

# ANALISIS *HUMAN ERROR* DENGAN METODE SHERPA DAN HEART PADA PT PELITA TOMANGMAS KARANGANYAR

Nindya Shella Pradipta<sup>\*1</sup>, Dr. Ing. Novie Susanto ST., M.Eng<sup>\*2</sup>

<sup>1,2</sup>Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, 50275, Indonesia  
Email: [nshellap@gmail.com](mailto:nshellap@gmail.com)<sup>1</sup>, [novie.susanto@ft.undip.ac.id](mailto:novie.susanto@ft.undip.ac.id)<sup>2</sup>

## ABSTRAK

*PT. Pelita Tomangmas merupakan perusahaan memproduksi sepatu ekspor yang memiliki sistem penjualan make to order. Dalam memenuhi permintaan konsumen, PT Pelita Tomangmas selalu memperhatikan kualitas pada produknya. Namun berdasarkan pengamatan, pada departemen assembling masih sering mengalami kesalahan yang menyebabkan sejumlah produk cacat. Dengan demikian, perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk menganalisa human error yang mengakibatkan terjadinya produk cacat pada departemen assembling. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Systematic Error Reduction and Prediction (SHERPA) yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi error secara detail dan konsisten, dan metode Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART) yang dapat digunakan untuk memberikan tingkat probabilitas suatu error yang terjadi. Penelitian ini menghasilkan bahwa prediksi human error dalam departemen assembling yaitu pada proses pengolesan lem pada permukaan upper dan outsole yang memiliki nilai HEP sebesar 0,410. Untuk mengurangi produk cacat, diberikan rekomendasi perbaikan yaitu dengan melakukan evaluasi secara berkala, memberikan reward pada karyawan berprestasi, melakukan pengecekan peralatan secara rutin, dan mengganti kuas pengoles lem dengan alat yang bernama rockler glue applicator.*

**Kata Kunci:** *Human Error, Defect, SHERPA, HEART*

## ABSTRACT

*PT. Pelita Tomangmas is an export shoe production company that has a make-to-order selling system. To fill the consumer demand, PT Pelita Tomangmas always make sure the quality of their products. However, conforming to observation, the assembling department still often experiences errors that cause several defective products. Therefore, it is necessary to conduct research that aims to analyze human error that causes defective in the assembling department. The method that is used in this research is a Systematic Error Reduction and Prediction (SHERPA) which can be used to identify an error in detail and consistently, and the Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART) method that can be used to give the probability level of an error. This study resulted in the prediction of human error in the assembling department which is in the process of applying glue to the upper and outsole surface which have a HEP value of 0.410. To reduce defective products, recommendations for improvement are given, there are conducting periodic evaluations, giving rewards to skillful employees, regularly checking equipment, and replacing the glue brush with a tool called rockler glue applicator.*

**Keywords :** *Human Error, Defect, SHERPA, HEART*

## 1. Pendahuluan

PT Pelita Tomangmas Karanganyar merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi sepatu ekspor sesuai dengan permintaan konsumen. Sistem penjualan dari perusahaan ini adalah *make to order*. Pesanan tersebut berasal dari *buyer* tetap di PT Pelita Tomangmas yaitu FOS yang berasal dari Netherland dan FGS yang berasal dari Korea. Jenis sepatu yang di produksi antara lain sepatu anak, sepatu *sport*, sepatu musiman, dan sepatu casual/formal dengan berbagai merek. Pada PT Pelita Tomangmas dalam proses produksinya menggunakan bantuan mesin khususnya pada tahap pemanasan, pendinginan, pemotongan serta pemeriksaan kondisi *bonding* sepatu. Namun untuk proses pembuatan sepatu pada PT Pelita Tomangmas lebih dominan menggunakan tenaga manusia.

Berdasarkan wawancara dan pengamatan di departemen *assembling*, ditemukan beberapa jenis *defect* pada produk disebabkan oleh kesalahan operator (*Human error*). *Human Error* didefinisikan sebagai suatu keputusan atau perilaku manusia yang tidak tepat sehingga dapat berpotensi mengurangi efektivitas, keselamatan atau performa system (Sanders, 1993). *Human error* merupakan probabilitas keadaan manusia untuk menyelesaikan suatu aktivitas secara sukses dalam kurun waktu yang telah ditentukan. *Human error* didefinisikan sebagai suatu kegagalan dalam menyelesaikan tugas atau pekerjaan sehingga dapat menimbulkan hambatan dalam proses pengerjaannya hingga adanya kerusakan pada benda maupun peralatan yang digunakan (Dhillon, 2009). *Human error* merupakan kondisi penyimpangan terhadap standar performansi sehingga dapat menyebabkan kesulitan, masalah dan juga kegagalan

(Peters, 2006). Klasifikasi *human error* menurut Swain dan Guttman (1983) antara lain, *error of omission, error of commission, a timing error, dan a sequence error*. Jenis *defect* yang terjadi pada departemen *assembling* PT Pelita Tomangmas antara lain *bonding gap upper to outsole, poor stitch, stain, different length, over buffing, fraying, dan over bumping*. Untuk jenis *defect* yang sering terjadi adalah pada proses pengeleman *upper* ke *outsole*. Dengan adanya kesalahan operator menyebabkan target produksi yang diberikan belum bisa tercapai tepat waktu

Oleh sebab itu dilakukan penelitian mengenai kesalahan kerja yang terjadi pada proses *assembling* dan melakukan penilaian terhadap kesalahan yang disebabkan operator menggunakan metode *Systematic Error Reduction and Prediction (SHERPA)* dan *Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART)*. SHERPA merupakan metode kualitatif yang memiliki tujuan untuk menganalisa potensi *human error* menggunakan *task level* dasar sebagai inputnya dan akan diterjemahkan dalam mode *error SHERPA*. Untuk metode HEART merupakan kuantitatif *human error* yang menggunakan beberapa teknik untuk mengidentifikasi nilai *error* dan mengkonversi menjadi *Human Error Probability (HEP)*. Dengan kombinasi kedua metode tersebut, dapat diperoleh hasil yang lebih valid dan dapat menunjang satu sama lain. Selain itu, penulis dapat mengidentifikasi faktor apa saja yang mempengaruhi adanya *human error* serta dapat memberikan rekomendasi terkait dengan kondisi *human error* pada perusahaan tersebut.

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memahami, mengklarifikasi dan menghitung tingkat *human error* yang terjadi pada operator Departemen *Assembling* PT Pelita Tomangmas.
2. Memahami dan menganalisis faktor yang mempengaruhi terjadinya *human error* operator *assembling* Departemen *Assembling* PT Pelita Tomangmas.
3. Memberikan rekomendasi perbaikan kepada perusahaan terkait dengan kondisi *human error* yang terjadi pada operator Departemen *Assembling* PT Pelita Tomangmas.

