

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini akan menjelaskan gambaran umum perusahaan yaitu PT Indomarine dan data-data yang diperoleh melalui pengamatan yang dilakukan. Data-data yang diperoleh kemudian dijadikan sebagai *input* untuk proses pengolahan data selanjutnya sesuai dengan metode penelitian yang sudah disusun pada bab sebelumnya. Pengolahan data beserta pembahasan dilakukan untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah ditetapkan sebelumnya.

4.1 Profil Perusahaan

4.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan

PT. Indonesian Marine Corporation Limited atau disingkat menjadi PT Indomarine berdiri pada tanggal 16 September 1954 di Jakarta. Pada awal didirikan PT Indomarine bergerak di bidang usaha pembuatan kapal dan perahu termasuk pemeliharaan serta reparasi semua peralatan, mesin-mesin kapal, dan usaha perdagangan (ekspor-impor) perkakas perahu dan kapal. Pada tanggal 20 November 1961 PT Indomarine mulai mengembangkan usahanya pada bidang pekerjaan perawatan dan fabrikasi untuk mesin-mesin industri dan ketel uap (*boiler*).

Berbagai pengalaman dalam pemasangan puluhan *boiler* serta adanya lisensi dari Yoshimine *Boiler* Jepang, maka pada tanggal 18 Agustus 1988 PT Indomarine mengembangkan usahanya dalam bidang *boiler manufacturing*. Pada akhir tahun 1995 PT Indomarine mendapat sertifikat ISO 9001 yang merupakan pengakuan atas standar mutu internasional bagi produknya. Saat ini PT Indomarine telah berkembang dan menangani usaha-usaha yang meliputi *contracting, manufacturing, engineering, ship building, trading*.

4.1.2 Logo Perusahaan



Gambar 4. 1 Logo PT Indonesian Marine Corp. Ltd.
Sumber: PT Indomarine, Malang

PT Indomarine memiliki logo perusahaan berbentuk paduan huruf I dan M kapital yang diambil dari nama Indo dan Marine. Logo tersebut berwarna biru yang memiliki arti lautan Indonesia yang berwarna biru. Hal ini dikarenakan awal terbentuknya perusahaan bekerja dalam bidang kelautan. Sedangkan garis biru yang mengelilingi logo melambangkan arti kesatuan organisasi.

4.1.3 Visi dan Misi Perusahaan

Adapun yang menjadi visi dan misi PT Indomarine adalah:

Visi: *“To be a leader in manufacturing, construction and services especially in industrial sector such as shipbuilding boiler and palm oil mills, etc.”*

Misi:

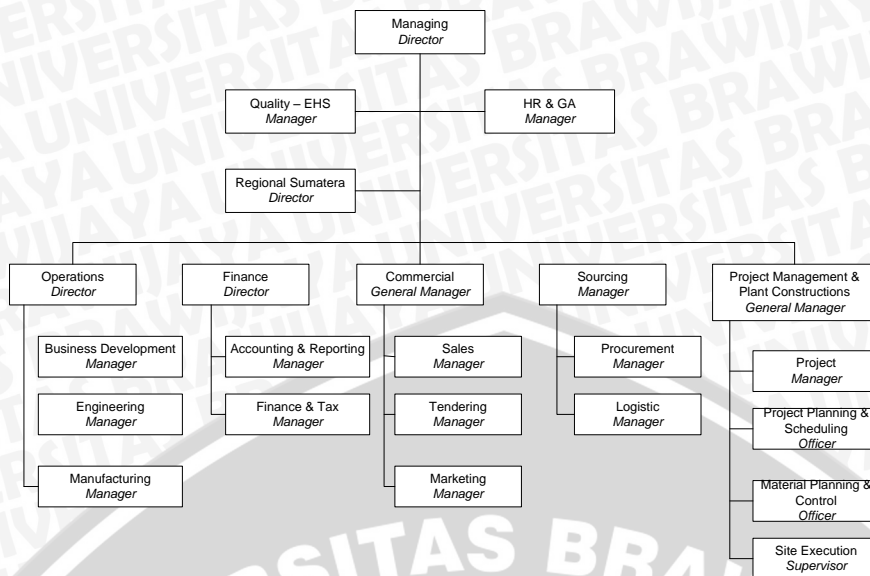
1. *Always strive to give the best products and services and to develop the existing and new products and services for the present and future market.*
2. *Always strive to give the best solution and profitable to all stakeholder: shareholders, customer, employers, suppliers, and the community.*

4.1.4 Lokasi Perusahaan

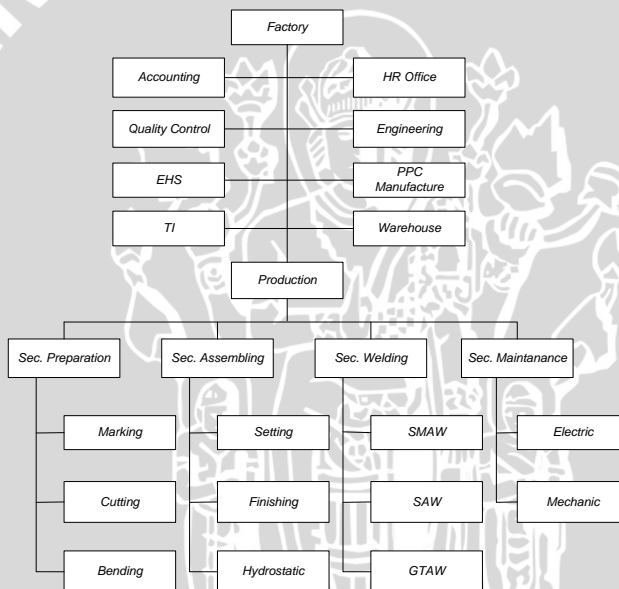
Lokasi PT Indomarine dibagi menjadi 2 yaitu kantor pusat yang terletak di Surabaya dan lokasi manufaktur terletak di Malang. Kantor pusat PT Indomarine berada di Jalan Saroni Jiwo No. 9 Rungkut, Surabaya. Sedangkan untuk lokasi manufaktur (*plant production*) berlokasi di Jalan Raya Ardimulyo No. 2 Singosari, Malang.

4.1.5 Struktur Organisasi

Bentuk struktur organisasi PT Indomarine adalah bentuk garis lini. Dalam hal ini kekuasaan dan tanggung jawab berada di tangan *Factory Manager*, sehingga seluruh perintah yang berasal dari pihak atasan mengalir langsung kepada pihak yang ada di bawahnya dan berlanjut sampai pihak yang paling rendah. Gambar 4.2 menunjukkan struktur organisasi yang ada di PT Indomarine kantor pusat dan Gambar 4.3 menunjukkan struktur organisasi di PT Indomarine *Factory*.



Gambar 4.2 Struktur organisasi PT Indomarine (kantor pusat), Surabaya
 Sumber : PT Indomarine, Malang



Gambar 4.3 Struktur organisasi PT Indomarine *Factory*, Malang
 Sumber: PT Indomarine, Malang

Fungsi dari struktur organisasi di PT Indomarine *Factory* adalah sebagai berikut:

1. *Factory Manager*

Factory manager memiliki tugas sebagai *top management* dan bertanggung jawab secara keseluruhan terhadap pengelolaan perusahaan. Memberikan otoritas terhadap kebijaksanaan perusahaan serta melaksanakan pengawasan terhadap aktivitas dari setiap departemen yang ada di bawahnya.

2. *Safety*

Safety bertanggung jawab terhadap keamanan pabrik secara keseluruhan maupun terhadap keselamatan dan keamanan kerja karyawan.

3. *Quality Control (QC)*

Quality control bertugas dan bertanggung jawab mengawasi dan memeriksa bahan baku dan bahan-bahan lain yang akan digunakan untuk produksi.

4. *Technical Superintendent*

Technical superintendent bertanggung jawab terhadap semua pekerjaan yang bersifat *technical*, yang terdiri atas beberapa departemen, antara lain adalah:

a. *Start-Up Department*, sebagai komisioning dan bertanggung jawab atas aktivitas dan operasi *boiler*.

b. *Engineering*, terdiri atas 2 bagian, yaitu:

1) *Design Engineering*, bertugas sebagai pelaksana pembuatan desain dan detail gambar termasuk perangkainya.

2) *Welding Engineering*, bertanggung jawab terhadap penerapan gambar ke dalam bentuk yang sesungguhnya.

c. *PPC Engineering*, bertugas dan bertanggung jawab atas pelaporan biaya-biaya dan pengaturan *schedule* produksi.

d. *Production Department*, bertanggung jawab terhadap pelaksanaan produksi *boiler* mulai dari memindahkan gambar sampai tahap penyelesaian (*finishing*). Bagian produksi mempunyai sub departemen yaitu:

1) *PPC Production*

2) *Section Marking*

3) *Section Cutting*

4) *Section Welding and Assembling*

5) *Section Finishing*

e. *Maintenance*, bertanggung jawab merawat, memelihara, memperbaiki kelangsungan mesin-mesin perkakas serta alat-alat berat yang tersedia.

5. *Human Resource Development (HRD)*

Human Resource Development (HRD) bertugas dan bertanggung jawab untuk memajukan kualitas manusia serta masalah-masalah yang menyangkut semua permasalahan kerja dan hubungan kemasyarakatan.

a. *Personalia*, bertugas dan bertanggung jawab untuk menangani penyediaan tenaga kerja, kesejahteraan dan upah karyawan.

b. *General Affair*, bertugas dan bertanggung jawab dalam pelayanan umum baik luar maupun dalam.

4.1.6 Pemasaran

PT Indomarine merupakan bagian produksi sehingga bagian pemasaran dilakukan oleh kantor pusat di Surabaya. Pemasaran ditangani oleh *sales department* yang menentukan rencana dan berusaha mencapai target penjualan berdasarkan rencana tahunan. Sebagai perusahaan penghasil *boiler*, PT Indomarine merupakan salah satu pemasok akan kebutuhan *boiler* hampir pada seluruh pabrik gula yang ada di seluruh Indonesia. Perusahaan-perusahaan yang telah menjalin kerja sama dengan PT Indomarine adalah sebagai berikut:

1. PT PG. Kebon Agung
2. PT PG. Krebbe
3. PT PG. Naga Manis
4. PT PG. Madu Murni
5. PT PG. Tjandi
6. Boma Bisma Indra
7. Yoshimine Boiler Indonesia

4.2 Jenis-jenis *Boiler* di PT Indomarine

Boiler merupakan bejana tertutup yang mengalirkan panas pembakaran ke air sampai terbentuk air panas atau *steam*. Pada tekanan tertentu *steam* digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Jenis *boiler* yang diproduksi di PT Indomarine dibagi menjadi 2 berdasarkan tipe pipa yang digunakan. Jenis *boiler* tersebut adalah *water tube boiler* dan *fire tube boiler*. *Water tube boiler* merupakan *boiler* dengan karakteristik mampu menghasilkan kapasitas dan tekanan *steam* yang tinggi. Cara kerjanya adalah proses pengapian terjadi di luar pipa *boiler*, kemudian panas yang dihasilkan tersebut memanaskan pipa yang berisi air akan tetapi sebelumnya air tersebut dikondisikan terlebih dahulu melalui *economizer*, kemudian *steam* yang dihasilkan terlebih dahulu dikumpulkan di dalam sebuah *steam drum*.

