yakni dengan nilai *human unreliability* termasuk dalam kategori D yakni jenis pekerjaan sederhana, dilakukan dengan cepat dan membutuhkan sedikit perhatian. Besaran *human unreliability* tersebut adalah 0,09.

Pengaruh nilai *Generic Task* tersebut juga ditunjukkan pada pekerjaan dengan HEP terendah. Dimana enam pekerjaan dengan HEP terendah memiliki nilai *human unreliability* yang termasuk kategori G yakni merupakan jenis pekerjaan yang sudah dikenal, familiar, dirancang dengan baik yang merupakan tugas rutin yang terjadi beberapa kali perjam dilakukan berdasarkan standar yang tinggi oleh personel yang terlatih dan berpengalaman dengan waktu untuk memperbaiki kesalahan yang potensial. Tipe pekerjaan ini sangat sesuai dengan pekerjaan-pekerjaan yang melibatkan pengoperasian mesin dimana pekerja mengoperasikan mesin yang memiliki interface yang mudah untuk dioperasikan.

Selain *Generic Task*, nilai HEP juga dipengaruhi oleh nilai *Error Producing Conditions* yang menunjukkan kondisi pada pekerjaan yang dapat menyebabkan terjadinya *error*. EPC disesuaikan dengan kondisi yang terdapat pada tiap pekerjaan. Jenis EPC berbeda-beda tergantung pada situasi yang dapat menimbulkan terjadinya *human error*.

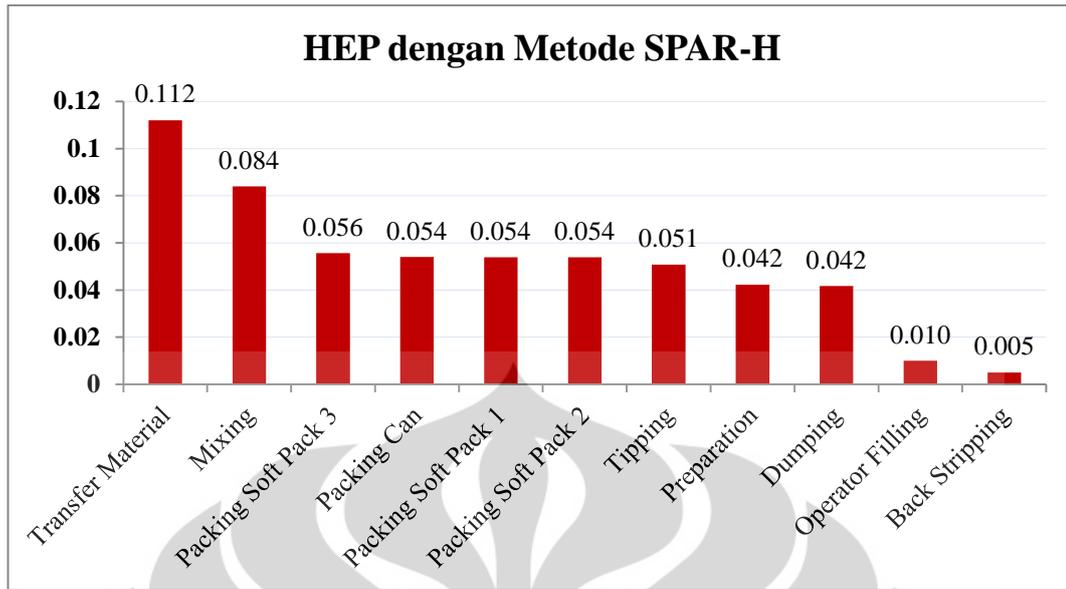
#### **4.2 Analisa Hasil Pengukuran Reliabilitas Pekerja Pabrik Susu Bayi dengan Metode SPAR-H**

Sub bab ini akan menganalisa pengukuran reliabilitas pekerja pabrik susu bayi dengan menggunakan metode SPAR-H pada keseluruhan area produksi pabrik dimana terdapat 11 area yang dilakukan pengukuran reliabilitas pekerja. Berdasarkan pengukuran diperoleh hasil *Human Error Probabilities* dari keseluruhan resiko kecelakaan kerja pada area pabrik susu bayi sebagai berikut:

**Tabel 4.3** Hasil Pengukuran HEP Kecelakaan Kerja Pada Area Pabrik Susu bayi dengan Menggunakan Metode HEART dan SPAR-H

<b>AREA</b>	<b>SUB AREA</b>	<b>SPAR-H</b>
<b><i>Batching</i></b>	<i>Transfer Material</i>	0.112
	<i>Preparation</i>	0.0423
	<i>Back Stripping</i>	0.00499
<b>Pengolahan</b>	<i>Dumping</i>	0.0417
	<i>Mixing</i>	0.084
	<i>Tipping</i>	0.0508
<b><i>Packing</i></b>	<i>Packing Soft Pack 1</i>	0.0539
	<i>Packing Soft Pack 2</i>	0.0539
	<i>Packing Soft Pack 3</i>	0.0557
	<i>Packing Can</i>	0.054
	<i>Operator Filling</i>	0.00997

Resiko kecelakaan kerja terbesar yang dari hasil pengukuran reliabilitas pekerjadengan menggunakan metode SPAR-H terjadi pada area *transfer material* dengan HEP 0,112. Resiko kecelakaan kerja kedua terbesar terjadi pada area *Mixing* dengan HEP 0,084. Sedangkan resiko kecelakaan terkecil terjadi pada area *back stripping* dengan HEP sebesar 0,00499. Berikut adalah grafik HEP berdasarkan urutan HEP terbesar hingga terkecil untuk pengukuran dengan menggunakan metode SPAR-H:



**Gambar 4.2** Hasil Pengukuran HEP dengan Metode SPAR-H pada Keseluruhan Area Produksi Pabrik Susu Bayi

HEP juga diukur berdasarkan pekerjaan-pekerjaan yang terdapat pada area pabrik. Berikut adalah grafik HEP hasil pengukuran dengan menggunakan metode HEART pada 52 pekerjaan pada Pabrik Susu Bayi:

**Tabel 4.4** Hasil Pengukuran HEP Kecelakaan Kerja Berdasarkan Urutan Pekerjaan Pada Pabrik Susu bayi dengan Menggunakan Metode SPAR-H