Pada penelitian ini terdapat batasan masalah yang digunakan, antara lain:

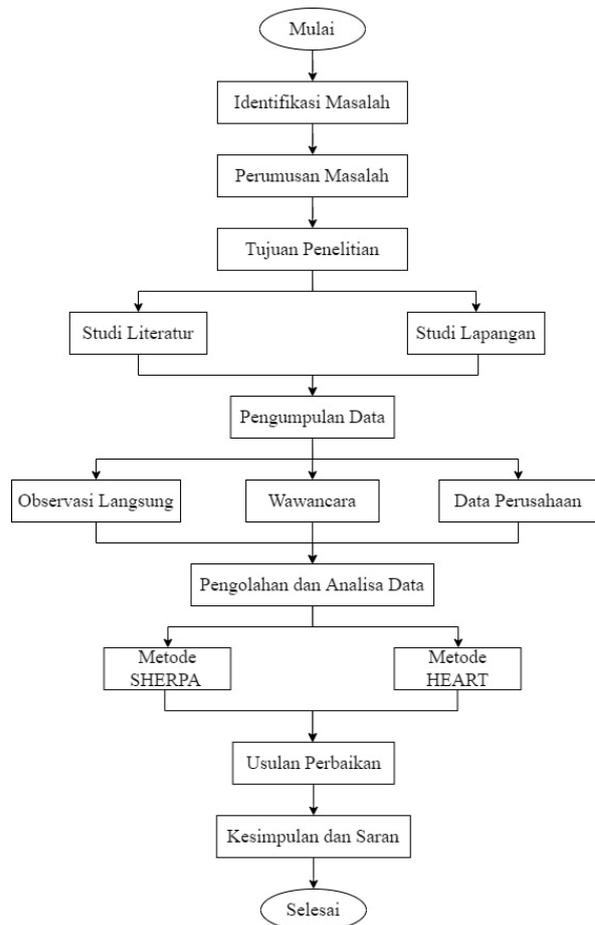
1. Penelitian ini dilakukan di Departemen *Assembling* PT Pelita Tomangmas pada bulan Januari – Februari 2022 dengan mengamati seluruh proses *assembling* produksi sepatu.
2. Data yang digunakan adalah data cacat produk dan target produksi pada bulan Januari 2022.
3. Penelitian difokuskan pada pembuatan sepatu VOS pada stasiun kerja *lasting, cementing dan finishing*.
4. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah SHERPA dan HEART.
5. Aspek yang diukur untuk menentukan *human error* sesuai pada metode yang digunakan dalam pengukuran *human error*

6. Penelitian ini dibatasi hanya pada pemberian usulan strategi perbaikan ke perusahaan tidak sampai tahap implementasi usulan yang telah diberikan.

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada tanggal 06 Januari 2022 hingga 05 Februari 2022, pada Departemen *Assembling* PT Pelita Tomangmas yang bergerak pada pembuatan produk sepatu. Penelitian ini dapat digolongkan pada jenis penelitian deskriptif dimana peneliti memaparkan suatu masalah yang nantinya akan menemukan pemecahan masalah tersebut dengan cara yang sistematis dan berdasarkan fakta. Terdapat 2 variabel yang digunakan antara lain Variabel dependen / variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau menjadi suatu akibat karena adanya variabel bebas dan Variabel independen / variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau menyebabkan timbulnya variabel dependen (Sugiyono, 2013). Pada penelitian ini variabel dependen ditunjukkan pada *defect* produk yang disebabkan oleh *human error* dan variabel independen terdiri dari kesalahan cara kerja, prosedur kerja dan ketidaktepatan pekerja.

Pada gambar 1. menunjukkan tahapan yang dilalui penulis dalam melakukan penelitian ini dan dirumuskan ke dalam suatu *flowchart*.



**Gambar 1.** Flowchart Penelitian

Tahap pertama penelitian yaitu studi lapangan dengan melakukan observasi awal untuk

mengidentifikasi masalah pada departemen *assembling* PT Pelita Tomangmas mulai dari proses *lasting* hingga *finishing*. Setelah dilakukan identifikasi masalah maka akan dilanjutkan pada perumusan masalah untuk mencari penyebab timbulnya masalah *human error*. Kemudian menentukan tujuan penelitian yaitu untuk mengidentifikasi penyebab *defect* produk yang dilakukan karena adanya *human error* sehingga nantinya akan dicari pemecahan masalah tersebut dengan memberikan rekomendasi perbaikan.

Tahap kedua melakukan studi pustaka dan studi lapangan untuk mencari referensi terkait metode penelitian yang tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Systematic Error Reduction and Prediction* (SHERPA) dan *Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART).

Tahap ketiga melakukan pengumpulan data yang diambil secara observasi langsung, wawancara dan data perusahaan. Observasi langsung dilakukan dengan pengamatan secara langsung terhadap proses pembuatan produk sepatu. Untuk wawancara dilakukan kepada pihak yang terkait antara lain kepala produksi, kepala departemen *assembling*, serta 67 pekerja departemen *assembling* mulai dari proses *lasting* hingga proses *finishing*. Sedangkan data perusahaan yang didapat sebagai informasi pendukung penelitian antara lain data jumlah *defect*, data taegget perbulan, data jumlah karyawan dll.

Tahap keempat adalah pengolahan data Pada penelitian ini dilakukan pengolahan data dengan 2 metode yaitu *Systematic Error Reduction and Prediction* (SHERPA) dan *Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART). Metode ini akan dikombinasikan secara strategis untuk menghitung *human error probability* serta diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih valid dan objektif. Pada metode SHERPA data yang diolah pertama yaitu data *jobdesk* pekerja tiap stasiun kerja diidentifikasi *mode error*, deskripsi *error*, konsekuensinya, dan probabilitas *error*. Sementara pada metode HEART, berdasarkan data *jobdesk* pekerja tiap stasiun kerja akan dilakukan identifikasi *generic task* dan nilai *human unreliability*, kemudian menentukan *heart effect*, *proportion*, *assessed effect*, dan HEP. *Error* yang telah didapatkan kemudian dilakukan *root cause analysis* dengan menggunakan *Fault Tree Analysis* dan 5 *whys*.