Fire tube boiler merupakan *boiler* dengan karakteristik mampu menghasilkan kapasitas dan tekanan *steam* yang rendah. Cara kerjanya adalah proses pengapian terjadi di dalam pipa, kemudian panas yang dihasilkan akan dihantarkan langsung ke dalam *boiler* yang berisi air. Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 menunjukkan diagram sederhana tipe *water tube* dan *fire tube*. *Water tube boiler* dibagi menjadi 2 jenis yaitu:

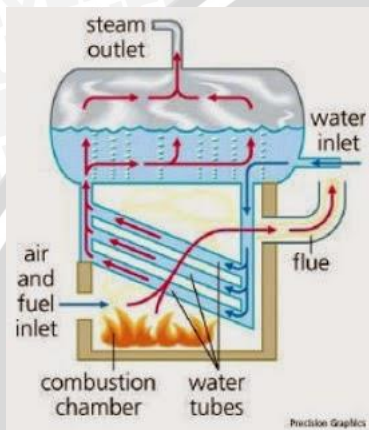
1. *Membrane wall* merupakan *boiler* yang menggunakan plat sebagai penghubung antar *tube* sehingga terlihat seperti membran.

2. *Brick wall* merupakan *boiler* yang menggunakan batu api sebagai penghubung antar *tube*.

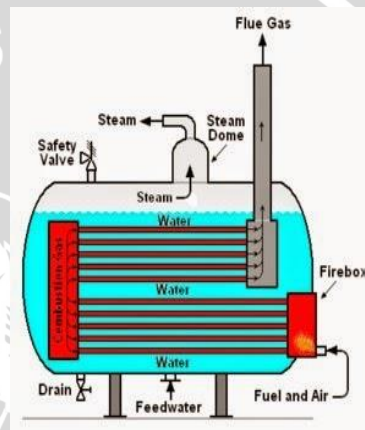
Sedangkan *fire tube boiler* dibagi menjadi 2 yaitu:

1. *Vertical fire tube boiler* merupakan *boiler* yang terdiri dari *shell* silinder dengan tungku tertutup (*enclosed firebox*) dan posisi vertikal.
2. *Horizontal fire tube boiler* merupakan *boiler* dengan posisi *horizontal* dan tungku yang berada di samping.

Adapun *boiler* yang menjadi objek amatan dalam penelitian ini adalah *water tube boiler* dengan jenis *membrane wall* dengan tipe WR 1100 FM.



Gambar 4.4 Ilustrasi *water tube boiler*
Sumber: Lammers (1998)



Gambar 4.5 Ilustrasi *fire tube boiler*
Sumber: Lammers (1998)

4.2.1 Proses Produksi

Proses produksi *boiler* jenis *water tube boiler* rata-rata membutuhkan waktu ± 6 bulan sedangkan *fire tube* rata-rata ± 3 bulan. Proses produksi dilakukan dengan mengerjakan per bagian atau *part boiler*. Secara umum, *part* dibagi menjadi 2 yaitu *pressure part* dan *non pressure part*. *Pressure part* merupakan bagian utama dari *boiler* yang bertekanan dan berfungsi untuk mengubah air menjadi uap bertekanan tinggi (*superheated steam*) dengan temperatur antara $500^{\circ}\text{C} - 600^{\circ}\text{C}$. Sedangkan *non pressure part* merupakan *part* yang tidak bertekanan dan berfungsi sebagai aksesoris atau bagian-bagian pendukung dari suatu *boiler*. *Pressure part* terdiri dari 5 *part* yaitu:

1. *Boiler drum*
2. *Drums inner part*
3. *Header*
4. *Superheater*
5. *Water tube boiler*

Sedangkan *non pressure part* terdiri dari 17 *part* yaitu: *boiler frame, gangway & ladder, fire baffle & manhole door boiler, piping, boiler casing, enclosure for casing, combustion equipment, ash hopper, fire grate, dust collector, gas ductair duct, chimney, ash scrapper conveyor, screw conveyor, air preheater, dan boiler refractoris.*

Pada proses pembuatan *boiler* di PT Indomarine, terdapat 4 *workshop* yaitu *peparation, assembly, welding, dan finishing.*

- a. *Preparation* merupakan tahap awal dalam produksi *boiler* yang terdiri dari beberapa proses, yaitu *marking* (menandai dan memberi ukuran pada material sesuai dengan *drawing*), *cutting* (memotong material yang sudah ditandai), *rolling* (proses *roll* atau membuat material menjadi bentuk tabung atau silinder yang biasanya dikerjakan oleh pihak ketiga atau subkontrak), *bending* (proses membengkokkan material baik plat ataupun pipa), *drilling* (proses bor atau memberi lubang /*hole* pada materia).
- b. *Assembly*, merupakan proses perakitan material-material yang telah dipotong di bagian *preparation* sebelum dilakukan pengelasan. Proses *assembly* dilakukan dengan memberikan *tig weld* (las titik) pada material yang dirakit kemudian akan dikirimkan ke bagian *welding* untuk dilakukan proses pengelasan secara menyeluruh.
- c. *Welding*, merupakan proses pengelasan secara menyeluruh material yang sudah dirakit dengan menggunakan mesin las.
- d. *Finishing*, meliputi proses *brushing* (membersihkan dengan menggunakan gerinda) dan *painting* (pengecatan).




4.3 Pengumpulan Data

Berdasarkan batasan masalah yang telah dituliskan pada Bab I maka pengumpulan data difokuskan pada tahapan produksi *pressure part*. Data diperoleh dari hasil wawancara dengan Manajer *Factory, supervisor, routing sheet* (lembar instruksi kerja), ataupun *observasi* langsung ke lapangan.

4.3.1 Gambaran Umum Proses Pembuatan *Pressure Part*

Gambaran umum pada proses pembuatan *pressure part* akan menjelaskan mesin-mesin yang terdapat pada proses produksi *boiler*. Selain gambar akan dijelaskan juga fungsi-fungsi mesin tersebut. Tabel 4.1 merupakan gambaran umum mesin dan fungsinya dalam pembuatan *boiler*.

Tabel 4.1 Aktivitas Pembuatan *Pressure Part*

Mesin	Gambar	Fungsi
<i>Blander</i> (mesin pemotong)		Digunakan untuk memotong material baik material berbentuk plat ataupun pipa yang sudah ditandai sebelumnya (<i>marking</i>). Mesin ini menggunakan gas O2 dan gas elpiji sebagai sumber energi. Cara kerjanya yaitu mengatur kecepatan dan jarak <i>cutting tip</i> terhadap material kemudian membiarkan bergerak sendiri di atas rel yang sudah disediakan.
<i>Bending machine</i> (mesin penekuk) pipa		Digunakan untuk menekuk pipa sesuai dengan ukuran derajat yang ditentukan. Mesin <i>bending</i> ini merupakan mesin manual dengan <i>hidrolis</i> .
<i>Bending machine</i> (mesin penekuk) plat		Digunakan untuk menekuk plat yang biasa digunakan untuk membuat <i>part</i> yang berbentuk seperti tangga.
<i>Drilling machine</i>		Digunakan untuk membuat lubang (<i>hole</i>) pada material. Mesin ini biasanya digunakan untuk membuat <i>tube hole</i> pada <i>upper drum</i> atau <i>lower drum</i> tempat <i>water tube</i> atau pipa akan dipasang.
<i>Welding machine</i>		Digunakan untuk pengelasan material yang sudah dirakit sebelumnya. Material yang dirakit dengan hanya menggunakan <i>tig weld</i> akan dilas secara menyeluruh dengan menggunakan mesin ini.
Gerinda		Digunakan untuk membersihkan material dari karat. Selain itu mesin ini juga digunakan untuk menghaluskan sisa-sisa pemotongan pada material.

4.3.2 Routing Sheet

Routing sheet merupakan lembar panduan proses produksi *boiler* di PT Indomarine. *Routing sheet* terdiri dari lembar proses produksi, jenis material yang digunakan serta *drawing* (gambar bagian-bagian *boiler*). *Routing sheet* PT Indomarine dapat dilihat pada Lampiran 1.

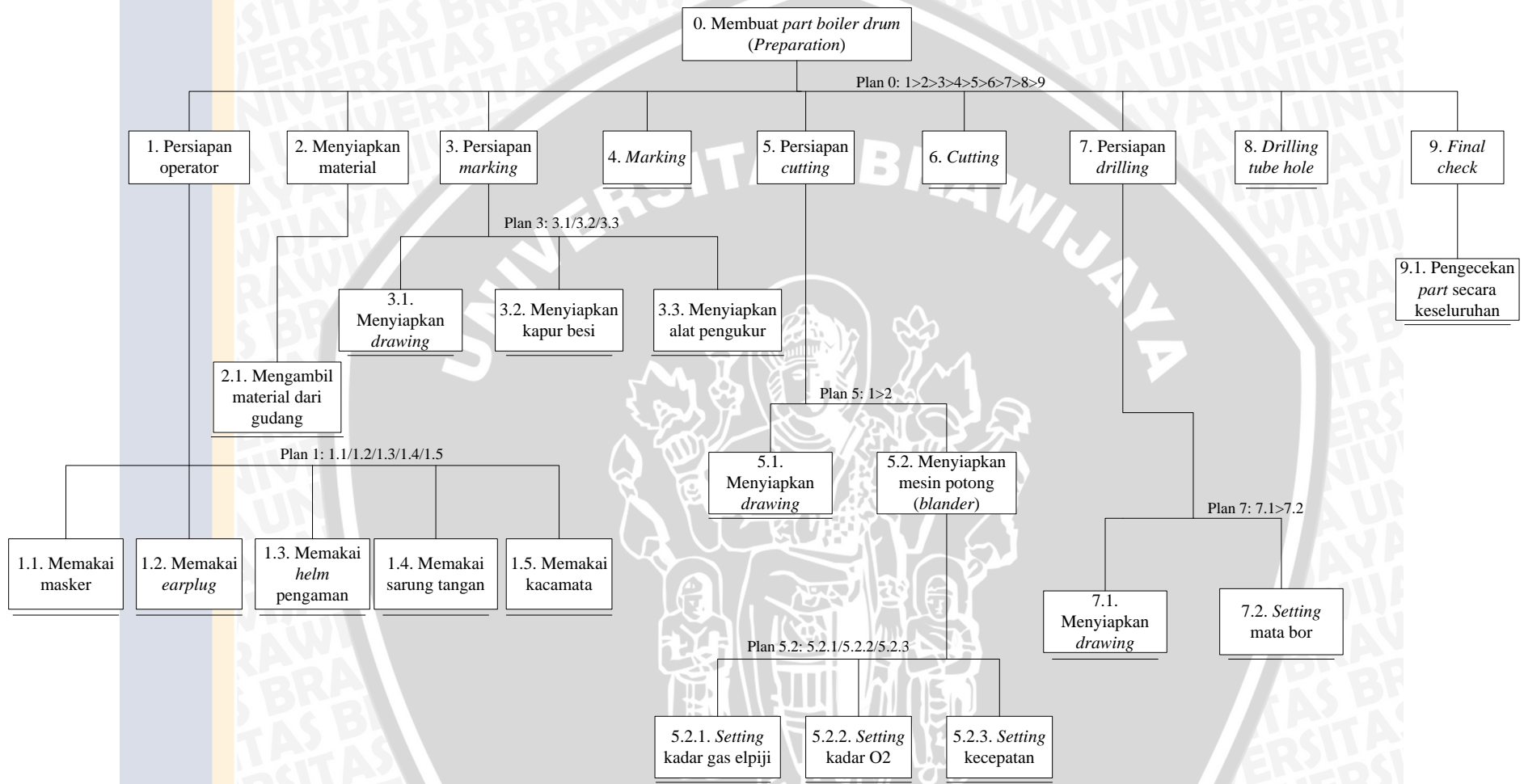
4.4 Pengolahan Data

Pengolahan data dibagi menjadi 2 (dua) yaitu pengolahan dengan menggunakan metode SHERPA dan metode TAFEI. HTA (*Hierarchy Task Analysis*) merupakan *input* pada pengolahan kedua metode tersebut.