No	Sub Area	No Task	SPAR-H
1	<i>Transfer Material</i>	1	0.0196
		2	0.0196
		3.1	0.0100
		3.2	0.0100
		3.3	0.0100
		3.4	0.0477
2	<i>Preparation Excess</i>	1	0.0100
		2	0.0010
		3	0.0100

**Tabel 4.4** Hasil Pengukuran HEP Kecelakaan Kerja Berdasarkan Urutan Pekerjaan Pada Pabrik Susu bayi dengan Menggunakan Metode SPAR-H (Lanjutan)

No	Sub Area	No Task	HEART
3	<i>Preparation Vitamin</i>	1	0.0100
		2	0.0010
		3	0.0010
4	<i>Back Stripping</i>	1	0.0010
		2	0.0020
		3	0.0020
5	<i>Dumping</i>	1	0.0196
		2	0.0010
		3	0.0020
		4	0.0196
6	<i>Mixing</i>	1	0.0196
		2	0.0020
		3	0.0020
		4	0.0196
		5	0.0477
7	<i>Tipping</i>	1	0.0040
		2	0.0020
		3	0.0040
		4	0.0477
8	<i>Packing Soft Pack 1 dan 2</i>	1	0.0020
		2	0.0020
		3.1	0.0100
		3.2	0.0010
		3.3	0.0100
		4	0.0200
5	0.0100		

**Tabel 4.4** Hasil Pengukuran HEP Kecelakaan Kerja Berdasarkan Urutan Pekerjaan Pada Pabrik Susu bayi dengan Menggunakan Metode SPAR-H (Lanjutan)

No	Sub Area	No Task	HEART
9	<i>Packing Soft Pack 3</i>	1	0.0020
		2	0.0020
		3	0.0020
		4.1	0.0100
		4.2	0.0010
10	<i>Packing Can</i>	1	0.0100
		2.1	0.0200
		2.2	0.0100
		3	0.0020
		4	0.0020
11	<i>Operator Filling</i>	1	0.0200
		2	0.0200
		3	0.0100

Berdasarkan perhitungan dengan menggunakan metode SPAR-H diperoleh bahwa HEP tertinggi yakni sebesar 0,0477 yakni terjadi pada *Task 5* area *mixing*, *Task 4* pada area *tipping*, dan *Task 1* pada area *preparation*. Pekerjaan dengan nilai HEP tertinggi yang diperoleh dengan menggunakan metode SPAR-H sama dengan pekerjaan-pekerjaan dengan HEP tertinggi yang diperoleh dengan menggunakan metode HEART. Nilai HEP tertinggi ini juga diperoleh untuk kegiatan mengoperasikan *forklift* yakni sama dengan pengukuran menggunakan metode SPAR-H.

HEP terendah yang diperoleh melalui pengukuran dengan metode SPAR-H terjadi pada beberapa *Task* yakni *Task 2* area *preparation excess*, *Task 2* dan *3 preparation vitamin*, *Task 1* pada area *back stripping*, *Task 5* pada area *dumping*, dan *Task 3.2* pada area *packing soft pack line 1* dan *2*. Untuk beberapa pekerjaan, nilai terendah yang diperoleh melalui pengukuran dengan menggunakan metode HEART sama dengan yang diperoleh dengan menggunakan

metode SPAR-H kecuali pada *operator filling Task* ke 3 dimana pada area ini pengukuran dengan metode HEART lebih rendah dibandingkan menggunakan metode SPAR-H.

Pada pengukuran dengan menggunakan metode SPAR-H terdapat nilai *failure probabilities* yang terdiri atas *action failure probabilities* yang digunakan untuk kegiatan yang bersifat *actions* dan *diagnosis failure probabilities* yang digunakan untuk kegiatan yang bersifat *diagnosis*. *Action failure probabilities* merupakan probabilitas terkecil kemungkinan terjadinya *human error*. Pada penelitian ini keseluruhan pekerjaan yang diamati merupakan pekerjaan yang bersifat *action* sehingga pada penelitian ini nilai *failure probabilities* yang digunakan adalah sebesar 0,001. Sehingga hasil HEP sangat ditentukan oleh penetapan *Performance Shaping Factors* (PSFs) yang terdiri atas 8 kriteria dan nilai untuk masing-masing *multiplier* untuk kriteria tersebut.

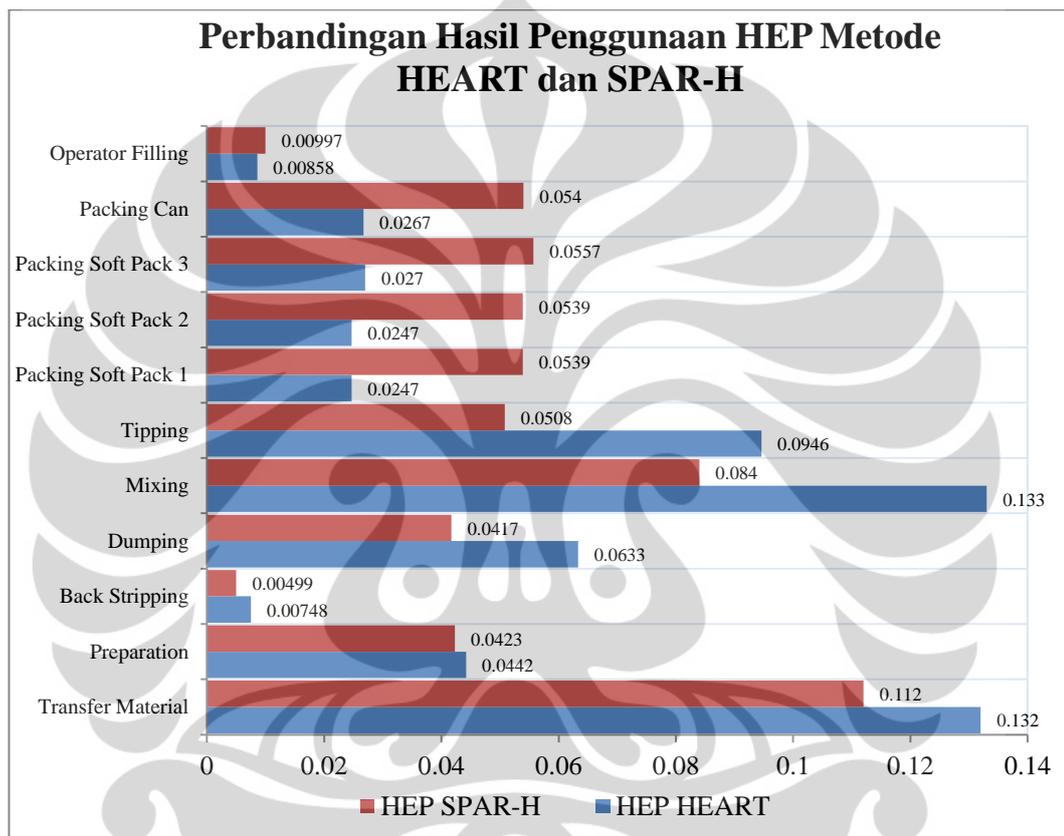
#### **4.2.1 Faktor *Dependency* dalam Perhitungan Reliabilitas dengan Penggunaan Metode SPAR-H**