Hasil dari Tahap berikutnya adalah analisis untuk tiap pengukuran yang dilakukan. Setelah itu, akan dilakukan usulan perbaikan untuk mengurangi peluang terjadinya *human error*. Tahap terakhir adalah kesimpulan dari hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan serta terdapat saran yang bisa menjadi pertimbangan bagi perusahaan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Prediksi *Human Error* yang terjadi dengan metode SHERPA

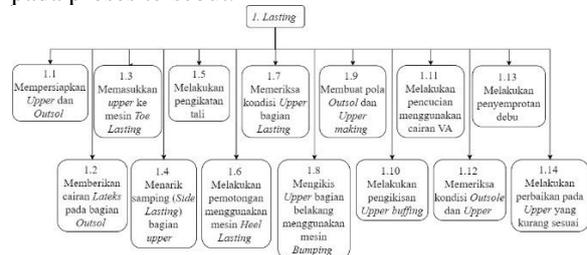
*Systematic Error Reduction and Prediction* (SHERPA) merupakan salah satu metode kualitatif yang bertujuan untuk menganalisa *human error*

menggunakan *task level* dasar sebagai inputnya dan menerjemahkannya dalam mode *error* SHERPA (Bell, Julie and Holroyd, 2009). Pada metode SHERPA semua *task* telah diklasifikasikan sesuai dengan stasiun kerja, lalu dilakukan identifikasi *error* pada tiap *task* dan juga konsekuensi apabila *error* terjadi. Penentuan klasifikasi *error* dilakukan sesuai dengan tabel *error mode* SHERPA. Penentuan dan pemilihan nilai dari tiap *task* dilakukan dengan wawancara terhadap para *expert*, yaitu Kepala Produksi, Kepala Departemen *Assembling*, *Unit Head Coordinator*, pengawas. Hal tersebut dilakukan untuk meminimalisir adanya bias yang terjadi dalam penentuan dan pemilihan nilai. Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan metode SHERPA:

#### a. Hierarchical Task Analysis (HTA)

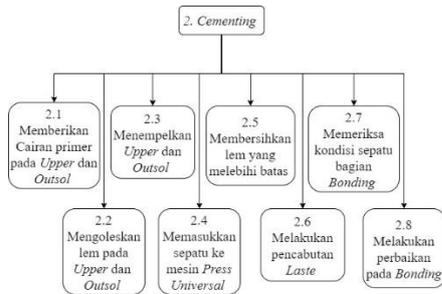
*Hierarchical Task Analysis* (HTA) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menganalisis *task* yang *complex*. *Task Analysis* merupakan metode formal untuk mendeskripsikan dan menganalisis interaksi manusia dengan sistem baik yang berupa aktivitas fisik yang dilakukan untuk mencapai tujuan system (Findiastuti, 2000). HTA merupakan metode yang paling sering digunakan karena mudah digunakan, detail dan langsung mengenai sasaran. *Hierarchical Task Analysis* dilakukan untuk mengetahui proses kerja setiap stasiun kerja menjadi sebuah operasi atau tindakan yang direpresentasikan secara grafis menggunakan bagan struktur. Pada PT Pelita Tomangmas terdapat 3 stasiun kerja antara lain *lasting*, *cementing* dan *finishing*.

HTA pada stasiun kerja *lasting* ditunjukkan pada gambar 2 yang memperlihatkan *task* yang dilakukan pekerja untuk menghasilkan *upper* dan *outsole* yang sesuai sebelum lanjut pada proses berikutnya. Berdasarkan HTA pada stasiun kerja *lasting* dapat diprediksi adanya *human error* yang mungkin terjadi pada proses tersebut.



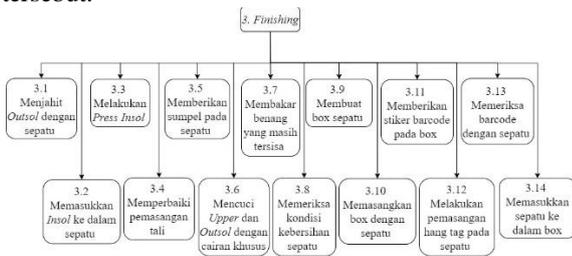
Gambar 2. HTA Stasiun Kerja *Lasting*

HTA pada stasiun kerja *cementing* ditunjukkan pada gambar 3 yang memperlihatkan *task* yang dilakukan pekerja untuk menghasilkan kondisi *upper* dan *outsole* tertempel dengan baik sebelum lanjut pada proses berikutnya. Berdasarkan HTA pada stasiun kerja *cementing* dapat diprediksi adanya *human error* yang mungkin terjadi pada proses tersebut.



Gambar 3. HTA Stasiun Kerja Cementing

HTA pada stasiun kerja finishing ditunjukkan pada gambar 4 yang memperlihatkan task yang dilakukan pekerja untuk menghasilkan kondisi sepatu yang sesuai dilakukan pengemasan. Berdasarkan HTA pada stasiun kerja finishing dapat diprediksi adanya human error yang mungkin terjadi pada proses tersebut.



Gambar 4. HTA Stasiun Kerja Finishing

b. Identifikasi Human Error

Identifikasi human error pada stasiun kerja lasting dapat dilihat pada tabel 1. yang menjelaskan diskripsi human error yang mungkin terjadi pada saat melakukan proses tersebut.

Tabel 1. Identifikasi Human Error SK Lasting

Task	Error Mode	Deskripsi error
1.1	A1	Posisi Upper dan Outsol yang tertukar
1.2	A1	Cairan Lateks tercecer pada lantai kerja
	A2	Cairan Lateks melebihi batas Outsol
1.3	A5	Upper yang dimasukkan tidak sesuai cetakan Toe Lasting
1.4	A1	Menarik bagian samping Upper dengan tergesa gesa
	A2	Menarik bagian samping Upper tanpa di tekan
1.5	A2	Pengikatan tali yang terlalu kuat
	A5	Posisi pengikatan tidak di center
1.6	A5	Posisi Upper tidak sesuai cetakan pemotongan
1.7	C2	Kurang teliti dalam memeriksa kondisi Upper
1.8	A7	Pengikisan terlalu menekan dan keluar batas
1.9	A1	Pola yang melebihi desain cetakan
1.10	A2	Terlalu kuat dalam menekan Upper
1.11	A1	Terburu buru dalam mengoleskan cairan VA
1.12	C2	Kurang teliti dalam memeriksa kondisi Outsol dan Upper
1.13	A1	Penyemprotan kurang merata
1.14	A1	Memperbaiki Upper dengan tergesa gesa

Identifikasi human error pada stasiun kerja cementing dapat dilihat pada tabel 2. yang

menjelaskan diskripsi human error yang mungkin terjadi pada saat melakukan proses tersebut.