4.4.1 Hierarchy Task Analysis (HTA)

HTA diperoleh dari hasil wawancara dengan pihak produksi baik pekerja, *supervisor* ataupun Kepala Departemen Produksi dan *routing sheet* yang digunakan oleh pabrik. Pada penelitian ini, HTA akan dibagi berdasarkan kombinasi jenis *part* dan *workshop* dimana terdapat 2 *part* yaitu *boiler drum* (P1) dan *water tube* (P2) dan 4 *workshop* yaitu *preparation* (W1), *assembly* (W2), *welding* (W3), dan *finishing* (W4) sehingga terdapat 8 HTA yaitu *boiler drum; preparation* (P1W1), *boiler drum; assembly* (P1W2), *boiler drum; welding* (P1W3), *boiler drum; finishing* (P1W4), *water tube; preparation* (P2W1), *water tube; assembly* (P2W2), *water tube; welding* (P2W3), dan *water tube; finishing* (P2W4). HTA pada P1W1 dapat dilihat pada Gambar 4.6 di Lampiran 2. Aktivitas yang digarisbawahi merupakan *bottom level task* yang akan digunakan pada tabel SHERPA.

Boiler drum adalah komponen pada *water tube boiler* yang berfungsi sebagai *reservoir* campuran uap air, dan juga berfungsi untuk memisahkan uap air dengan air pada proses pembentukan uap *superheater*. Sedangkan *water tube* adalah pipa-pipa pada *boiler* yang memiliki air dan uap di dalamnya dan hasil pembakaran pada sisi luarnya.



Gambar 4.6 HTA part boiler drum dan workshop preparation (P1W1)

Pada HTA Gambar 4.7 hal pertama yang dilakukan merupakan persiapan operator yaitu menggunakan alat pelindung diri. Setelah menggunakan alat pelindung diri, pekerja mengambil material yang akan dikerjakan dari gudang dan membawa ke *workshop*. Di *workshop preparation*, pekerja melakukan persiapan *marking* dengan menyiapkan *drawing* dan peralatan seperti kapur besi dan alat ukur. Kemudian material ditandai (*marking*) sesuai ukuran yang tertera pada *drawing*. Setelah proses *marking* selesai, material dipotong dengan menggunakan mesin *blander* yang sudah disiapkan atau di *set up* terlebih dahulu. Karena *boiler drum* terdiri dari *hole* tempat pipa-pipa air dipasang, maka material yang sudah dipotong akan dilakukan pengeboran (*drilling*) dengan menyiapkan mesin terlebih dahulu. Setelah proses di *preparation* selesai akan dilanjutkan dengan pengecekan hasil apakah sudah sesuai yang diinginkan atau tidak.

4.4.2 SHERPA

HTA merupakan *input* bagi pengolahan SHERPA. Setelah memperoleh HTA dari proses produksi maka dilakukan analisis dari keseluruhan *task* HTA yang paling bawah (*bottom*) yang berpotensi terjadi *human error*. Kemudian langkah selanjutnya adalah menyusun tabel SHERPA yang terdiri dari klasifikasi setiap *bottom task* berdasarkan *mode error* yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya. Langkah berikutnya adalah memprediksi *error* yang mungkin terjadi pada masing-masing *task* dan konsekuensi yang disebabkan jika *error* tersebut terjadi.

Jika sebuah *error* terjadi, maka perlu adanya tindakan *recovery* (pemulihan) keadaan agar proses berjalan normal kembali. Pada *error* yang diprediksi, maka dilakukan juga penentuan *ordinal probability* (P) dan *critically of error* (C). *Ordinal probability* dibagi menjadi 3 (tiga) bagian, yaitu:

1. *Low* (L) dimana potensi *human error* merupakan kejadian yang hampir tidak pernah terjadi (0).
2. *Medium* (M) dimana potensi *human error* merupakan kejadian yang dapat terjadi antara 1-2 kali.
3. *High* (H) yaitu potensi *human error* yang sering terjadi (>2 kali).

Sedangkan *critically of error* dibagi menjadi 3 (tiga) kategori yang merupakan implikasi dari konsekuensi yang telah dijabarkan sebelumnya. Kategori tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Kategori *Critically of Error*

No.	Pertimbangan Dampak			<i>Criticality of Error</i>
	Kualitas <i>Part</i> dan Pelaksanaan Proses Produksi	Penundaan Waktu Produksi	Keselamatan Kerja	
1	Tidak terjadi <i>error</i>			Low (L)
2	Tidak berdampak	Tidak tertunda	Tidak membahayakan	
3	Tidak berdampak	Tertunda namun dapat ditoleransi	Cukup membahayakan	Medium (M)
4	Tidak berdampak	Tidak tertunda	Cukup membahayakan	
5	Cukup berdampak	Tidak tertunda	Tidak membahayakan	
6	Cukup berdampak	Tertunda namun dapat ditoleransi	Tidak membahayakan	
7	Cukup berdampak	Tertunda namun dapat ditoleransi	Tidak membahayakan	
8	Cukup berdampak	Tidak tertunda	Cukup membahayakan	
9	Tidak berdampak	Penundaan tidak dapat ditoleransi	Tidak membahayakan	High (H)
10	Tidak berdampak	Penundaan tidak dapat ditoleransi	Sangat membahayakan	
11	Tidak berdampak	Tidak tertunda	Sangat membahayakan	
12	Cukup berdampak	Penundaan tidak dapat ditoleransi	Cukup membahayakan	
13	Cukup berdampak	Tertunda namun dapat ditoleransi	Cukup membahayakan	
14	Cukup berdampak	Tertunda namun dapat ditoleransi	Sangat membahayakan	
15	Cukup berdampak	Penundaan tidak dapat ditoleransi	Sangat membahayakan	
16	Sangat berdampak	Penundaan tidak dapat ditoleransi	Tidak membahayakan	
17	Sangat berdampak	Penundaan tidak dapat ditoleransi	Cukup membahayakan	
18	Sangat berdampak	Tertunda namun dapat ditoleransi	Cukup membahayakan	
19	Sangat berdampak	Tidak tertunda	Sangat membahayakan	
20	Sangat berdampak	Tertunda namun dapat ditoleransi	Sangat membahayakan	
21	Sangat berdampak	Penundaan tidak dapat ditoleransi	Sangat membahayakan	

Sumber: Stanton (2005)

Dalam menentukan *critically of error*, maka perlu adanya pertimbangan-pertimbangan yang dilakukan, yaitu sebagai berikut:

1. Dampak pada kualitas *part* yang dihasilkan dipertimbangkan apabila *task* yang diprediksi berpotensi *human error* dan memberikan dampak secara kualitas. Kualitas yang baik dapat dilihat dari derajat pembengkokan pipa, kekuatan material (mudah retak atau tidak), dan hasil las. Beberapa *task* yang terkait adalah sebagai berikut:

- a. Proses *bending* (pembengkokan pipa).
 - b. Proses *welding* atau las.
2. Dampak penundaan waktu proses produksi dipertimbangkan apabila *task* yang diprediksi berpotensi *human error* dan berdampak pada produktivitas pabrik. Beberapa *task* yang terkait adalah sebagai berikut:
 - a. Proses yang terkait dengan penanganan mesin yang rusak.
 - b. Proses yang terkait dengan terlambatnya kedatangan material dari satu *workshop* ke *workshop* yang berikutnya.
 - c. Proses yang terkait dengan *material handling* yang berhenti atau tidak dapat digunakan.
 3. Dampak keselamatan pekerja dipertimbangkan apabila *task* yang diprediksi berpotensi *human error* dan memberikan dampak keamanan, keselamatan, dan kesehatan para pekerja. Beberapa *task* yang terkait adalah sebagai berikut:
 - a. Proses yang dapat mengganggu kenyamanan lingkungan kerja seperti tata letak mesin, penataan material-material yang sedang dikerjakan.
 - b. Aktivitas yang terkait dengan penggunaan alat pelindung diri seperti masker, kacamata, *helm*, sarung tangan, dan *earplug*.
 - c. Aktivitas yang dapat mencederai akibat ketidakpatuhan terhadap prosedur kerja.