Metode SPAR-H memiliki kelebihan untuk melakukan analisa *factor dependency* dari suatu kegiatan. *Factor dependency* akan menggambarkan hubungan *error* pada suatu kegiatan yang mungkin berdampak terhadap kegiatan lainnya. Perhitungan yang dilakukan sebelumnya merupakan perhitungan nilai HEP tanpa mempertimbangkan *factor dependency*. Perhitungan *dependency* ditampilkan pada bagian lampiran.

Dari perhitungan *dependency* tersebut dapat diperoleh bahwa dari 52 pekerjaan yang diobservasi sebanyak 50 pekerjaan merupakan tidak memiliki *dependency* pekerjaan atau bersifat independen yakni tidak memiliki keterkaitan dengan pekerjaan yang lainnya dan 2 pekerjaan memiliki *dependency* dengan kriteria *low*. Pekerjaan dengan *dependency low* tersebut terjadi pada area *packing* dimana pekerja pada area ini melakukan pekerjaan menurunkan material dari *pallet* lalu meletakkannya pada *conveyor*. Pekerjaan ini memiliki *dependensi* dimana *dependency factor* yang memengaruhi adalah penggunaan personel yang sama. Perhitungan HEP *dependence* pada dua jenis pekerjaan ini menggunakan rumus Probability of Failure With Dependency ( $1+19x Pw/od$ ) dengan hasil HEP masing-masing 0,0519.

### 4.3 Perbedaan Hasil Pengukuran Dengan Menggunakan Metode HEART dan Metode SPAR-H

Secara keseluruhan hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan metode HEART dan metode SPAR-H tidak memiliki perbedaan yang signifikan atau relatif sama. Berikut adalah grafik yang menggambarkan hasil pengukuran dengan menggunakan metode HEART dan metode SPAR-H pada keseluruhan area pabrik:



**Gambar 4.3** Perbandingan Hasil Pengukuran HEP Metode HEART dan Metode SPAR-H

Dari hasil pengukuran HEP, terdapat enam area dimana nilai HEP melalui pengukuran dengan menggunakan metode HEART lebih tinggi dibandingkan metode SPAR-H dan terdapat lima area dimana pengukuran dengan menggunakan metode SPAR-H lebih besar dibandingkan metode HEART. Dari hasil tersebut secara keseluruhan nilai HEP yang diperoleh tidak membentuk pola tertentu dimana nilai HEP suatu metode mayoritas lebih tinggi atau lebih rendah dibandingkan metode lainnya.

Selain membandingkan hasil pengukuran HEP kecelakaan kerja pada setiap area, berikut akan dibandingkan hasil pengukuran HEP pada setiap jenis pekerjaan di setiap area. Berdasarkan hasil pengukuran HEP pada keseluruhan jenis pekerjaan tersebut diperoleh bahwa sebanyak 22 jenis pekerjaan menunjukkan HEP pengukuran dengan menggunakan metode HEART yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode SPAR-H, 28 jenis pekerjaan menunjukkan HEP pengukuran dengan menggunakan metode SPAR-H lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan metode HEART, dan 2 jenis pekerjaan menunjukkan hasil pengukuran HEP yang sama antara metode HEART dengan metode SPAR-H. Berdasarkan perbandingan hasil tersebut juga dapat diketahui bahwa tidak ada metode yang mayoritas memiliki nilai yang lebih tinggi atau lebih rendah.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan terhadap 52 pekerjaan pada seluruh area kerja, pekerjaan-pekerjaan tersebut secara umum dapat digolongkan ke dalam 8 jenis pekerjaan. Jenis pekerjaan tersebut terdiri atas 10 pekerjaan mengoperasikan *forklift*, 18 pekerjaan mengangkat barang, 9 pekerjaan mengambil dan menyusun barang, 8 pekerjaan mengoperasikan mesin, 2 pekerjaan mengisi dan menimbang, 2 pekerjaan merakit dus, 1 pekerjaan membuka sack pembungkus, dan 1 pekerjaan menutup pintu mesin *mixing*. Berdasarkan hal tersebut diperoleh bahwa hasil pengukuran HEP pada setiap jenis pekerjaan sebagai berikut:

**Tabel 4.5** Perbandingan Hasil Pengukuran HEP HEART berdasarkan Jumlah Nilai HEP yang Lebih Tinggi pada Tiap Jenis Pekerjaan

<b>Jenis Pekerjaan Secara Umum</b>	<b>Jumlah Pekerjaan yang Diobservasi</b>	<b>Jumlah Pengukuran HEART Dengan HEP Lebih Tinggi</b>	<b>Jumlah Pengukuran SPAR-H Dengan HEP Lebih Tinggi</b>
Mengoperasikan <i>Forklift</i>	9	9	0
Mengangkat Barang	18	2	16
Mengisi dan Menimbang	2	2	0

**Tabel 4.5** Perbandingan Hasil Pengukuran HEP HEART berdasarkan Jumlah Nilai HEP yang Lebih Tinggi pada Tiap Jenis Pekerjaan (Lanjutan)

Jenis Pekerjaan Secara Umum	Jumlah Pekerjaan yang Diobservasi	Jumlah Pengukuran HEART Dengan HEP Lebih Tinggi	Jumlah Pengukuran SPAR-H Dengan HEP Lebih Tinggi
Mengoperasikan mesin	10	5	3
Membuka Sack	1	0	1
Mengambil dan menyusun	9	5	4
Merakit Dus	2	0	2
Menutup Pintu Mesin Mixing	1	0	1