Tabel 2. Identifikasi Human Error SK Cementing

Task	Error Mode	Deskripsi error
2.1	A1	Tergesa gesa dalam proses pengolesan primer
2.2	A2	Mengoleskan lem tidak rata dan melebihi pola
2.3	A2	Menempelkan Upper dengan tergesa-gesa dan kurang tekanan
2.4	A5	Meletakkan sepatu tidak sesuai cetakan mesin
2.5	A1	Pembersihan lem dilakukan tergesa gesa
2.6	A1	Melakukan pencabutan dengan tergesa gesa
2.7	C2	Kurang teliti dalam memeriksa kondisi sepatu
2.8	A1	Terburu buru dalam perbaikan sepatu

Identifikasi human error pada stasiun kerja finishing dapat dilihat pada tabel 3. yang menjelaskan diskripsi human error yang mungkin terjadi pada saat melakukan proses tersebut.

Tabel 3. Identifikasi Human Error SK Finishing

Task	Error Mode	Deskripsi error
3.1	A2	Menjahit melebihi pola dan tidak sesuai tempat
3.2	A1	Memasukkan insol terburu buru
3.3	A5	Meletakkan sepatu tidak sesuai cetakan mesin
3.4	A1	Terlalu kuat menarik tali
3.5	A9	Memasukkan sumpel tidak tertata
3.6	A1	Mengoleskan cairan khusus terlalu cepat
3.7	A7	Terlalu lama memanaskan sepatu ke mesin
3.8	A1	Tergesa gesa saat memeriksa kondisi kebersihan sepatu
3.9	A1	Melipat Box terlalu tergesa gesa
3.10	R3	Mengambil Box yang tidak sesuai artikel sepatu
3.11	A1	Pemasangan stiker barcode terlalu cepat
	A9	Menempelkan stiker barcode tidak seluruhnya
3.12	A2	Pemasangan hang tag kurang menekan
3.13	C2	Kurang teliti dalam memeriksa stiker barcode dengan sepatu
3.14	A1	Terburu buru dalam memasukkan sepatu

c. Analisis Konsekuensi yang Terjadi dan Tingkat Probabilitas Error

Probabilitas human error yang terjadi pada stasiun kerja lasting ditunjukkan pada tabel 4. yang menjelaskan kemungkinan tingkatan probabilitas error yang terjadi pada proses tersebut. Pada tabel 4. terdapat 11 task yang memiliki tingkatan probabilitas error berskala low dan 3 probabilitas error yang berskala medium.

**Tabel 4. Probability Error SK Lasting**

Task	Error Mode	Probability Error
1.1	A1	Low
1.2	A1	Low
	A2	Low
1.3	A5	Low
1.4	A1	Medium
	A2	Low
1.5	A2	Low
	A5	Low
1.6	A5	Medium
1.7	C2	Low
1.8	A7	Low
1.9	A1	Medium
1.10	A2	Low
1.11	A1	Low
1.12	C2	Low
1.13	A1	Low
1.14	A1	Low

Probabilitas *human error* yang terjadi pada stasiun kerja *cementing* ditunjukkan pada tabel 5. yang menjelaskan kemungkinan tingkatan probabilitas *error* yang terjadi pada proses tersebut. Pada tabel 5. terdapat 5 *task* yang memiliki tingkatan probabilitas *error* berskala *low* dan 3 probabilitas *error* yang berskala *medium*.

**Tabel 5. Probability Error SK Cementing**

Task	Error Mode	Probability Error
2.1	A1	Low
2.2	A2	Medium
2.3	A2	Medium
2.4	A5	Low
2.5	A1	Medium
2.6	A1	Low
2.7	C2	Low
2.8	A1	Low

Probabilitas *human error* yang terjadi pada stasiun kerja *finishing* ditunjukkan pada tabel 6. yang menjelaskan kemungkinan tingkatan probabilitas *error* yang terjadi pada proses tersebut. Pada tabel 6. terdapat 12 *task* yang memiliki tingkatan probabilitas *error* berskala *low* dan 2 probabilitas *error* yang berskala *medium*.

**Tabel 6. Probability Error SK Finishing**

Task	Error Mode	Probability Error
3.1	A2	Medium
3.2	A1	Low
3.3	A5	Low
3.4	A1	Low
3.5	A9	Low
3.6	A1	Low
3.7	A7	Medium
3.8	A1	Low
3.9	A1	Low
3.10	R3	Low
3.11	A1	Low
	A9	Low
3.12	A2	Low
3.13	C2	Low
3.14	A1	Low

**Prediksi Human Error yang terjadi dengan metode HEART**

Metode HEART adalah suatu metode kuantifikasi *human error* yang dirancang sebagai metode kuantifikasi risiko *human error* yang cepat, sederhana dan mudah dipahami oleh *engineers* dan *human factors specialists* (Bell, Julie and Holroyd, 2009). Pada metode SHERPA hanya memberikan pernyataan terkait tingkat *error* dari tiap pekerjaan yang dikerjakan pekerja dan memiliki output kualitatif. Sedangkan metode HEART dapat memberikan output berupa nilai *Human Error Probability* (HEP), sehingga dengan bentuk kuantitatif dari metode HEART dapat melengkapi hasil pengerjaan metode SHERPA. Metode ini juga cukup melihat kecenderungan persamaan pada *generic task type* yang menjadi salah satu karakteristik utama pada metode HEART (Whittingham, 2004). Berikut merupakan langkah perhitungan menggunakan metode HEART:

1. Mengklasifikasikan item *task* ke *Generic Task Type* (GTT)

*Generic Task Type* dan nilai *Human Unreability* pada stasiun kerja *lasting* ditunjukkan pada tabel 7. Nilai *Human Unreability* akan berpengaruh terhadap besarnya nilai HEP pada stasiun kerja *lasting*.

**Tabel 7. Kategori Pekerjaan Pada SK Lasting**

Task	Generic Task	Nilai Human Unreability
1.1	D	0,09
1.2	C	0,16
1.3	C	0,16
1.4	C	0,16
1.5	E	0,02
1.6	C	0,16
1.7	D	0,09
1.8	C	0,16
1.9	C	0,16
1.10	C	0,16
1.11	D	0,09
1.12	D	0,09
1.13	E	0,02
1.14	C	0,16

*Generic Task Type* dan nilai *Human Unreability* pada stasiun kerja *cementing* ditunjukkan pada tabel 8. Nilai *Human Unreability* akan berpengaruh terhadap besarnya nilai HEP pada stasiun kerja *cementing*.

**Tabel 8. Kategori Pekerjaan Pada SK Cementing**

Task	Generic Task	Nilai Human Unreability
2.1	C	0,16
2.2	C	0,16
2.3	D	0,09
2.4	C	0,16
2.5	E	0,02
2.6	C	0,16
2.7	D	0,09
2.8	C	0,16

*Generic Task Type* dan nilai *Human Unreability* pada stasiun kerja *finishing* ditunjukkan pada tabel 9. Nilai *Human Unreability* akan berpengaruh terhadap besarnya nilai HEP pada stasiun kerja *finishing*.