Pengolahan SHERPA dilakukan pada masing-masing kombinasi antara *part* dan *workshop*. Terdapat 10 (sepuluh) kolom pada pengolahan SHERPA, yaitu nomor *task* (nomor *bottom task level* pada HTA), *task* (deskripsi tugas yang dilakukan operator pada *bottom task*), *mode error* (kode *error* pada klasifikasi taksonomi *error*), deskripsi *mode error* (penjelasan *mode error* pada masing-masing *task*), potensi *error* (kemungkinan *error* yang terjadi pada masing-masing *task*), konsekuensi (penjelasan tentang dampak yang diakibatkan oleh terjadinya *error*), *recovery* (pemulihan yang diberikan jika *error* terjadi), *ordinal probability* (probabilitas terjadinya *error* dengan memberi tanda *Low* (L), *Medium* (M), dan *High* (H)), *critically of error*, (dampak apabila kondisi *error* terjadi, yang dibagi menjadi *Low* (L), *Medium* (M), dan *High* (H)), *remedy* (analisis perbaikan yang dapat diberikan untuk mengurangi potensi terjadinya *human error*). Pengolahan SHERPA P1W1 ditunjukkan pada Tabel 4.3 dan lainnya dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 4.3 SHERPA Proses Pembuatan *Boiler Drum, Workshop Preparation (P1W1)*

<i>No. task</i>	<i>Task</i>	<i>Mode Error</i>	<i>Deskripsi Mode Error</i>	<i>Potensi Error</i>	<i>Konsekuensi</i>	<i>Recovery</i>	<i>Prob.</i>	<i>Critically</i>	<i>Remedy (Perbaikan)</i>
1.1.	Memakai masker	A6	Pekerjaan benar pada objek yang salah	Memakai masker namun tidak melindungi pernapasan	Pernapasan terganggu karena serbuk-serbuk besi hasil <i>cutting</i> terhirup	Memakai masker dengan benar yaitu menutupi pernapasan dan mulut	H	H	Menerapkan <i>visual display</i> seperti poster tentang pentingnya menggunakan alat pelindung diri
		A8	Pekerjaan terlalaikan	Tidak menggunakan masker	Pernapasan terganggu karena serbuk-serbuk besi hasil <i>cutting</i> terhirup	Memakai masker dan menggunakannya dengan benar	H	H	Menerapkan <i>visual display</i> seperti poster tentang pentingnya menggunakan alat pelindung diri
1.2.	Memakai <i>earplug</i>	A6	Pekerjaan benar pada objek yang salah	Memakai <i>earplug</i> namun tidak menutupi pendengaran	Pendengaran terganggu karena suara mesin-mesin berat	Memakai <i>earplug</i> dengan benar dan memastikan telinga tertutupi	H	H	Menerapkan <i>visual display</i> seperti poster tentang pentingnya menggunakan alat pelindung diri
		A8	Pekerjaan terlalaikan	Tidak menggunakan <i>earplug</i>	Pendengaran terganggu karena suara mesin-mesin berat	Memakai <i>earplug</i> dan menggunakannya dengan benar	H	H	Menerapkan <i>visual display</i> seperti poster tentang pentingnya menggunakan alat pelindung diri
1.3.	Memakai <i>helm</i> pengaman	A6	Pekerjaan benar pada objek yang salah	Posisi <i>helm</i> pada kepala miring atau tidak terpasang dengan baik	Kepala dapat tertimpa jika benda berat dan tajam jatuh dari atas	Memakai <i>helm</i> pengaman dengan baik yaitu posisi tegak lurus dengan kepala	M	H	Menerapkan <i>visual display</i> seperti poster tentang pentingnya menggunakan alat pelindung diri
1.4.	Memakai sarung tangan	A8	Pekerjaan terlalaikan	Tidak menggunakan sarung tangan	Luka pada tangan akibat terkena sisa <i>cutting</i> yang tajam dan terkena material panas hasil <i>cutting</i>	Mengambil sarung tangan dan menggunakannya setiap melakukan pekerjaan	M	H	Menerapkan <i>visual display</i> seperti poster tentang pentingnya menggunakan alat pelindung diri
1.5.	Memakai kacamata	A8	Pekerjaan terlalaikan	Tidak menggunakan kacamata saat melakukan pekerjaan	Penglihatan terganggu karena serbuk-serbuk material atau debu dapat masuk ke mata	Menggunakan kacamata setiap melakukan pekerjaan dan menggunakannya dengan benar	M	H	Menerapkan <i>visual display</i> seperti poster tentang pentingnya menggunakan alat pelindung diri

Tabel 4.3 SHERPA Proses Pembuatan *Boiler Drum, Workshop Preparation (P1W1)* (Lanjutan)

<i>No. task</i>	<i>Task</i>	<i>Mode Error</i>	<i>Deskripsi Mode Error</i>	<i>Potensi Error</i>	<i>Konsekuensi</i>	<i>Recovery</i>	<i>Prob.</i>	<i>Critically</i>	<i>Remedy (Perbaikan)</i>
2.	Mengambil material dari gudang	S2	Salah penyeleksian	Mengambil material yang tidak sesuai tertera pada <i>drawing</i> akibat konsentrasi kurang	Penundaan waktu untuk melakukan proses berikutnya; material yang salah akan sempat dikerjakan	Kembali ke gudang dan mengambil material yang benar	M	M	<i>Labeling</i> (membuat label) nama yang sama pada <i>list</i> material yang dibutuhkan dengan label nama material di gudang
3.1.	Menyiapkan <i>drawing</i>	S2	Salah penyeleksian	Menyiapkan <i>drawing</i> yang lain yang sebenarnya sedang tidak dikerjakan	Terjadi salah pengerjaan karena mengerjakan pekerjaan yang seharusnya tidak dikerjakan	Menyeleksi kembali <i>drawing</i> yang dibutuhkan	L	M	Menerapkan prinsip 5S (<i>seiton</i> = rapi) yaitu memilah-milah <i>drawing</i> yang sudah dikerjakan, sedang dikerjakan atau belum dikerjakan
3.2.	Menyiapkan kapur besi	A1	Pekerjaan terlalu lama	Kapur besi sulit ditemukan karena tempat yang tidak teratur	Penundaan waktu proses <i>marking</i> karena memakan waktu untuk mencari	Kembali ke <i>task</i> 3.2.	M	M	Menerapkan prinsip 5S (<i>seiton</i> = rapi) dalam menyusun peralatan-peralatan pekerjaan
3.3.	Menyiapkan alat pengukur	A1	Pekerjaan terlalu lama	Alat ukur sulit ditemukan karena tempat yang tidak teratur	Penundaan waktu proses <i>marking</i> karena memakan waktu untuk mencari	Kembali ke <i>task</i> 3.3	M	M	Menerapkan prinsip 5S (<i>seiton</i> = rapi) dalam menyusun peralatan-peralatan pekerjaan
4.	<i>Marking</i>	R2	Informasi yang tidak sesuai	Tidak teliti membaca satuan ukuran pada <i>drawing</i>	Ukuran material tidak sesuai <i>drawing</i>	Menghapus bekas <i>marking</i> sebelumnya dan mengganti dengan yang benar	M	M	Membuat index yang berisi tentang satuan-satuan yang digunakan per bagian atau <i>part</i> pada <i>drawing</i>
5.1.	Menyiapkan <i>drawing</i>	S2	Salah penyeleksian	Menyiapkan <i>drawing</i> yang lain yang sebenarnya sedang tidak dikerjakan	Terjadi salah pengerjaan karena mengerjakan pekerjaan yang seharusnya tidak dikerjakan	Menyeleksi kembali <i>drawing</i> yang dibutuhkan	L	M	Menerapkan prinsip 5S (<i>seiton</i> = rapi) yaitu memilah-milah <i>drawing</i> yang sudah dikerjakan, sedang dikerjakan atau belum dikerjakan

Tabel 4.3 SHERPA Proses Pembuatan *Boiler Drum, Workshop Preparation (P1W1)* (Lanjutan)

<i>No. task</i>	<i>Task</i>	<i>Mode Error</i>	<i>Deskripsi Mode Error</i>	<i>Potensi Error</i>	<i>Konsekuensi</i>	<i>Recovery</i>	<i>Prob.</i>	<i>Critically</i>	<i>Remedy (Perbaikan)</i>
5.2.1	Setting kadar gas elpiji	A8	Pekerjaan terlalaikan	Tidak mengatur kadar gas elpiji sesuai standart	Material sulit terpotong	Mengatur kadar gas elpiji sesuai standart	M	M	Menerapkan poka yoke seperti membuat indikator jika kadar gas melebihi atau masih kurang; membuat <i>visual display</i> yang berisi informasi nilai standart kadar yang digunakan
5.2.2.	Setting kadar O2	A8	Pekerjaan terlalaikan	Tidak mengatur kadar O2 sesuai standart	Potongan material tidak rata atau bergerigi kasar	Mengatur kadar O2 sesuai standart	M	M	Menerapkan poka yoke seperti membuat indikator jika kadar gas melebihi atau masih kurang; membuat <i>visual display</i> yang berisi informasi nilai standart kadar yang digunakan
5.2.3.	Setting kecepatan	A8	Pekerjaan terlalaikan	Tidak mengatur kecepatan sesuai standart	Material ada yang terpotong dan ada yang tidak terpotong	Mengatur kecepatan sesuai standart	M	M	Menerapkan poka yoke seperti membuat indikator jika kadar gas melebihi atau masih kurang; membuat <i>visual display</i> yang berisi informasi nilai standart kecepatan yang digunakan
6.	Cutting	A3	Pekerjaan dengan cara yang salah	Jarak antara <i>cutting tip</i> dan material terlalu jauh	Material tidak terpotong	Mengatur jarak yang tepat	H	M	Menerapkan poka yoke dengan cara membuat batas pergerakan <i>cutting tip</i> dengan jarak mataerial
		A3	Pekerjaan dengan cara yang salah	Jarak antara <i>cutting tip</i> dan material terlalu dekat	Material yang sudah terpotong menempel kembali; <i>cutting tip</i> rusak	Mengatur jarak yang tepat	H	M	Menerapkan poka yoke dengan cara membuat batas pergerakan <i>cutting tip</i> dengan jarak mataerial
7.1.	Menyiapkan <i>drawing</i>	S2	Salah penyeleksian	Menyiapkan <i>drawing</i> yang lain yang sebenarnya sedang tidak dikerjakan	Terjadi salah pengerjaan karena mengerjakan pekerjaan yang seharusnya tidak dikerjakan	Menyeleksi kembali <i>drawing</i> yang dibutuhkan	L	M	Menerapkan prinsip 5S (<i>seiton</i> = rapi) yaitu memilah-milah <i>drawing</i> yang sudah dikerjakan, sedang dikerjakan atau belum dikerjakan
7.2.	Setting mata bor	A3	Pekerjaan dengan cara atau jalan yang salah	Penggunaan jenis-jenis mata bor tidak sesuai prosedur atau urutannya	<i>Hole</i> (lubang) yang dihasilkan tidak rata sehingga tidak sesuai <i>drawing</i>	Mengatur kembali urutan penggunaan jenis-jenis mata bor	L	H	Membuat papan informasi pada seksi <i>drilling</i> yang berisi urutan-urutan penggunaan jenis mata bor

Tabel 4.3 SHERPA Proses Pembuatan *Boiler Drum, Workshop Preparation (P1W1)* (Lanjutan)