Berdasarkan hasil HEP yang diperoleh, untuk jenis pekerjaan mengendalikan *forklift* terdapat perbedaan dimana dari 9 pekerjaan mengendalikan *forklift* keseluruhannya memiliki HEP pengukuran dengan metode HEART yang lebih tinggi dibandingkan metode SPAR H. Pekerjaan mengoperasikan *forklift* merupakan pekerjaan yang membutuhkan keahlian khusus dimana *operator forklift* harus memiliki pelatihan dan surat izin untuk melaksanakan pekerjaan ini. Untuk pekerjaan ini tingkat keahlian khusus yang dibutuhkan tersebut dalam metode HEART direpresentasikan dalam nilai *Generic Task* atau nilai *human unreliability*. Dari 9 pekerjaan mengoperasikan *forklift*, nilai *Generic Task* yang digunakan untuk jenis pekerjaan ini adalah 3 pekerjaan termasuk ke dalam *Generic Task D* dengan nilai *human unreliability* 0,09 dan 6 pekerjaan termasuk ke dalam *Generic Task E* dengan nilai *human unreliability* 0,02.

Pada metode SPAR-H tingkat keahlian yang dibutuhkan untuk mengoperasikan *forklift* direpresentasikan dalam *factors multiplier complexity*. Dimana PSF level *complexity* yang diberikan untuk jenis pekerjaan ini yakni *highly complex* dan *moderately complex* dengan SPAR-H multiplier sebesar 5 dan 2. Perbedaan HEP pengukuran dengan metode HEART dibandingkan dengan

metode SPAR-H dikarenakan perbedaan pada nilai *Generic Task* dan nilai PSF pada SPAR-H.

Pengukuran dengan menggunakan metode HEART dapat menggambarkan tingkat kesulitan pekerjaan secara lebih rinci melalui nilai *Generic Task* atau *human unreliability* jika dibandingkan dengan metode SPAR-H yang hanya merepresentasikan hal tersebut dalam PSF *complexity*. Penggolongan *Generic Task* dapat merepresentasikan berbagai kondisi pekerjaan yang ada.

Perbedaan mencolok juga terjadi pada jenis kegiatan mengangkat barang. Dari 18 kegiatan yang diukur terdapat 16 kegiatan dimana hasil HEP pengukuran dengan metode SPAR-H lebih tinggi dibandingkan HEP pengukuran dengan metode HEART. Pada tipe pekerjaan mengangkat barang terdapat situasi dimana pekerja menghadapi pekerjaan yang harus menyesuaikan dengan sisi ergonomi. Pada metode SPAR-H situasi tersebut direpresentasikan dalam *factors multiplier ergonomic* dimana terdiri atas PSL level *good, nominal, poor, missing/leading* yang multipliersnya berkisar antara 0,5 hingga 50. Pada pengukuran dengan menggunakan metode HEART, pekerjaan mengangkat barang direpresentasikan dengan *Generic Task F* dengan nilai *human unreliability* sebesar 0,003. Selain itu nilai EPC direpresentasikan dengan EPC 21 dimana pekerja dari pengamatan melakukan prosedur *lifting* yang tidak sesuai dan EPC 23 dimana alat bantu untuk mengangkat beban yakni penyangga tubuh pekerja tidak dapat berfungsi secara baik. Nilai *human unreliability*, EPC no 21 dan EPC no 23 tergolong rendah bila dibandingkan dengan nilai EPC lainnya, untuk EPC no 21 dan 23 yakni sebesar 2 dan 1,6. Sedangkan dengan pengukuran menggunakan metode SPAR-H kriteria nilai *Multipliers PSFs Ergonomic* merupakan yang tertinggi bila dibandingkan dengan kategori lainnya. Hal ini lah yang menyebabkan pengukuran dengan menggunakan metode SPAR-H menghasilkan nilai HEP yang lebih tinggi.

Penggunaan metode HEART dan SPAR-H berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan memiliki kelebihan dan kelemahan masing-masing. HEART memiliki kelebihan dalam mendefinisikan tipe pekerjaan pada suatu jenis kegiatan melalui penetapan *Generic Task*. Kategori yang ditampilkan oleh *Generic Task* telah dapat menggambarkan tingkatan kesulitan dari suatu pekerjaan secara

baik. Namun metode HEART ini tidak dapat menyimpulkan secara eksplisit faktor-faktor yang menyebabkan probabilitas *human error*.

Metode SPAR-H sebaliknya tidak secara detail menggambarkan tingkat kesulitan dalam suatu pekerjaan. Walaupun terdapat PSF *complexity* namun hal tersebut masih bersifat general, sehingga untuk hal ini metode HEART lebih baik dibandingkan SPAR-H. Sebaliknya disisi lain metode SPAR-H memiliki kelebihan dalam pengkategorian faktor penyebab *human error* secara eksplisit dengan menggunakan 8 *Performance Shaping Factors*, untuk hal ini metode SPAR-H lebih unggul dibandingkan metode HEART.

Untuk penelitian dimana jenis kegiatan yang bervariasi tingkat kesulitannya, penggunaan HEART bisa merepresentasikan hal tersebut secara baik dibandingkan SPAR-H. Jika pengguna ingin meneliti faktor penyebab error secara eksplisit, SPAR-H memiliki keunggulan dibandingkan HEART. Namun tidak salahnya untuk menggunakan metode ini secara bersamaan mengingat hasil yang ditampilkan dalam bentuk HEP untuk kedua metode tidak berbeda secara signifikan.

#### **4.4 Analisa Pengurangan Human Error Berdasarkan Hasil Pengukuran Reliabilitas Pekerja**

Berdasarkan hasil pengukuran reliabilitas pekerja maka akan direkomendasikan pengurangan *human error* pada setiap area produksi yang diteliti. Dalam sub bab ini akan dibahas pengurangan *human error* berdasarkan jenis kecelakaan kerja yang terjadi. Dimana terdapat kecelakaan kerja berupa cedera otot, kecelakaan *forklift*, luka gores, terjepit *conveyor*, terjatuh dari ketinggian, kejatuhan *bin*, jari putus, dan luka bakar.