**Tabel 9. Kategori Pekerjaan Pada SK Finishing**

Task	Generic Task	Nilai Human Unreliability
3.1	C	0,16
3.2	C	0,16
3.3	D	0,09
3.4	E	0,02
3.4	E	0,02
3.6	D	0,09
3.7	D	0,09
3.8	D	0,09
3.9	D	0,09
3.10	E	0,09
3.11	D	0,09
3.12	D	0,09
3.13	D	0,09
3.14	D	0,09

2. Menentukan *Error Producing Condition* (EPC) dan perhitungan *Assessed Proportion of Effect* (APOE)

Pada tabel 10. menunjukkan nilai EPC dan perhitungan APOE pada stasiun kerja *lasting*. Nilai EPC ditentukan berdasarkan tabel EPC yang terdiri dari 38 kemungkinan dan untuk perhitungan APOE menggunakan rumus  $Assessed\ Effect = (PoA \times (Total\ HEART\ Effect - 1) + 1)$ . Nilai *Assessed Effect* akan berpengaruh terhadap besarnya nilai HEP pada stasiun kerja *lasting*.

**Tabel 10.** Nilai *assessed Effect* SK *Lasting*

Task	No EPC	Nilai EPC	Proportion	Assessed Effect
1.1	31	1,2	0,1	1,02
1.2	32	1,2	0,2	1,04
1.3	32	1,2	0,3	1,06
1.4	13	4	0,2	1,6
1.5	32	1,2	0,1	1,02
1.6	32	1,2	0,2	1,04
1.7	17	3	0,2	1,4
1.8	32	1,2	0,2	1,04
1.9	32	1,2	0,3	1,06
1.10	32	1,2	0,2	1,04
1.11	17	3	0,1	1,2
1.12	17	3	0,2	1,4
1.12	32	1,2	0,2	1,04
1.13	17	3	0,1	1,2
1.14	13	4	0,2	1,6

Pada tabel 11. menunjukkan nilai EPC dan perhitungan APOE pada stasiun kerja *cementing*. Nilai EPC ditentukan berdasarkan tabel EPC yang terdiri dari 38 kemungkinan dan untuk perhitungan APOE menggunakan rumus  $Assessed\ Effect = (PoA \times (Total\ HEART\ Effect - 1) + 1)$ . Nilai *Assessed Effect* akan berpengaruh terhadap besarnya nilai HEP pada stasiun kerja *cementing*.

**Tabel 11.** Nilai *Assessed Effect* SK *Cementing*

Task	No EPC	Nilai EPC	Proportion	Assessed Effect
2.1	17	3	0,2	1,4
2.1	32	1,2	0,2	1,04
2.2	15	3	0,3	1,6
2.2	17	3	0,3	1,6
2.3	29	1,3	0,3	1,09

**Tabel 11.** Nilai *Assessed Effect* SK *Cementing* (Lanjutan)

Task	No EPC	Nilai EPC	Proportion	Assessed Effect
2.4	15	3	0,2	1,4
2.5	17	3	0,2	1,4
2.6	15	3	0,1	1,2
2.7	17	3	0,2	1,4
2.7	32	1,2	0,2	1,04
2.8	13	4	0,2	1,6

Pada tabel 12. menunjukkan nilai EPC dan perhitungan APOE pada stasiun kerja *finishing*. Nilai EPC ditentukan berdasarkan tabel EPC yang terdiri dari 38 kemungkinan dan untuk perhitungan APOE menggunakan rumus  $Assessed\ Effect = (PoA \times (Total\ HEART\ Effect - 1) + 1)$ . Nilai *Assessed Effect* akan berpengaruh terhadap besarnya nilai HEP pada stasiun kerja *finishing*.

**Tabel 12.** Nilai *Assessed Effect* SK *Finishing*

Task	No EPC	Nilai EPC	Proportion	Assessed Effect
3.1	17	3	0,3	1,6
3.1	29	1,3	0,3	1,09
3.2	17	3	0,2	1,4
3.3	15	3	0,2	1,4
3.4	32	1,2	0,1	1,02
3.4	29	1,4	0,1	1,04
3.6	31	1,2	0,1	1,02
3.7	17	3	0,2	1,4
3.8	17	3	0,2	1,4
3.8	32	1,2	0,2	1,04
3.9	31	1,2	0,1	1,02
3.10	17	3	0,1	1,2
3.11	32	1,2	0,2	1,04
3.12	32	1,2	0,2	1,04
3.13	17	3	0,2	1,4
3.14	31	1,2	0,1	1,02

3. Melakukan perhitungan nilai *Human Error Probability* (HEP)

Pada tabel 13. menunjukkan nilai HEP pada stasiun kerja *lasting*. Nilai HEP menjelaskan besarnya peluang terjadinya *human error* data melakukan pekerjaan pada stasiun kerja *lasting*.

**Tabel 13.** Nilai HEP SK *Lasting*

Task	HEP
1.1	0,0918
1.2	0,1664
1.3	0,1696
1.4	0,2560
1.5	0,0204
1.6	0,1664
1.7	0,1310
1.8	0,1632
1.9	0,1696
1.10	0,1664
1.11	0,1080
1.12	0,1310
1.13	0,0240
1.14	0,2560

Pada tabel 14. menunjukkan nilai HEP pada stasiun kerja *cementing*. Nilai HEP menjelaskan besarnya peluang terjadinya *human error* data melakukan pekerjaan pada stasiun kerja *cementing*.

**Tabel 14.** Nilai HEP SK *Cementing*

Task	HEP
2.1	0,1664
2.2	0,4096
2.3	0,0981
2.4	0,2240
2.5	0,0280
2.6	0,1920
2.7	0,1310
2.8	0,2560

Pada tabel 15. menunjukkan nilai HEP pada stasiun kerja *finishing*. Nilai HEP menjelaskan besarnya peluang terjadinya *human error* data melakukan pekerjaan pada stasiun kerja *finishing*.