<i>No. task</i>	<i>Task</i>	<i>Mode Error</i>	<i>Deskripsi Mode Error</i>	<i>Potensi Error</i>	<i>Konsekuensi</i>	<i>Recovery</i>	<i>Prob.</i>	<i>Critically</i>	<i>Remedy (Perbaikan)</i>
8.	<i>Drilling tube hole</i>	A8	Pekerjaan terlalaikan	Operator tidak teliti mengatur jarak antara <i>center hole</i> dan mata bor	Diameter masing-masing <i>hole</i> tidak seragam sehingga jarak terlihat bergelombang	Mengganti dengan material yang baru	M	H	Membuat penitik yang lebih jelas pada material saat <i>marking</i>
		A8	Pekerjaan terlalaikan	Operator kurang teliti memperhatikan tanda <i>hole</i> yang sudah dibuat	Diameter masing-masing <i>hole</i> tidak seragam sehingga jarak terlihat bergelombang	Mengganti dengan material yang baru	M	H	Membuat penitik yang lebih jelas pada material saat <i>marking</i>
9.1.	Pengecekan <i>part</i> secara keseluruhan	C1	Pengecekan terlalaikan	Tidak melakukan pengecekan akhir pada <i>part</i> yang sudah di <i>cutting</i>	<i>Workshop</i> berikutnya akan mengerjakan material yang belum sempurna	Melakukan pengecekan sampai selesai	M	M	Pengawasan terjadwal oleh <i>supervisor</i> pada setiap akhir proses pengerjaan dan membuat <i>check list</i> proses pengecekan
		C2	Pengecekan tidak terselesaikan	Pengecekan tidak dilakukan sampai selesai	<i>Workshop</i> berikutnya akan mengerjakan material yang	Melakukan pengecekan sampai selesai	M	M	Pengawasan terjadwal oleh <i>supervisor</i> pada setiap akhir proses pengerjaan dan membuat <i>check list</i> proses pengecekan

Pada tabel pengolahan SHERPA terdapat 24 potensi *error* pada P1W1, 12 potensi *error* pada P1W2, 16 potensi *error* pada P1W3, 13 potensi *error* pada P1W4 25 potensi *error* pada P2W1, 12 potensi *error* pada P2W2, 16 potensi *error* pada P2W3, 13 potensi *error* pada P2W4. Sehingga terdapat 131 total potensi *human error* yang mungkin terjadi pada proses pembuatan *pressure part* yaitu *boiler drum* dan *water tube*. Berdasarkan potensi *human error* yang telah diprediksi, maka *mode error* yang terdapat pada tabel SHERPA dapat diklasifikasikan, yaitu sebagai berikut:

1. *Action*
2. *Checking*
3. *Selection*
4. *Retrieval*

Tabel 4.4 Frekuensi *Mode Error*

<i>Mode Error</i>	P1W1	P2W1	P1W2	P2W2	P1W3	P2W3	P1W4	P2W4	Jumlah <i>Error</i>	Persentase
A1	2	2	0	0	1	1	0	0	6	4,58%
A3	3	2	1	1	2	2	2	2	15	11,45%
A6	3	3	4	4	4	4	3	3	28	21,37%
A8	9	10	5	5	7	7	5	5	53	40,46%
A9	0	1	0	0	0	0	1	1	3	2,29%
C1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	6,11%
C2	1	1	1	1	1	1	1	1	8	6,11%
S2	4	4	0	0	0	0	0	0	8	6,11%
R2	1	1	0	0	0	0	0	0	2	1,52%
Total	24	25	12	12	16	16	13	13	131	100%

Berdasarkan hasil tabel SHERPA, *mode error* didominasi oleh *action* sebesar 80,15 % dibandingkan *checking* sebesar 12,22%, *selection* sebesar 6,11 %, dan *retrieval* sebesar 1,52%. Hal ini menunjukkan bahwa potensi *error* dapat terjadi disebabkan oleh tindakan-tindakan para pekerja yang tidak memahami prosedur kerja sehingga melakukan pekerjaan dengan cara yang salah. Selain itu potensi *error* juga dapat terjadi karena adanya pekerja yang kurang bertanggung jawab sehingga melalaikan pekerjaannya serta kesiapan operator dalam bekerja sesuai prosedur yang benar masih kurang maksimal. Sehingga dengan terjadinya hal-hal tersebut perlu dilakukan langkah-langkah untuk mengatasi seperti melakukan pengawasan oleh *supervisor* maupun oleh Kepala Departemen, melakukan *briefing* sebelum pekerjaan dimulai dan evaluasi setelah bekerja, melakukan *training* terjadwal bagi pekerja, membuat *visual display* pada mesin atau lingkungan kerja.

4.4.2.1 Kuesioner SHERPA

Indeks Sensitivitas diperoleh dengan cara membandingkan antara hasil analisis SHERPA dengan *error* yang terjadi di lapangan melalui kuesioner. Adapun penyusunan kuesioner dilakukan berdasarkan HTA yang sudah disusun sebelumnya. Berdasarkan maksud dan tujuan *signal detection paradigm* maka kuesioner akan terdiri dari jawaban Ya dan Tidak. Kuesioner yang telah disusun akan disebarakan kepada setiap karyawan yang terlibat dalam proses produksi *boiler* terutama pada *part boiler drum* dan *water tube* pada masing-masing *workshop* yang berjumlah 44 orang. Susunan pertanyaan pada kuesioner SHERPA dapat dilihat pada Lampiran 4.

4.4.2.2 Signal Detection Paradigm

Signal Detection Paradigm merupakan langkah untuk menguji keakuratan suatu prediksi *error* (Macmillan dan Creelman, 1991). Peneliti akan membandingkan *predicted error* dengan *actual error* pada masing-masing *task*. Terdapat 4 (empat) kategori kondisi (Harris, dkk. 2005), yaitu sebagai berikut:

1. *Hits*, yaitu prediksi *error* peneliti tepat terjadi sesuai dengan *actual error*.
2. *Misses*, yaitu *error* yang tidak terprediksi namun terjadi pada *actual error*.
3. *False alarms*, yaitu prediksi *error* peneliti tidak tepat dikarenakan tidak terjadi pada *actual error*.
4. *Correct rejections*, yaitu tidak ada prediksi *error* dan *actual error*.

Tabel 4.5 Matriks *Signal Detection Paradigm*

		<i>Error observed?</i>	
		<i>Yes</i>	<i>No</i>
<i>Error predicted?</i>	<i>Yes</i>	<i>Hits</i>	<i>False alarms</i>
	<i>No</i>	<i>Misses</i>	<i>Correct rejections</i>

4.4.2.3 Rekapitulasi Kuesioner SHERPA (*Hits, Misses, False Alarms, dan Correct Rejections*)

Rekapitulasi hasil penyebaran kuesioner kepada pekerja di Departemen Produksi dapat dilihat pada Lampiran 5. Berdasarkan hasil penyebaran kuesioner maka dapat dihitung jumlah masing-masing *hits, misses, false alarms, dan correct rejection*. Jumlah rekapitulasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Rekapitulasi *Signal Detection* SHERPA

Part/Workshop	Penyebaran Kuesioner		
	Error Predicted?	Error Observed?	
		Yes (Y)	No (N)
P1W1	Yes (Y)	146	120
	No (N)	4	53
P2W1	Yes (Y)	156	129
	No (N)	4	53
P1W2	Yes (Y)	27	37
	No (N)	2	6
P2W2	Yes (Y)	29	35
	No (N)	2	6
P1W3	Yes (Y)	51	48
	No (N)	2	11
P2W3	Yes (Y)	42	62
	No (N)	2	11
P1W4	Yes (Y)	13	19
	No (N)	0	4
P2W4	Yes (Y)	14	18
	No (N)	0	4

Pada tabel dapat dilihat bahwa jumlah *hits* terdapat sebanyak 478, *misses* sebanyak 16, *false alarms* sebanyak 468, dan *correct rejection* sebanyak 148. Dari hasil rekapitulasi diperoleh bahwa *hits* memiliki jumlah tertinggi yaitu 478 yang berarti prediksi *error* yang dilakukan tepat karena sesuai dengan *actual error* yang terjadi. Namun *false alarms* juga memiliki jumlah yang cukup tinggi yaitu 468 yang berarti bahwa prediksi yang dilakukan tidak terjadi pada *actual error*. Untuk mengetahui keakuratan hasil prediksi maka akan dilakukan tahap validasi. Tahap validasi dilakukan dengan menghitung Indeks Sensitivitas.

4.4.2.4 Indeks Sensitivitas (IS) SHERPA

Setelah mengetahui jumlah *hits*, *misses*, *false alarms*, dan *correct rejections* maka dapat dilakukan perhitungan Indeks Sensitivitas. Indeks Sensitivitas merupakan tingkat keakuratan prediksi *error* yang telah dilakukan. Contoh perhitungan Indeks Sensitivitas pada P1W1 (*boiler drum, preparation*) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 IS &= \frac{Hs}{Hs + Ms} + \left(1 - \frac{FAs}{FAs + CRs}\right) \\
 &= \frac{146}{146 + 4} + \left(1 - \frac{120}{120 + 53}\right) \\
 &= 0,640
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan Indeks Sensitivitas, P1W1 (*boiler drum, preparation*) memiliki nilai Indeks Sensitivitas sebesar 0,640. Hal ini merupakan nilai IS yang cukup tinggi karena hampir mendekati nilai 1, dimana jika nilai IS semakin mendekati 1 dianggap akurat dalam memprediksi *error*. Nilai IS pada P1W2, P1W3, P1W4, P2W1, P2W2, P2W3, dan P2W4 dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Indeks Sensitivitas pada Masing-masing *Part/Workshop* (SHERPA)

Part	Perhitungan				
	Hs	Ms	FAs	CRs	IS
P1W1	146	4	120	53	0,640
P2W1	156	4	129	53	0,633
P1W2	27	2	37	6	0,533
P2W2	29	2	35	6	0,541
P1W3	51	2	48	11	0,574
P2W3	42	2	62	11	0,553
P1W4	13	0	19	4	0,587
P2W4	14	0	18	4	0,591

Hasil perhitungan IS dengan menggunakan metode SHERPA menghasilkan nilai yang berbeda-beda. Nilai IS tertinggi yaitu pada P1W1 sebesar 0,640 sedangkan nilai IS terendah yaitu pada P1W2 sebesar 0,533. Adapun untuk setiap nilai IS dianggap akurat karena hampir mendekati nilai 1. Jika melihat nilai IS tertinggi yaitu P1W1 dapat dinyatakan bahwa aktivitas *preparation* pada *part boiler drum* merupakan aktivitas yang paling kritis, sehingga ketika terjadi *error* akan berdampak besar bagi hasilnya. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu adanya rasa tanggung jawab yang lebih dari setiap pekerja atas pekerjaannya masing-masing agar terhindar atau dapat meminimasi terjadinya *error*.