Rekomendasi pengurangan *human error* akan diberikan dalam bentuk analisa kualitatif sebagai berikut:

##### **a. Rekomendasi Pengurangan Human Error Kecelakaan Kerja Cedera Otot**

Berikut adalah HEP kecelakaan kerja cedera otot pada area Pabrik Susu Bayi:

**Tabel 4.6** HEP Kecelakaan Kerja Cedera Otot

<b>Area</b>	<b>Kecelakaan Kerja</b>	<b>HEART</b>	<b>SPAR-H</b>
Transfer Material	Cedera otot	0.02799	0.0297
<i>Preparation</i> Vitamin	Cedera otot	0.0218	0.0209
<i>Preparation</i> Excess	Cedera otot	0.0228	0.0219
Back Stripping	Cedera otot	0.003	0.002
Dumping	Cedera otot	0.005	0.001
Packing Soft Pack 1	Cedera otot	0.00599	0.0499
Packing Soft Pack 2	Cedera otot	0.00599	0.0499
Packing Soft Pack 3	Cedera otot	0.00808	0.0491
Packing Can	Cedera otot	0.0267	0.054

Berdasarkan analisa kegagalan yang dilakukan sebelumnya, cedera otot yang terjadi pada seluruh area dikarenakan pekerja gagal melakukan *manual lifting* secara baik dengan frekuensi kegiatan yang repetitif. Faktor yang menyebabkan besaran HEP cedera otot yang dapat direduksi adalah prosedur *manual lifting* berbahaya yang ditunjukkan oleh EPC no 21 dari pengukuran dengan metode HEART dan nilai ergonomi *poor* pada pengukuran dengan metode SPAR-H. Hal itu juga ditunjukkan dengan EPC no 23 yakni alat pekerja yang tidak dapat diandalkan. Berdasarkan hal tersebut maka direkomendasikan untuk mengurangi *human error* sebagai berikut:

- a. Memberikan pengetahuan mengenai cara *manual lifting* yang baik.
- b. Memberikan alat bantu tambahan pada tubuh pekerja berupa pakaian pelengkap yang dapat menahan bagian pinggul dan pinggang dari pekerja yang selama ini hanya menahan bagian pinggang pekerja.

#### **b. Rekomendasi Pengurangan *Human Error* Kecelakaan Kerja Kecelakaan *Forklift***

Berikut adalah HEP kecelakaan kerja cedera otot pada area Pabrik Susu Bayi:

**Tabel 4.7** HEP Kecelakaan Kerja Kecelakaan *Forklift*

Area	Jenis Kecelakaan Kerja	HEP	
		HEART	SPAR-H
Transfer Material	Kecelakaan <i>Forklift</i>	0.108	0.0847
Dumping	Kecelakaan <i>Forklift</i>	0.0581	0.0388
Mixing	Kecelakaan <i>Forklift</i>	0.133	0.084
Tipping	Kecelakaan <i>Forklift</i>	0.089	0.047

Mengendalikan *forklift* merupakan keahlian yang khusus. Meskipun pekerjaan ini memiliki resiko yang tinggi namun hal tersebut dapat diantisipasi dengan melakukan pelatihan dan pemberian izin operasi seperti surat izin mengemudi bagi *driver forklift*. Berdasarkan observasi dan diskusi yang dilakukan dengan pihak perusahaan, *driver forklift* harus memiliki izin sebelum mengoperasikan *forklift*.

Hasil nalaisa yang dilakukan dengan menggunakan metode HEART maupun SPAR-H menunjukkan bahwa kecelakaan *forklift* terjadi karena keterbatasan fisik yang ditunjukkan oleh EPC no. 27 pada metode HEART. Hal ini juga ditunjukkan oleh kondisi ergonomis yang *poor* melalui pengukuran dengan metode SPAR-H. Kondisi lingkungan juga sangat berpengaruh dalam menyebabkan *human error* kecelakaan *forklift*. Pada beberapa kondisi seperti area *dumping*, *mixing*, dan *tipping*, *driver forklift* mengoperasikan *forklift* dengan membawa *bin* yang berukuran besar. *Bin* tersebut mengurangi pandangan *driver* secara baik. Selain itu lingkungan dengan suara yang keras juga dapat mengganggu konsentrasi pengemudi dalam mengoperasikan *forklift*.

Berdasarkan kondisi tersebut maka rekomendasi yang diberikan untuk mengurangi resiko *human error* adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan pengecekan kesehatan *driver forklift* secara rutin. Hal ini dapat dilakukan dengan mengecek kondisi *driver* oleh *leader* pada setiap area.

- b. Memperjelas jalur *forklift* dengan warna tertentu dan memperjelas rambu-rambu yang harus ditaati pejalan kaki pada area yang dilewati oleh *forklift* untuk mempermudah *driver forklift* dalam berkendara.
- c. Memberikan proporsi istirahat yang sesuai untuk mengurangi *stress* yang berlebihan akibat lingkungan yang buruk.

**c. Rekomendasi Pengurangan *Human Error* Kecelakaan Kerja Luka Gores**

Kecelakaan kerja luka gores terjadi pada area *Back Stripping* dengan HEP sebesar 0,0005 dengan menggunakan metode HEART dan 0,001 dengan menggunakan metode SPAR-H. HEP ini tergolong sangat kecil sekali. Pengukuran dengan menggunakan metode SPAR-H menunjukkan pada area ini memiliki HEP yang nominal pada keseluruhan kriteria. Dari hasil observasi tidak ada kondisi berarti yang dapat menyebabkan *error*. *Error* mungkin terjadi akibat kondisi alat potong yang tidak dapat diandalkan lagi. Untuk mencegah hal tersebut maka direkomendasikan untuk melakukan pengecekan terhadap kondisi alat pembuka *sack* secara berkala untuk meningkatkan keandalan alat.