**Tabel 15.** Nilai HEP SK *Finishing*

Task	HEP
3.1	0,2790
3.2	0,2240
3.3	0,1260
3.4	0,0204
3.4	0,0208
3.6	0,0918
3.7	0,1260
3.8	0,1310
3.9	0,0918
3.10	0,1080
3.11	0,0936
3.12	0,0936
3.13	0,1260
3.14	0,0918

### Rekapitulasi Pengukuran Metode SHERPA

Metode SHERPA lebih tepat digunakan pada *error* yang berhubungan dengan keahlian dan kebiasaan manusia, dikarenakan metode ini lebih detail dan konsisten dalam mengidentifikasi adanya *error* (Kirwan, 1995). Berdasarkan pengukuran *error* dengan metode SHERPA menunjukan bahwa dari total 36 *task* untuk semua stasiun kerja terdapat 4 *error* kategori *checking* dengan probabilitas *low*, 1 *error* kategori *retrieval* dengan probabilitas *low*, dan 31 *error* kategori *action* yang terdiri dari 23 *probabilitas error low* dan 8 *error probabilitas medium*. Berdasarkan rincian tersebut menunjukkan bahwa *error* yang berkategori *action* lebih signifikan menghasilkan *error* dari segi jumlah aktivitas maupun probabilitas *error*.

Pada tabel 16. menunjukkan rekapitulasi perhitungan metode SHERPA yang terdapat 8 *task* dengan *probabilitas error* berskala *medium* pada proses produksi di Departemen *Assembling* PT Pelita Tomangmas.

**Tabel 16.** Rekapitulasi Metode SHERPA

No	Stasiun Kerja	Task	Probability Error
1	<i>Lasting</i>	Menarik samping ( <i>Side Lasting</i> ) bagian <i>Upper</i>	<i>Medium</i>
2	<i>Lasting</i>	Melakukan pemotongan menggunakan mesin <i>Heel Lasting</i>	<i>Medium</i>
3	<i>Lasting</i>	Membuat pola <i>Outsol</i> dan <i>Upper making</i>	<i>Medium</i>
4	<i>Cementing</i>	Mengoleskan lem pada <i>Outsol &amp; Upper</i>	<i>Medium</i>
5	<i>Cementing</i>	Menempelkan <i>Upper</i> dengan <i>Outsol</i>	<i>Medium</i>

**Tabel 16.** Rekapitulasi Metode SHERPA (Lanjutan)

No	Stasiun Kerja	Task	Probability Error
6	<i>Cementing</i>	Membersihkan lem yang melebihi batas	<i>Medium</i>
7	<i>Finishing</i>	Menjahit <i>Outsol</i> dengan sepatu	<i>Medium</i>
8	<i>Finishing</i>	Membakar benang yang masih tersisa	<i>Medium</i>

Dari 36 *task* dalam stasiun kerja produksi departemen *assembling* PT Pelita Tomangmas diperoleh hasil bahwa terdapat 28 *task* memiliki *error* dengan probabilitas tingkat *low* dan 8 *task* memiliki *error* dengan probabilitas tingkat *medium*. Dari 8 *task* dengan probabilitas *medium*, 3 diantaranya berasal dari stasiun kerja *lasting*, 3 dari stasiun kerja *cementing*, dan 2 dari stasiun kerja *finishing*

### Rekapitulasi Pengukuran Metode HEART

Berdasarkan pengukuran *error* dengan metode HEART menunjukan bahwa dari total 36 *task* untuk semua stasiun kerja dan diperoleh *generic task type* yang berkode C, D, dan E. Untuk *task* yang berkode C berjumlah 15 *task*, kode D berjumlah 15 *Task*, dan kode E berjumlah 6 *task*. *Task* dengan kode C dan D memiliki jumlah yang lebih banyak karena terdapat pekerjaan yang kompleks, membutuhkan tingkat pemahaman dan keterampilan tinggi, serta terdapat juga pekerjaan yang cukup sederhana namun dikerjakan dengan cepat atau membutuhkan sedikit perhatian.

Pada tabel 17. menunjukkan rekapitulasi perhitungan metode HEART yang memiliki nilai *Human Error Probability* (HEP) terbesar di setiap stasiun kerja di Departemen *Assembling* PT Pelita Tomangmas.

**Tabel 17.** Rekapitulasi Metode SHERPA

No	Stasiun Kerja	Task	HEP
1	<i>Lasting</i>	Menarik samping ( <i>Side Lasting</i> ) bagian <i>Upper</i>	0,256
2	<i>Cementing</i>	Mengoleskan lem pada <i>Outsol &amp; Upper</i>	0,410
3	<i>Finishing</i>	Menjahit <i>Outsol</i> dengan sepatu	0,279

Dari 36 *task* dalam stasiun kerja produksi departemen *assembling* PT Pelita Tomangmas, diperoleh HEP tertinggi untuk semua *task* pada stasiun kerja *Cementing* dengan *task* yaitu mengoleskan lem pada *outsol* dan *upper*. *Error* yang sering terjadi pada *task* tersebut yaitu pada proses pengolesan lem dilakukan dengan cepat dan tidak merata sehingga terdapat sepatu yang tidak rapi, kotor hingga tidak dapat tertempel dengan baik. Nilai *Human Error Probability* yang terdapat pada *task* tersebut adalah 0,410. Dengan nilai tersebut maka perlu dilakukan penanganan lebih lanjut supaya tidak mengganggu proses maupun hasil produksi.

### Hubungan Metode SHERPA dan HEART

Metode SHERPA digunakan dalam mengidentifikasi potensi *human error* dan mendeskripsikannya dengan tabulasi SHERPA. Metode ini memiliki klasifikasi *error* pada tingkat *low*, *medium*, *high* sehingga tidak dapat menentukan

nilai dari *human error* pada tiap *task* tersebut. Sedangkan metode HEART digunakan untuk mengidentifikasi adanya *error* yang terjadi pada tiap *task*, namun juga menentukan nilai *Human Error Probability* (HEP). Dengan kombinasi antara metode SHERPA yang memiliki *output* kualitatif berupa tingkat probabilitas *error* dengan metode HEART yang memiliki *output* kuantitatif berupa *Human Error Probability* (HEP) diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih akurat.

Berdasarkan hasil metode SHERPA menunjukkan bahwa terdapat 8 *task* yang memiliki *error* dengan kategori *medium*. Sementara hasil metode HEART diperoleh bahwa terdapat nilai HEP terbesar untuk tiap stasiun kerja. Dari kedua metode tersebut memiliki kesamaan untuk *error*, yaitu *error task* kategori *medium* pada metode SHERPA juga termasuk dengan *error task* yang memiliki nilai HEP terbesar pada metode HEART. Pada tabel 18. menunjukkan 3 *task* yang memiliki nilai tertinggi sehingga harus dilakukan evaluasi dan perbaikan.