4.4.3 TAFEI

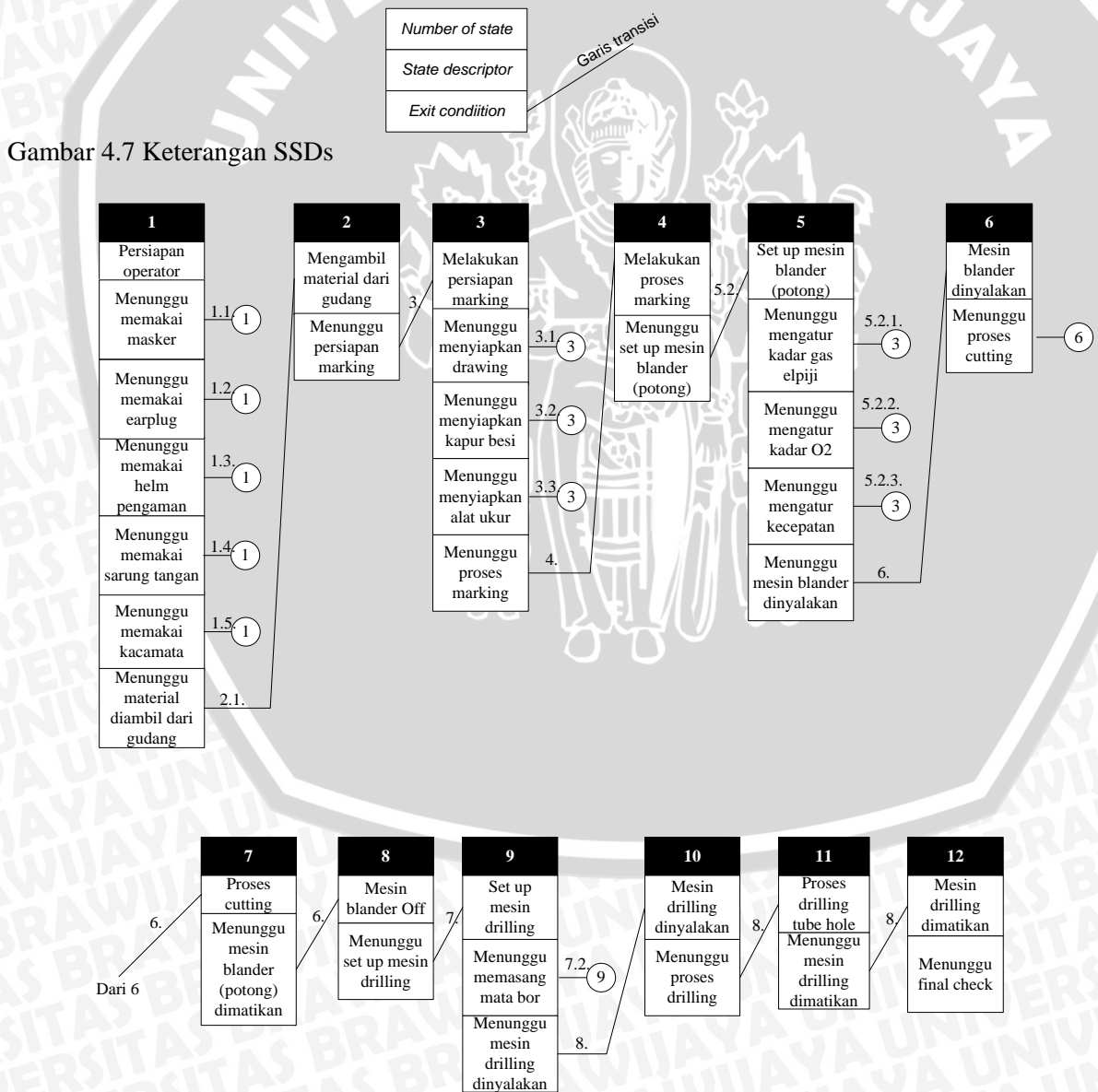
TAFEI merupakan metode yang membantu manusia untuk memprediksikan *error* dengan cara memodelkan interaksi antara *user* (manusia) dan alat/mesin yang digunakan. Metode TAFEI terdiri dari 3 (tiga) tahapan utama, yaitu:

1. Membuat HTA, yaitu memodelkan aktivitas manusia/*user* yang sudah dijabarkan pada sub bab 4.4.1.
2. Membuat SSDs (*State Space Diagrams*), yaitu memodelkan aktivitas mesin/*states* yang merupakan kumpulan keadaan yang dilalui oleh perangkat atau mesin dari keadaan awal ke keadaan tujuan.

3. Membuat matriks transisi yaitu transisi dari suatu keadaan ke keadaan lain yang berisi transisi illegal yang akan dianggap sebagai suatu *error*.

4.4.3.1 State Spaces Diagram

Pembuatan SSDs dilakukan untuk menggambarkan bagaimana suatu perangkat atau mesin bekerja. SSDs memiliki 4 (empat) komponen yang terdiri dari *number of state* yang menggambarkan urutan keadaan, *state descriptor* yaitu penjelasan dari keadaan produk, *exit condition* yaitu kemungkinan-kemungkinan yang ada yang dapat dipilih, dan garis transisi yang merupakan penghubung antara *exit condition* ke *state* yang berikutnya. SSDs pada P1W1 dapat dilihat pada Gambar 4.8 sedangkan SSDs P1W2, P1W3, P1W4, P2W1, P2W2, P2W3, dan P2W4 dapat dilihat pada Lampiran 6.



Gambar 4.8 SSDs boiler drum, preparation (P1W1)

4.4.3.2 Matriks Transisi dan Penjelasan Transisi Ilegal

Matriks transisi merupakan matriks yang menggambarkan hubungan dari sebuah keadaan menuju ke keadaan selanjutnya. Jika hubungan antara kedua keadaan tidak memungkinkan maka akan ditandai dengan strip (-), jika sebuah keadaan menuju ke keadaan selanjutnya memungkinkan dan diinginkan maka akan diberi tanda (L) yang artinya legal sedangkan jika suatu keadaan menuju ke keadaan berikutnya memungkinkan namun tidak diinginkan maka akan diberi tanda (I) yang berarti ilegal. Tabel 4.8. merupakan matriks transisi pada proses pembuatan *pressure part boiler drum* pada *workshop preparation* (P1W1), sedangkan P1W2, P1W3, P1W4, P2W1, P2W2, P2W3, dan P2W4 dapat dilihat pada Lampiran 7.

Tabel 4.8 Matriks Transisi *Boiler Drum, Preparation* (P1W1)

To From	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	-	L	L	-	L	I	I	-	L	-	-	-
2	I	-	L	I	L	-	-	-	L	-	-	-
3	I	L	-	L	L	I	-	-	L	-	-	-
4	I	-	-	-	L	-	-	-	L	-	-	-
5	I	-	L	L	-	L	-	-	L	-	-	-
6	I	-	-	-	I	-	L	L	L	-	-	-
7	I	-	-	-	-	-	-	L	L	-	-	-
8	-	-	-	-	-	L	-	-	L	-	-	-
9	I	-	-	-	-	-	-	-	-	L	L	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	L	L
11	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	L
12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	L	-	-

Penjelasan transisi ilegal berisi transisi-transisi yang memungkinkan untuk terjadi namun tidak diharapkan. Karena hal tersebut tidak diinginkan maka setiap transisi yang ilegal akan dianggap sebagai *error*. Penjelasan transisi ilegal atau *error* yang terjadi pada P1W1 dapat dilihat pada Tabel 4.9, sedangkan P1W2, P1W3, P1W4, P2W1, P2W2, P2W3, dan P2W4 dapat dilihat pada Lampiran 7.

Tabel 4.9 Penjelasan Transisi Ilegal *Boiler Drum, Preparation* (P1W1)

Matriks <i>Error</i>	Keterangan <i>Error</i>
1 x 6	Operator langsung menyalakan mesin blander sebelum melakukan set up
1 x 7	Operator langsung melakukan proses cutting sebelum dilakukan marking
2 x 1	Operator tidak menggunakan alat pelindung diri saat mengambil material dari gudang
3 x 1	Operator tidak menggunakan alat pelindung diri saat melakukan persiapan marking
2 x 4	Operator tidak melakukan persiapan marking sebelum proses marking

Tabel 4.9 Penjelasan Transisi Ilegal *Boiler Drum, Preparation (P1W1)* (Lanjutan)

Matriks Error	Keterangan Error
3 x 6	Operator langsung menyalakan mesin blander sebelum melakukan set up
4 x 1	Operator tidak menggunakan alat pelindung diri saat proses marking
5 x 1	Operator tidak menggunakan alat pelindung diri saat melakukan set up mesin blander
6 x 1	Operator tidak menggunakan alat pelindung diri sementara mesin blander sudah dinyalakan dan akan melakukan proses cutting
6 x 5	Operator melakukan setting mesin blander setelah mesin dinyalakan, sementara seharusnya set up terlebih dahulu kemudian dinyalakan
7 x 1	Operator tidak menggunakan alat pelindung diri saat proses cutting
9 x 1	Operator tidak menggunakan alat pelindung diri saat set up mesin drilling terutama memasang mata bor

4.4.3.3 Kuesioner TAFEI

Metode SHERPA dan TAFEI menggunakan HTA sebagai dasar penyusunan kuesioner sehingga kuesioner yang digunakan pada SHERPA dan TAFEI adalah sama. Berdasarkan maksud dan tujuan *signal detection paradigm* maka kuesioner akan terdiri dari jawaban Ya dan Tidak. Kuesioner yang telah disusun akan disebarakan kepada setiap pekerja yang terlibat dalam proses produksi *boiler drum* dan *water tube* yang berjumlah 44 orang. Susunan pertanyaan pada kuesioner yang akan disebarakan dapat dilihat pada Lampiran 4.

4.4.3.4 Rekapitulasi Kuesioner TAFEI (*Hits, Misses, False Alarms, dan Correct Rejections*)

Rekapitulasi hasil penyebaran kuesioner kepada karyawan di Departemen Produksi dapat dilihat pada Lampiran 5. Berdasarkan hasil penyebaran kuesioner maka dapat dihitung jumlah masing *hits, misses, false alarms, dan correct rejection*. Jumlah rekapitulasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Rekapitulasi *Signal Detection* TAFEI

<i>Part/Workshop</i>	<i>Penyebaran Kuesioner</i>		
	<i>Error Predicted?</i>	<i>Error Observed?</i>	
		<i>Yes (Y)</i>	<i>No (N)</i>
P1W1	<i>Yes (Y)</i>	70	63
	<i>No (N)</i>	80	110
P2W1	<i>Yes (Y)</i>	56	77
	<i>No (N)</i>	104	105
P1W2	<i>Yes (Y)</i>	14	10
	<i>No (N)</i>	31	17
P2W2	<i>Yes (Y)</i>	12	12
	<i>No (N)</i>	35	13

Tabel 4.10 Rekapitulasi *Signal Detection* TAFEI (Lanjutan)

Part/Workshop	Penyebaran Kuesioner		
	Error Predicted?	Error Observed?	
		Yes (Y)	No (N)
P1W3	Yes (Y)	20	45
	No (N)	33	19
P2W3	Yes (Y)	15	50
	No (N)	29	23
P1W4	Yes (Y)	11	13
	No (N)	2	10
P2W4	Yes (Y)	13	11
	No (N)	1	11

Pada tabel dapat dilihat bahwa jumlah *hits* terdapat sebanyak 211, *misses* sebanyak 315, *false alarms* sebanyak 308, dan *correct rejection* sebanyak 308. Dari hasil rekapitulasi diperoleh bahwa *misses* memiliki jumlah tertinggi yaitu 315. Hal ini berarti masih banyak terdapat *error* yang tidak terprediksi namun terjadi pada *actual error*. Untuk mengetahui keakuratan hasil prediksi maka akan dilakukan tahap validasi. Tahap validasi dilakukan dengan menghitung Indeks Sensitivitas.