**d. Rekomendasi Pengurangan *Human Error* Kecelakaan Kerja Terjepit Conveyor**

Berikut adalah HEP kecelakaan kerja terjepit *conveyor* pada area Pabrik Susu Bayi:

**Tabel 4.8** HEP Kecelakaan Kerja Terjepit *Conveyor*

Area	Jenis Kecelakaan Kerja	HEP	
		HEART	SPAR-H
Back Stripping	Terjepit conveyor	0.004	0.002
Packing Softpack 1	Terjepit conveyor	0.0189	0.0491
Packing Soft Pack 2	Terjepit conveyor	0.0189	0.0491
Packing Soft Pack 3	Terjepit conveyor	0.0191	0.00698

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan, pekerja yang bekerja dengan *conveyor* dapat mengalami kecelakaan kerja akibat pekerja terdorong untuk menggunakan prosedur yang berbahaya. Seperti di salah satu *packing line* pekerja menaikkan kaki ke sisi *conveyor* pada saat akan mengangkat beban. Hal itu ditunjukkan melalui EPC no.21 pada metode HEART dan EPC no.34 dimana pekerja dengan kondisi pekerjaan berulang-ulang dan memiliki mental rendah. Hal ini direpresentasikan dengan PSF's *complexity* pekerjaan dengan pengukuran menggunakan metode SPAR-H. Berikut adalah rekomendasi yang diberikan untuk mengurangi kecelakaan yang diakibatkan oleh terjepit *conveyor*:

- a. Meningkatkan promosi keselamatan kerja berupa rambu-rambu bahaya *conveyor* pada area-area dengan bahaya terjepit *conveyor*.
- b. Mengurangi perilaku tidak aman pekerja melalui pemberian pengetahuan tentang bahaya kecelakaan di area kerjanya.

**e. Rekomendasi Pengurangan *Human Error* Kecelakaan Kerja Terjatuh Dari Ketinggian**

Kecelakaan kerja terjatuh dari ketinggian merupakan resiko kecelakaan kerja yang terjadi pada area *dumping*. Kecelakaan kerja jatuh dari ketinggian ini memiliki HEP sebesar 0,0005 apabila dilakukan pengukuran dengan menggunakan metode HEART dan 0,001 apabila dilakukan pengukuran dengan menggunakan metode SPAR-H. HEP tersebut tergolong kecil. HEP sebesar 0,001 merupakan HEP nominal dari pengukuran dengan menggunakan metode SPAR-H.

Berdasarkan pengukuran kerja dengan menggunakan metode HEART kecelakaan kerja dapat terjadi akibat kondisi lingkungan yang tidak baik, hal itu direpresentasikan dengan EPC no 32 dan no 33 yakni tampilan prosedur yang tidak jelas dan lingkungan yang tidak mendukung. Selain itu kecelakaan kerja juga dapat terjadi akibat keterbatasan dari kemampuan fisik pekerja dan siklus kerja yang berulang. Hal ini direpresentasikan oleh EPC no. 27 dan 34.

Untuk mengurangi resiko kecelakaan kerja maka pekerja *dumping* harus menggunakan *ear-plug* untuk mengurangi lingkungan kerja yang sangat bising. Pekerja juga harus dalam kondisi sehat dikarenakan pekerjaan yang cukup berat dan bersifat repetitif.

**f. Rekomendasi Pengurangan *Human Error* Kecelakaan Kerja Kejatuhan *Bin***

Kecelakaan kerja kejatuhan *bin* beresiko terjadi pada area *mixing* dan *tipping*. Dimana HEP kecelakaan kerja ini pada area *mixing* dengan metode HEART adalah sebesar 0,0000056 dan 0,000004 dengan menggunakan metode SPAR-H. HEP kecelakaan kerja kejatuhan *bin* pada area *tipping* adalah sebesar 0,00611 dengan metode HEART dan 0,0041 dengan menggunakan metode SPAR-H. Pengolahan data FTA menunjukkan kecelakaan kerja dianalisa akan terjadi apabila pekerja gagal dalam melakukan dua pekerjaan yang berhubungan secara baik. Hal itu mengakibatkan kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja menjadi kecil.

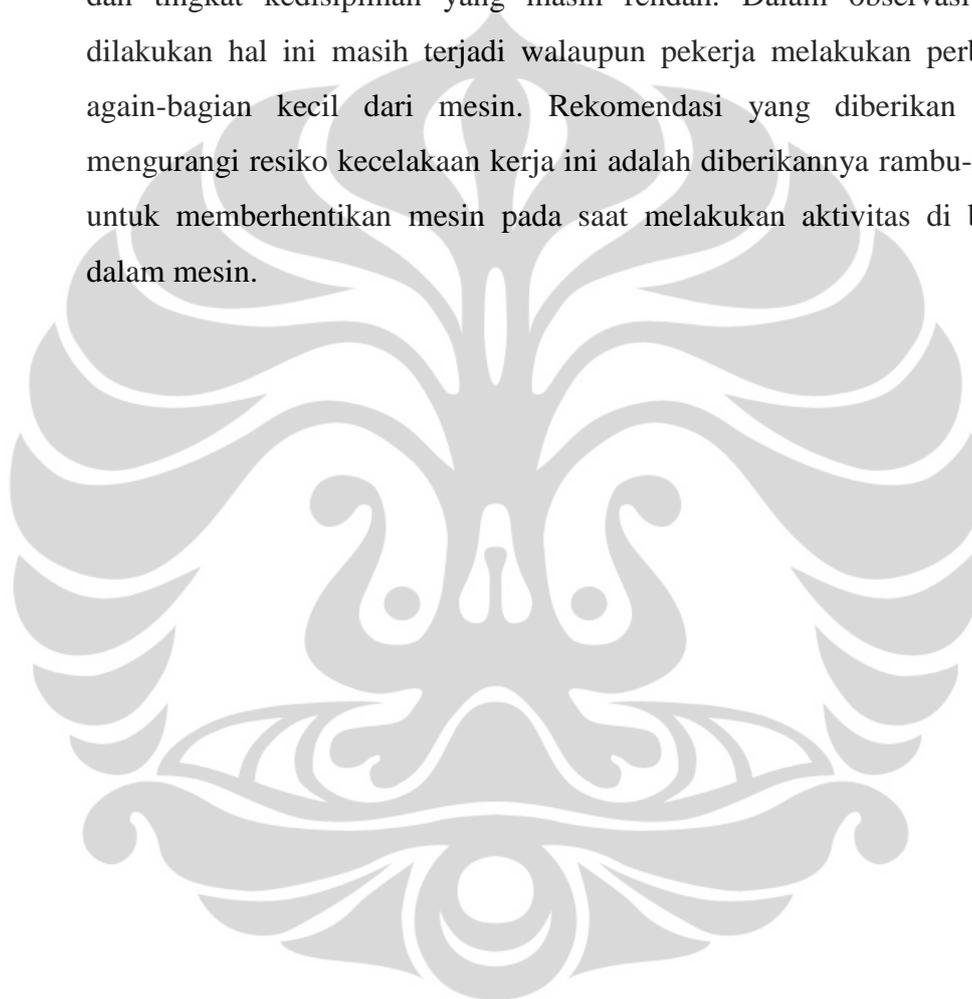
Angka HEP pada area tersebut tergolong sangat kecil, namun untuk mengurangi kecelakaan kerja yang terjadi dapat dilakukan dengan sistem pengecekan ganda yang dilakukan oleh pekerja sehingga dapat memastikan bahwa *bin* benar-benar terkunci secara baik. Lingkungan yang bising juga bisa mengakibatkan gangguan stress pada pekerja, sehingga pekerja harus menggunakan APD secara tepat ketika melakukan aktivitas pekerjaan.