**Tabel 18.** Perbandingan Hasil Metode SHERPA dan HEART

No	Stasiun Kerja	Task	Probability Error	HEP
1	Lasting	Menarik samping (Side Lasting) bagian Upper	Medium	0,256
2	Cementing	Mengoleskan lem pada Outsol & Upper	Medium	0,410
3	Finishing	Menjahit Outsol dengan sepatu	Medium	0,279

Dari tabel diatas terlihat bahwa terdapat 3 hasil yang relevan antara metode SHERPA dan metode HEART. 3 *task* tersebut berasal dari stasiun kerja yang berbeda sehingga untuk melakukan evaluasi dan perbaikan hanya bisa dilakukan tiap *task*. Hal itu dikarenakan tiap *task* yang memiliki HEP tertinggi pada tiap stasiun kerja tidak mempresentasikan *error* pada stasiun kerja tertentu. Maka pada penelitian ini hanya dilakukan evaluasi dan perbaikan pada *task* yang memiliki probabilitas *medium* dengan HEP tertinggi, yaitu terdapat pada *task* mengoleskan lem pada *outsol & upper* stasiun kerja *cementing* dan nilai HEP sebesar 0,410.

### Root Cause Analysis

Menurut Jucan (2005), RCA (Root Cause Analysis) merupakan suatu metodologi untuk mengidentifikasi dan mengoreksi sebab-sebab yang penting dalam permasalahan operasional dan fungsional *Root Cause Analysis* digunakan dalam mene *Root Cause Analysis* digunakan dalam menentukan penyebab *human error* yang telah ditentukan pada metode SHERPA dan HEART. Metode ini dapat memberikan gambaran secara lebih spesifik terkait faktor penyebab terjadinya *human error* terbesar pada tiap stasiun kerja.

Untuk menggali akar penyebab masalah terdapat metode yang disebut metode 5 *Whys*. 5 *Whys* merupakan suatu metode untuk menggali penyebab masalah yang lebih mendalam secara sistematis untuk menemukan cara penanggulangan, mengidentifikasi

akar penyebab dan mengembangkan tindakan penanganan dari masalah tersebut.. Pada tabel 19. menunjukkan hasil analisis permasalahan pada stasiun kerja *cementing* dengan *task* mengoleskan lem pada *outsol & upper* karena memiliki nilai HEP terbesar dari stasiun kerja lainnya.

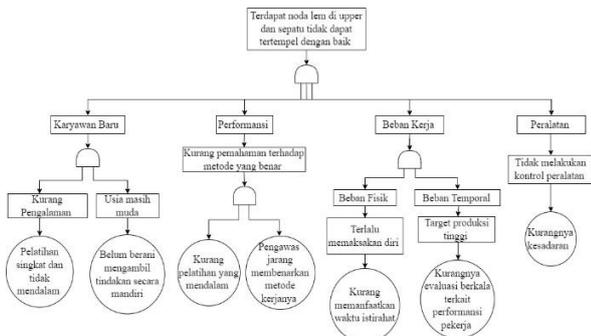
**Tabel 19.** Analisis 5 *Why's*

Sebab-akibat	No	5 Whys	Masalah
Terdapat noda lem di upper dan sepatu tidak dapat tertempel dengan baik	1	Mengapa terdapat terdapat noda lem di upper dan sepatu tidak dapat tertempel dengan baik ?	Karena terjadi kesalahan dalam memberikan lem pada permukaan <i>outsol &amp; upper</i>
	2	Mengapa terjadi kesalahan dalam memberikan lem pada permukaan <i>outsol &amp; upper</i> ?	Karena dalam memberikan lem pada <i>outsol &amp; upper</i> tidak merata
	3	Mengapa dalam memberikan lem pada <i>outsol &amp; upper</i> tidak merata?	Karena dalam proses pengeleman masih kurang atau melebihi pola
	4	Mengapa dalam proses pengeleman masih kurang atau melebihi pola yang telah di berikan ?	Karena sebagian besar pekerja belum mahir dan tergesa gesa dalam melakukan proses pengeleman
	5	Mengapa sebagian besar pekerja belum mahir dan tergesa gesa dalam melakukan proses pengeleman ?	Karena pekerja proses ini sebagian besar masih di usia muda dan belum memiliki pengalaman
Root Cause		Pekerja cementing sebagian besar masih di usia muda dan belum memiliki pengalaman yang cukup	

### Diagram Fault Tree Analysis

*Fault Tree Analysis* (FTA) merupakan suatu metode analisa proses yang digunakan untuk melakukan pencarian permasalahan dalam suatu proses, dimana terdapat kejadian yang tidak diinginkan disebut *undesired event* terjadi pada sistem, dan sistem tersebut kemudian akan di analisis dengan kondisi lingkungan dan operasional yang ada. *Fault tree* adalah model grafis dari kegagalan-kegagalan pada sistem dan kombinasinya yang menghasilkan terjadinya *undesired event* (Vesely, 1981). Metode FTA dapat mengetahui kegagalan yang menjadi penyebab terjadinya *undesired event*, dan probabilitas terjadinya *undesired event* tersebut.

Penerapan *Fault Tree Analysis* ini berdasarkan hasil perhitungan metode SHERPA dan metode HEART. Dari kombinasi kedua metode tersebut diperoleh hasil bahwa *task* mengoleskan lem pada *outsol & upper* dengan *error* yang sering terjadi pada *task* tersebut yaitu pada proses pengolesan lem dilakukan dengan cepat dan tidak merata sehingga terdapat sepatu yang tidak rapi, kotor hingga tidak dapat tertempel dengan baik akan menjadi referensi dalam pembuatan diagram *fault tree analysis*. Pada gambar 5. menunjukkan penerapan Diagram *Fault Tree Analysis* dilakukan pada *task* yang memiliki HEP terbesar yaitu pada stasiun kerja *cementing* yaitu mengoleskan lem pada *outsol & upper*.



**Gambar 5.** Diagram *Fault Tree Analysis*

Berdasarkan diagram *fault tree analysis* terdapat empat faktor yang menjadi penyebab terjadinya sepatu yang tidak rapi, kotor hingga tidak tertempel dengan baik. Empat faktor tersebut adalah karyawan baru, performansi kerja, beban kerja dan peralatan yang digunakan. Dengan banyaknya tenaga kerja baru, produksi sepatu menjadi sedikit terhambat. Hal ini dikarenakan banyak pekerja baru dengan usia muda dan belum mempunyai pengalaman lebih. Sebelumnya dari perusahaan sudah melakukan pelatihan namun waktu yang digunakan terlalu singkat dan kurang mendalam. Disisi lain karyawan baru masih belum berani dalam mengambil tindakan secara mandiri sehingga menyebabkan produksi sepatu mengalami hambatan dan terkadang terdapat *defect*.