4.4.3.5 Indeks Sensitivitas (IS) TAFEI

Setelah mengetahui jumlah *hits*, *misses*, *false alarms*, dan *correct rejection* maka dapat dilakukan penghitungan Indeks Sensitivitas. Indeks Sensitivitas merupakan tingkat keakuratan prediksi *error* yang telah dilakukan. Contoh perhitungan Indeks Sensitivitas

P1W1 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 IS &= \frac{Hs}{Hs + Ms} + \frac{FAs}{FAs + CRs} \\
 &= \frac{70}{70 + 80} + \left(1 - \frac{63}{63 + 110}\right) \\
 &= 0,551
 \end{aligned}$$

Tabel 4.11 Indeks Sensitivitas pada Masing-masing Part/Workshop (TAFEI)

Part	Perhitungan				
	Hs	Ms	FAs	CRs	IS
P1W1	70	80	63	110	0,551
P2W1	56	104	77	105	0,464
P1W2	14	31	10	17	0,471
P2W2	12	35	12	13	0,388
P1W3	20	33	45	19	0,337
P2W3	15	29	50	23	0,328
P1W4	6	2	18	10	0,554
P2W4	5	3	19	9	0,473

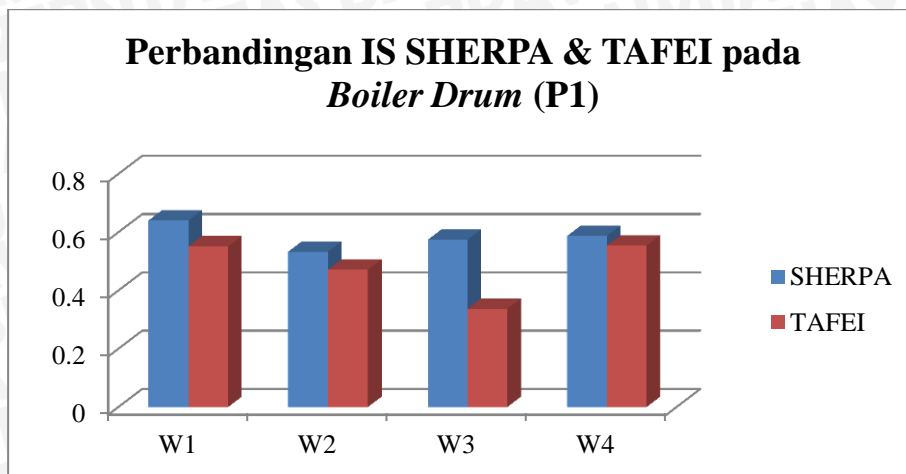
Hasil perhitungan IS dengan menggunakan metode TAFEI menghasilkan nilai yang berbeda-beda. Nilai IS tertinggi yaitu pada P1W4 sebesar 0,554 sedangkan nilai IS terendah yaitu pada P2W3 sebesar 0,328. Jika dilihat nilai IS pada TAFEI masih banyak nilai IS yang jauh dari nilai 1. Hal ini menunjukkan bahwa tingkat keakuratan TAFEI dalam memprediksi *error* masih lebih rendah dibandingkan SHERPA yang mendekati nilai 1. Namun pada aktivitas *finishing, part boiler drum* merupakan aktivitas yang paling kritis berdasarkan prediksi TAFEI yang berarti aktivitas ini merupakan aktivitas yang kritis. Untuk mengatasi hal tersebut maka perlu adanya rasa tanggung jawab yang lebih dari setiap pekerja atas pekerjaannya masing-masing agar terhindar atau dapat meminimasi terjadinya *error*.

4.5 Analisis dan Pembahasan

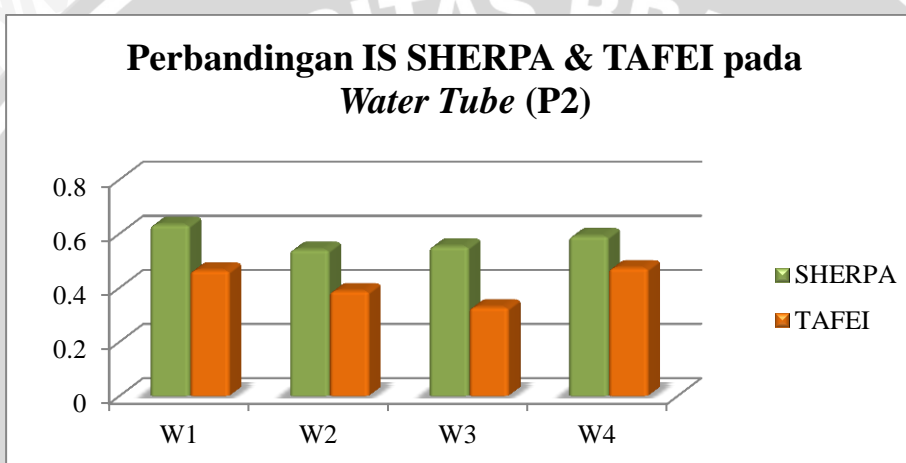
Sub bab analisis dan pembahasan terdiri dari 2 bagian. Pertama analisis terhadap perbandingan nilai IS kedua metode yaitu SHERPA dan TAFEI. Kedua adalah analisis terhadap potensi-potensi *error* yang telah diprediksi dengan menggunakan kedua metode yaitu SHERPA dan TAFEI.

4.5.1 Analisis Perbandingan IS SHERPA dan TAFEI

Indeks sensitivitas menunjukkan tingkat keakuratan metode dalam memprediksi *error*. Sehingga semakin tinggi nilai indeks sensitivitas atau semakin mendekati nilai 1 maka metode tersebut dianggap lebih akurat dan valid dalam memprediksi *error*. Sebaliknya jika nilai indeks sensitivitas lebih kecil atau mendekati 0 maka metode tersebut dianggap kurang akurat atau kurang valid dalam memprediksi *error*. Berdasarkan perhitungan indeks sensitivitas pada metode SHERPA dan TAFEI maka diperoleh perbandingan IS kedua metode seperti ditunjukkan pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11. Adapun pada masing-masing *part* nilai IS setiap *workshop* antara SHERPA dan TAFEI dibandingkan.



Gambar 4.9 Perbandingan nilai IS SHERPA & TAFEI pada *part boiler drum*



Gambar 4.10 Perbandingan nilai IS SHERPA & TAFEI pada *part water tube*

Gambar 4.10 menunjukkan bahwa nilai IS metode SHERPA *part boiler drum* pada setiap *workshop* lebih tinggi dibandingkan nilai IS metode TAFEI, demikian dengan Gambar 4.11 menunjukkan bahwa nilai IS metode SHERPA *part water tube* pada setiap *workshop* lebih tinggi dibandingkan nilai IS metode TAFEI. Hal ini menyatakan bahwa metode SHERPA memiliki sensitivitas lebih tinggi atau memiliki keakuratan yang lebih tinggi dalam memprediksi *error* dibandingkan dengan metode TAFEI.

Metode SHERPA memiliki nilai IS lebih tinggi dibandingkan metode TAFEI karena SHERPA memprediksi *error* secara detail pada masing-masing *task* yang ada pada HTA sehingga prediksi *error* yang dihasilkan juga akan semakin detail. Sementara TAFEI memiliki nilai IS yang lebih rendah dari SHERPA karena dalam memprediksi *error*, TAFEI dibatasi oleh *states* (keadaan-keadaan) yang dialami oleh mesin atau operator sehingga prediksi yang dilakukan hanya berada di dalam batasan dan terbatas hanya pada urutan prosedur kerja. Hal ini menyebabkan potensi *error* yang dihasilkan lebih sedikit daripada SHERPA.

Selain perbedaan cara dalam memprediksi *error*, kedua metode memiliki perbedaan jumlah *misses* (*error* terjadi pada *actual* namun tidak terprediksi) yang cukup signifikan, dimana jumlah *misses* pada SHERPA sebanyak 16 sedangkan *misses* pada TAFEI sebanyak 315. Hal ini menyebabkan nilai IS pada TAFEI lebih rendah daripada SHERPA karena banyak *error* yang sebenarnya terjadi tidak diprediksi oleh TAFEI. Selain itu dapat dilihat bahwa SHERPA memiliki *false alarm* yang lebih besar dari TAFEI. Sehingga berdasarkan teori dapat dibuktikan bahwa SHERPA lebih mudah *generate* atau menghasilkan banyak *false alarm* dibandingkan TAFEI.

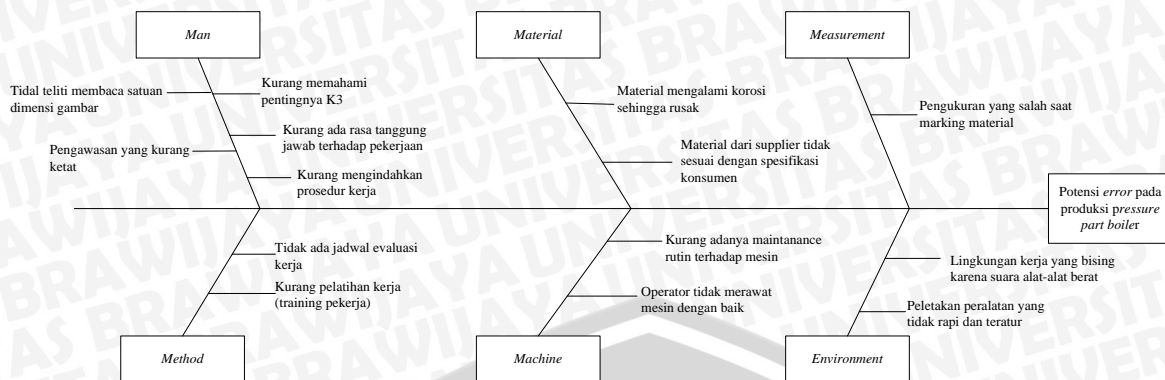
Meskipun prediksi yang dihasilkan oleh SHERPA lebih detail daripada TAFEI, namun TAFEI menghasilkan prediksi *error* yang tidak diprediksi oleh SHERPA. Hal ini karena SHERPA memiliki matriks transisi yang mampu memprediksi *error* yang berkaitan dengan urutan kerja. Sementara SHERPA tidak memprediksi *error* seperti urutan kerja. Hal ini memungkinkan penggunaan kedua metode untuk saling melengkapi saat melakukan prediksi *error* sehingga dapat dilanjutkan dengan memberikan rekomendasi perbaikan yang lebih baik.