**g. Rekomendasi Pengurangan *Human Error* Kecelakaan Kerja Luka Bakar dan Terjepit Mesin**

Resiko kecelakaan kerja luka bakar dan jari putus terdapat pada area kerja *operator filling* yang mengoperasikan mesin *filling*. HEP kecelakaan kerja luka bakar adalah 0,0046 dengan metode HEART dan 0,0059 dengan menggunakan metode SPAR-H. Sedangkan HEP

kecelakaan kerja terjepit mesin yang dapat mengakibatkan jari putus adalah 0,004 dengan menggunakan metode HEART dan SPAR-H.

Kecelakaan kerja dapat terjadi akibat pekerja tidak memberhentikan mesin ketika melakukan aktivitas pada komponen dalam mesin. Hal ini ditunjukkan oleh metode HEART dengan EPC No.21 dan no.31 yakni dorongan pekerja untuk melakukan prosedur yang berbahaya dan tingkat kedisiplinan yang masih rendah. Dalam observasi yang dilakukan hal ini masih terjadi walaupun pekerja melakukan perbaikan again-bagian kecil dari mesin. Rekomendasi yang diberikan untuk mengurangi resiko kecelakaan kerja ini adalah diberikannya rambu-rambu untuk memberhentikan mesin pada saat melakukan aktivitas di bagian dalam mesin.



## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Tahapan pengukuran reliabilitas yang dilakukan meliputi identifikasi kemungkinan kegagalan kerja, pengukuran kegagalan kerja dengan metode *Human Reliability Assessment*, analisa pola kegagalan kerja dengan menggunakan *Fault Tree Analysis* dan rekomendasi pengurangan kegagalan kerja. Tujuan penelitian yang pertama yakni mengidentifikasi kegagalan kerja dijelaskan melalui teridentifikasinya kegagalan kerja yang mengakibatkan kecelakaan kerja berupa cedera otot, kecelakaan *forklift*, luka gores, terjepit *conveyor*, terjatuh dari ketinggian, kejatuhan *bin* , jari putus, dan luka bakar.

Tujuan penelitian yang kedua yakni pengukuran reliabilitas pekerja telah dilakukan dengan menggunakan metode HEART dan SPAR-H pada 11 sub area kerja, dimana dari hasil pengukuran diperoleh dengan menggunakan metode HEART bahwa area *mixing* sebagai area yang memiliki resiko kecelakaan kerja terbesar yang disebabkan oleh *human error* dengan HEP sebesar 0,133 dan pengukuran dengan menggunakan metode SPAR-H menunjukkan resiko terbesar terjadi pada area *transfer material* dengan HEP 0,112. Urutan kedua ditempati area *transfer material* untuk pengukuran dengan menggunakan metode HEART dan area *mixing* dengan pengukuran menggunakan metode SPAR-H.

Tujuan penelitian yang ketiga direpresentasikan melalui perbandingan hasil HEP yang dihasilkan oleh metode HEART dan metode SPAR-H. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa hasil HEP untuk kedua metode tersebut tidak berbeda secara signifikan. Hasil pengukuran dengan menggunakan metode HEART sangat dipengaruhi oleh penentuan nilai *human unreliability* suatu pekerjaan, seperti pada pengukuran HEP untuk jenis pekerjaan mengoperasikan *forklift* dimana pekerjaan yang tergolong keahlian khusus tersebut memiliki nilai *human unreliability* yang besar, sehingga hal tersebut membuat hasil pengukuran HEP dengan metode HEART untuk pekerjaan ini mayoritas lebih besar dibandingkan dengan metode SPAR-H. Untuk jenis pekerjaan mengangkat barang terdapat perbedaan mencolok hasil pengukuran HEP dengan menggunakan

metode SPAR-H yang mayoritas lebih tinggi dibandingkan pengukuran dengan menggunakan metode HEART. Hal ini dikarenakan PSF *Ergonomic* pada metode SPAR-H memiliki nilai yang cukup besar dibandingkan PSF lainnya yakni berkisar antara 0,5-50.

Tujuan penelitian yang keempat yakni rekomendasi pengurangan *human error* dimana rekomendasi diberikan diseluruh area berupa saran-saran perbaikan yang ditampilkan pada bab analisa.

## 5.2 Saran

*Human Reliability Assessment* (HRA) merupakan metode yang dapat digunakan untuk melakukan analisa *human error* pada industri yang menggunakan tenaga manusia dalam menjalankan operasinya. SPAR-H merupakan metode yang baru dikembangkan pada tahun 2005. Dalam penelitian ini telah dilakukan perbandingan penggunaan metode HEART sebagai metode yang lebih sering digunakan dan telah lebih dulu dipublikasikan. Hasil penelitian menunjukkan metode HEART dan SPAR-H menghasilkan nilai HEP yang relatif sama. Kedepannya diharapkan dilakukan penelitian lanjutan mengenai dari metode SPAR-H pada industri lainnya sehingga bias memperkaya hasil penelitian yang telah dilakukan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Kirwan, Barry. 1995. *The Validation of Three Human Reliability Quantification Techniques- THERP, HEART, and JHEDI: Part 1- Technique Descriptions and Validation Issues.*
- Kirwan, Barry. 1995. *The Validation of Three Human Reliability Quantification Techniques- THERP, HEART, and JHEDI: Part Result of Validation Exercise Applied Ergonomics.*
- Kirwan, Barry. 1996. *The Validation of Three Human Reliability Quantification Techniques- THERP, HEART, And JHEDI: Part III-Practical Aspects of The Usage of The Techniques Applied Ergonomics.*
- Sanders, Mark S., & Cormick, Ernest J. 1993. *Human Factors in Engineering and Design 7<sup>th</sup> Edition.* Mc Graw Hill.
- Dhillon, B.S. 2005. *Reliability , Quality, and Safety Engineers.* CRC Press.
- Bell, Julie, & Holroyd, Justin. 2009. *Review of Human Reliability Assessment Methods.* Health and Safety Laboratory.
- Kolluru, Rao V., Pitblado, Robin M., Stricoff, R. Scott., & Bartell, Steven M.. 1996. *Risk Assessment and Management Handbook For Environmental, Health, and Safety Professionals.* Mc Graw Hill.
- Septi, Verlaini Fidelia. 2010. *Human Reliability Assessment Approach for Improving Operators Performance on Unit Grading PT Keramik Diamond Industries.* ITS Library.
- Gertman, D. dan Blackman, H. *The SPAR-H Human Reliability Analysis Method.* 2004. Idaho National Laboratory