Faktor performansi menjadi salah satu faktor yang disebabkan oleh kurangnya pemahaman pekerja terkait dengan metode kerja yang baik dan benar. Pekerja juga sering lupa pada urutan metode kerja yang telah ditetapkan. Sehingga pekerja seringkali kurang puas akan hasil kerjanya dan terkadang ditemukan sepatu yang tidak sesuai oleh pengawas. Hal tersebut dapat juga disebabkan oleh pengawas yang jarang melakukan pengawasan, jarang melakukan pembenaran metode kerja yang benar kepada pekerja dan kurangnya pelatihan terkait metode kerja yang digunakan.

Faktor beban kerja merupakan faktor selanjutnya yang terdiri dari beban kerja temporal dan beban kerja fisik. Beban kerja fisik disebabkan oleh pekerja yang terlalu memaksakan diri dalam melakukan pekerjaan. Hal tersebut sering terjadi karena beberapa pekerja kurang memanfaatkan waktu istirahatnya dengan baik dan kurangnya kesadaran akan kesehatan dirinya sendiri. Sedangkan beban kerja temporal disebabkan oleh target produksi yang tinggi namun waktunya terbatas. Dengan kejadian tersebut seharusnya dilakukan evaluasi secara berkala untuk membahas performansi kerja.

Faktor peralatan menjadi faktor terakhir yang disebabkan karena pekerja tidak melakukan kontrol peralatan secara teratur. Hal ini terjadi karena kurangnya kesadaran pekerja terhadap peralatan yang digunakan pada proses produksi.

#### 4. REKOMENDASI PERBAIKAN

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan metode SHERPA dan HEART, dapat diperoleh bahwa pekerja yang mengoleskan lem pada *outsol & upper* memiliki nilai HEP tertinggi sebesar 0,410. Dengan

hasil tersebut, kami memberikan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi *defect* produk dan *human error* pada proses produksi sepatu departemen *assembling* PT Pelita Tomangmas berdasarkan diskusi dengan kepala departemen produksi serta kepala departemen *assembling* PT Pelita Tomangmas. Berikut merupakan perbaikan yang dapat dilakukan:

- a. Melakukan evaluasi secara berkala untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan pekerja. Hal tersebut dapat menjadi gambaran secara umum perusahaan untuk mengetahui kondisi karyawannya, sehingga dapat melakukan *treatment* khusus seperti melakukan bimbingan konseling, *retraining* atau *upgrading* untuk mengatasinya
- b. Memberikan *reward* bagi karyawan yang berprestasi. *Reward* tersebut dapat mendorong motivasi pekerja untuk bekerja secara optimal.
- c. Melakukan pengecekan peralatan khususnya pada peralatan untuk mengoleskan lem pada *outsol & upper*. Hal tersebut dapat dilakukan dengan langkah seperti berikut:
  - Setelah menggunakan peralatan harus dibersihkan dengan cairan khusus sampai bersih. Terkadang pekerja hanya merendam peralatan tersebut tanpa membersihkannya. Sehingga terkadang masih terdapat sisa lem yang masih menempel dan membuat permukaan sepatu menjadi kotor.
  - Melakukan penggantian kuas 3 hari sekali. Hal tersebut dilakukan karena kuas yang sering digunakan akan semakin mengembang tidak rata sehingga membuat lem berceceran dan tidak sesuai pola yang telah diberikan.
  - Mengganti kuas dengan alat yang bernama *rockler glue applicator*. Pada gambar 6. menunjukkan alat *rockler glue applicator* dimana alat ini dapat memudahkan operator dalam proses pengolesan lem dan pembersihannya. Apabila menggunakan alat tersebut waktu untuk mengganti peralatan lebih lama. Mungkin hanya 1 bulan sekali untuk melakukan penggantian bagian atas alat (*brush*).



**Gambar 6.** Alat *Rockler Glue Applicator*.

#### 5. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan data yang telah diambil selama kerja praktek di PT Pelita Tomangmas adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan pengukuran *error* dengan metode SHERPA dan metode HEART diperoleh *probability error medium* dan nilai HEP tertinggi untuk semua *task* adalah pada stasiun *Cementing* dengan *task* yaitu mengoleskan lem pada *outsol* dan *upper*. *Error* yang sering terjadi pada *task* tersebut yaitu pada proses pengolesan lem dilakukan dengan cepat dan tidak merata sehingga terdapat sepatu yang tidak rapi, kotor hingga tidak dapat tertempel dengan baik. Nilai *Human Error Probability* pada *task* tersebut adalah 0,410.
2. Faktor-faktor yang mempengaruhi *human error* pada stasiun kerja *cementing* yaitu banyaknya karyawan baru, beban kerja yang cukup tinggi, performansi kerja yang kurang maksimal, dan kurangnya control pada peralatan yang digunakan.
3. Rekomendasi perbaikan sesuai dengan kondisi pada departemen *assembling* terutama dalam hal yang mempengaruhi *human error* pada operator. Rekomendasi perbaikan yang diberikan diharapkan dapat membantu perusahaan dalam mengurangi *human error* dan meningkatkan performansi kinerja operator.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik berkat bantuan dari berbagai pihak, khususnya pada Kepala Produksi, Kepala Departemen *Assembling* serta operator yang terdapat pada Departemen *Assembling* PT Pelita Tomangmas. Untuk itu penulis

mengucapkan terima kasih kepada pihak tersebut yang telah memberikan bimbingan, arahan serta kerjasama yang baik dalam penelitian ini. Sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bell, Julie and Holroyd, J. (2009). *Review of Human Reliability Assesment Methods Health and Safe Laboratory*.
- Dhillon, B. S. (2009). *Human Reliability, Error, and Human Factors in Engineering Maintenance*. New York: CRC Press.
- Findiastuti, W. &. (2000). *Analisa Human Error Dalam Kasus Kecelakaan Di Persilangan Kereta Api*. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.
- Jucan, G. (2005). *Root Cause Analysis for IT incidents Investigation*.
- Kirwan, B. (1995). *The Validation of Three Human Reliability Quantification Techniques- THERP, HEART, and JHEDI*.
- Sanders, M. S. (1993). *Human Factors in Engineering and Design &th Edition*. Mc Graw Hill.
- Sugiyono. (2013). *Metodelogi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Swain A.D., d. G. (1983). *Hand Book of Human Reliability Analysis with Emphasis On Nuclear Power Plant Applications. US Nuclear Regulatory Commision*. Washington: DC. NUREG/CR-1278.
- Vesely, W. E. (1981). *Fault Tree Handbook*. Washington: DC: Nuclear.
- Whittingham, R. (2004). *The Blame Machine: Why Human Error Causes Accidents*. Routledge London .