Geotsch, David L.,. 1999. *Occupational Safety and Healthfor Technologist, Engineers, and Managers*.Prentice Hall.

Pengerjaan Metode HEART, <http://www.synergyergonomics.com/heart.php>





**Lampiran 2**

**Form Pengambilan Data Metode SPAR-H**

<i>Factors Multiplier</i>	<b>Task Step</b>			
<i>Available Time</i>				
<i>Stress</i>				
<i>Complexity</i>				
<i>Experience</i>				
<i>Procedure</i>				
<i>Ergonomics</i>				
<i>Fitness for duty</i>				
<i>Work Process</i>				
<i>PSF Composite</i>				
<b>NHEP</b>				
<b>HEP</b>				

**Lampiran 3**  
**Form Identifikasi Kegagalan Kerja**

**Identifikasi Kegagalan Kerja akibat Human Error**

Area Kerja:

Waktu:

Observer/Analyst:

Deskripsi Kegiatan		Deskripsi Kegagalan		Efek Kegagalan		Aksi Perbaikan
Task Step	Task Description	Jenis Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Efek pada pekerja	Efek pada system	

## Lampiran 4

## Form Dependency Metode SPAR- H

No	Sub Area	Task Description	HEP	Crew (same or different)	Time (Close in time or not close in time)	Location (same or different)	Cues (additional or no additional)	Dependency
1	Preparation Vitamin	Mengambil raw material dari penerimaan menggunakan <i>Forklift</i>	0.0196					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Menyusun raw material pada gudang penerimaan menggunakan <i>Forklift</i>	0.0196					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Mengambil material sack	0.0100					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Mengambil material excess	0.0100					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Mengambil material vitamin	0.0100					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
2	Preparation Excess	Mengantarkan pallet material menuju back stripping dengan menggunakan <i>Forklift</i>	0.0477					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Mengambil material dari area <i>transfer</i>	0.0100					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Memasukkan material ke dalam kantong dan menimbang	0.0010					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Memindahkan material yang telah ditimbang menuju area <i>transfer</i> material	0.0100					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Mengambil material dari area <i>transfer</i>	0.0100					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
3	Preparation Vitamin	Memasukkan material ke dalam kantong dan menimbang	0.0010					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Melakukan proses ribbon	0.0010					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Memindahkan hasil ribbon menuju area <i>transfer</i> material	0.0100					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Membuka sack	0.0010					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
4	Back Stripping	Memurunkan material dari pallet	0.0020	s	nc	d	a	low
		Meletakkan material pada <i>conveyor</i>	0.0020	s	nc	d	a	low
		Memindahkan <i>tote bin</i> dengan <i>Forklift</i>	0.0196					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
5	Dumping	Operator mesin <i>Dumping</i> memasang pipa <i>Dumping</i>	0.0010					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Memindahkan material ke <i>bin</i> ( <i>Dumping</i> )	0.0020					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Transportasi <i>bin</i> menuju area <i>premix</i> dengan <i>Forklift</i>	0.0196					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Memasukkan <i>bin</i> ke dalam <i>tumbler</i>	0.0196					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
6	Mixing	Mengunci <i>bin</i> dan pintu mesin <i>tumbler</i>	0.0020					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Mengoperasikan mesin <i>tumbler</i>	0.0020					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Mengeharkan <i>bin</i> dari mesin <i>tumbler</i>	0.0196					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Memindahkan hasil <i>Mixing</i> menuju area <i>Tipping</i> menggunakan <i>Forklift</i>	0.0477					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
7	Tipping	Memiringkan <i>bin</i> pada mesin <i>Tipping</i>	0.0040					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Mengunci <i>bin</i> mesin <i>Tipping</i>	0.0020					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Memposisikan <i>bin</i> pada bentuk semula	0.0040					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Memindahkan <i>tote bin</i> dari area <i>Tipping</i>	0.0477					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
8	Packing Soft Pack 1 dan 2	Mengambil dan merapikan produk pada <i>conveyor</i>	0.0020					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Memasukkan sendok ke dalam produk	0.0020					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Merakit dus dan memasukkan tiap 6 produk ke dalam dus	0.0100					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Mengambil dan menyusun tiap 6 produk	0.0010					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Memasukkan tiap 6 produk ke dalam dus	0.0100					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Menyusun produk ke atas <i>pallet</i>	0.0200					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
9	Packing Soft Pack 3	Mengantarkan produk pada pallet menuju FP <i>Store</i>	0.0100					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Mengambil dan merapikan produk pada <i>conveyor</i>	0.0020					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Memasukkan Produk ke dalam kotak	0.0020					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Memasukkan sendok ke dalam produk	0.0020					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Merakit dus	0.0100					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Mengambil dan menyusun tiap 6 produk	0.0010					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Memasukkan tiap 6 produk ke dalam dus	0.0100					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
10	Packing Can	Menyusun produk ke atas <i>pallet</i>	0.0200					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Mengantarkan produk pada pallet menuju FP <i>Store</i>	0.0100					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Menyiapkan tutup susu	0.0020					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Merakit dus	0.0020					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
11	Operator Filling	Memasukkan produk ke dalam dus	0.0200					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Menyusun produk ke atas pallet	0.0200					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Mengantarkan produk dari <i>pallet</i> menuju FP <i>Store</i>	0.0100					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
11	Operator Filling	Menjalankan mesin	0.0040					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Setting mesin	0.0040					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya
		Ganti kode	0.0020					Tidak ada hubungan dengan pekerjaan sebelumnya