4.5.2 Analisis Penyebab Error

Analisis penyebab *error* dilakukan berdasarkan potensi-potensi *error* yang sudah diprediksi baik pada metode SHERPA ataupun TAFEI. Adapun analisis penyebab *error* tersebut disusun berdasarkan kategori penyebab *error* menurut Sutalaksana (1979), yaitu *system induced human error*, *design induced human error*, dan *pure human error*. Namun sebelumnya dilakukan analisis secara keseluruhan dengan menggunakan *fishbone* diagram. Berikut ini merupakan analisis penyebab *error* pada produksi *pressure part boiler* WR 1100 FM.

1. *Fishbone* Diagram

Pada proses prediksi *error* dengan menggunakan metode SHERPA dan TAFEI dapat dilihat penyebab-penyebab apa saja yang memicu terjadinya suatu *error* pada proses produksi *water tube boiler* terutama *part boiler drum* dan *water tube*. Berikut ini adalah penjelasan penyebab potensi *error* yang disajikan dalam bentuk *fishbone diagram*.



Gambar 4.11 Fishbone diagram penyebab error produksi pressure part

Adapun hal-hal yang menjadi penyebab terjadinya *error* adalah sebagai berikut:

Man : Kurang memahami tentang pentingnya K3 dalam suatu pekerjaan, kurang teliti dalam melakukan suatu pekerjaan, kurang ada rasa tanggung jawab atas pekerjaan, tidak mengindahkan prosedur kerja yang sudah ditentukan, kurangnya ketelitian terhadap pekerjaan, dan pengawasan yang kurang ketat.

Material : Adanya material yang tidak sesuai dengan spesifikasi konsumen sehingga harus dikembalikan kepada *supplier*, material mengalami kerusakan karena mengalami korosi.

Measurement : Adanya pengukuran yang salah karena pekerja tidak teliti membaca dimensi pada *drawing* sehingga material yang ditandai tidak sesuai dengan *drawing*

Method : Adanya kesalahan yaitu tidak mengikuti urutan prosedur kerja yang sudah ditentukan, serta kurang adanya pelatihan kerja atau *training* bagi pekerja.

Machine : Masih ada mesin yang sering rusak karena kurangnya *maintanance* yang rutin, serta operator kurang merawat mesin yang digunakan, mesin yang sudah tua

Environment : Lingkungan kerja yang bising karena suara alat-alat berat yang digunakan, serta kondisi yang tidak rapi dan tertaur karena peralatan yang berserakan.

2. System Induced Human Error

System induced human error yaitu dimana mekanisme suatu sistem memungkinkan manusia untuk melakukan kesalahan seperti manajemen yang tidak menerapkan disiplin secara baik dan ketat. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan sistem pabrik yang berpengaruh terhadap terjadinya *error* di lapangan adalah sebagai berikut:

- Pengawasan oleh *supervisor* kurang ketat terhadap setiap hasil pekerjaan para pekerja atau kadang-kadang tidak melakukan pengecekan terhadap pekerjaan yang sudah selesai dan langsung mengirimkan ke *workshop* berikutnya.
- Pengetahuan pekerja tentang tugas dan tanggung jawab masing-masing masih kurang karena kurang ada pelatihan (*training*) oleh pihak manajemen.

- c. Pengawasan oleh *supervisor Safety and Health* tentang menggunakan alat pelindung diri masih kurang maksimal, sehingga ada pekerja yang tidak menggunakan alat pelindung diri dan akan memakainya setelah ada teguran.
- d. Penyampaian informasi dari pihak *quality control* mengenai penyebab cacat kurang tersampaikan karena hanya dicatat pada Laporan Ketidaksesuaian Produk namun tidak ada evaluasi pekerjaan.

3. *Design Induced Human Error*

Design induced human error yaitu terjadinya kesalahan akibat perancangan atau desain sistem kerja yang kurang baik. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan desain di pabrik yang berpengaruh terhadap terjadinya *error* di lapangan adalah sebagai berikut:

- a. Mesin-mesin sering rusak karena sudah berumur tua seperti mesin gerinda dan mesin *bending* namun tidak ada perawatan rutin dari pihak *maintanance*.
- b. Terdapat medan kerja yang terbatas saat pengelasan. Misal pengelasan di dalam *drum* membuat pekerja tidak mengetahui kondisi mesin las di luar *drum* apakah kadar CO₂ masih ada atau tidak.
- c. Peletakan peralatan-peralatan kerja yang tidak teratur dan tidak rapi (berserakan di lantai produksi).
- d. Tidak ada peringatan atau *visual display* di sekitar lingkungan kerja.

4. *Pure Human Error*

Pure human error merupakan kesalahan yang dilakukan murni dari dalam diri sendiri seorang pekerja. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan penyebab *error* yang murni muncul dari pekerja adalah sebagai berikut:

- a. Kurang memahami akan pentingnya K3 dalam bekerja seperti tidak menggunakan masker yang sangat berdampak terhadap kesehatan paru-paru jika menghirup serbuk besi sisa pemotongan. Selain itu tidak menggunakan sarung tangan sehingga rentan terkena sayatan material tajam dan benda panas yang dilas.
- b. Kurang menerapkan disiplin waktu. Seringkali pekerja sudah mengambil jam istirahat atau berhenti bekerja sebelum bel istirahat berbunyi dan telat bekerja sementara jam kerja sudah dimulai.
- c. Mengabaikan pekerjaan-pekerjaan yang bersifat ringan sehingga pada akhirnya pekerjaan menjadi tertumpuk.
- d. Kurang teliti saat membaca dimensi karena kurang konsentrasi atau terlibat masalah dalam keluarga.

4.5.3 Rekomendasi Perbaikan

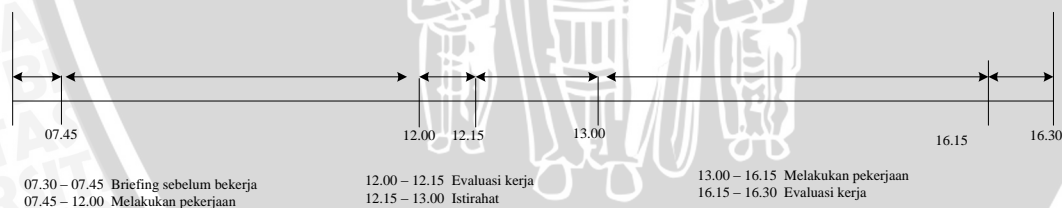
Adapun rekomendasi perbaikan dilakukan berdasarkan penyebab-penyebab *error* yang sudah dianalisis pada sub bab sebelumnya. Berikut ini merupakan rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan untuk meminimasi terjadinya potensi *human error* pada proses produksi *pressure part boiler*:

1. *System induced human error*

Rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan untuk meminimasi potensi *error* dari segi sistem yang diterapkan perusahaan adalah sebagai berikut:

a. Melakukan *briefing* dan evaluasi pekerjaan oleh *supervisor*

Pengawasan melalui *briefing* dan evaluasi kerja perlu dilakukan oleh *supervisor* pada setiap pekerjaan yang dilakukan di *workshop*-nya. Dengan adanya pengawasan yang ketat akan mengurangi terjadinya tingkat kesalahan pekerja. Misal ketika ada pekerja yang tidak mengikuti *routing sheet*, *supervisor* dapat memberikan himbauan atau teguran langsung agar kesalahan tidak terulang kembali. Selain itu *briefing* sebelum pekerjaan dilakukan dan evaluasi pekerjaan perlu dilakukan agar mengurangi tindakan *error*. Waktu *briefing* dan evaluasi masing-masing dialokasikan selama 10-15 menit. *Briefing* yang dilakukan yaitu himbauan kepada para pekerja mengenai pekerjaan yang akan dilakukan dalam waktu ke depan dan himbauan agar mengikuti prosedur kerja serta pengecekan penggunaan alat pelindung diri. Sedangkan evaluasi yang dilakukan yaitu pengecekan hasil-hasil kerja dan kesalahan yang baru dilakukan agar tidak terulang kembali. Berikut ini adalah rekomendasi atau usulan jam *briefing* dan evaluasi kerja.



Gambar 4. 12 Rancangan evaluasi kerja dan *briefing*

Briefing ataupun evaluasi dapat dimanfaatkan oleh *supervisor* masing-masing *workshop* untuk menghimbau atau mengingatkan kembali para pekerja tentang pentingnya K3. Selain itu kesempatan ini juga dapat dimanfaatkan untuk menyampaikan informasi yang diperoleh dari pihak manajemen kepada semua pekerja sehingga tidak terjadi miskomunikasi antara pihak manajemen dan jajarannya yang berada di bawahnya.

2. *Design induced human error*

Rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan pada perusahaan untuk meminimasi potensi *error* dari segi desain sistem adalah sebagai berikut:

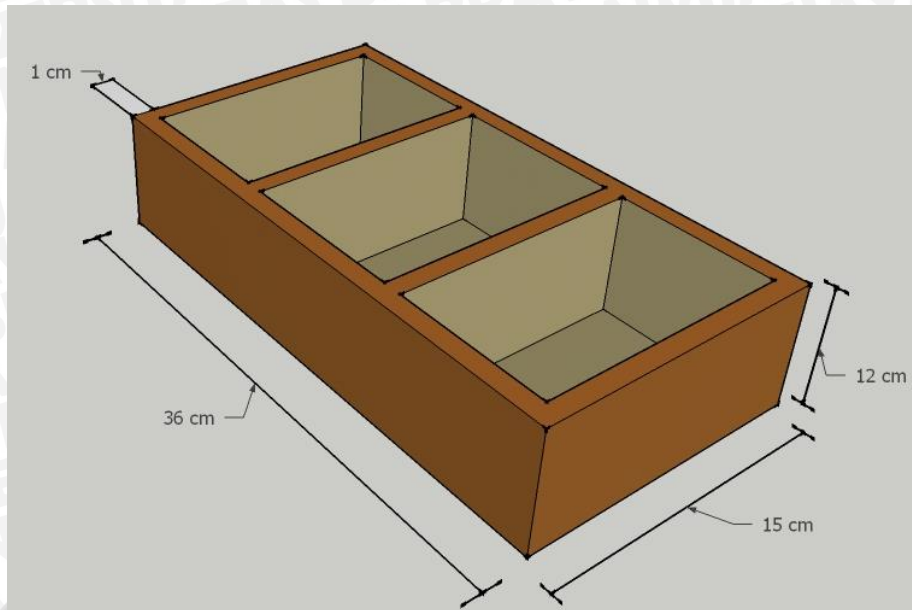
a. Penerapan sistem *poka yoke* pada mesin las (membuat indikator kadar gas CO₂)

Masalah utama yang terjadi di *workshop welding* adalah ruang terbatas pada saat pengelasan dilakukan di dalam *drum*. Ketika pengelasan dilakukan di dalam *drum*, maka pekerja akan masuk ke dalamnya sementara indikator kadar gas CO₂ tetap berada di luar *drum*. Seringkali pekerja tidak mengetahui bahwa kadar CO₂ pada mesin las sudah habis karena tidak dapat dengan leluasa untuk melihat ke luar *drum*. Sehingga untuk mengatasi ini dapat dilakukan penerapan *poka yoke* untuk mencegah terjadinya kekurangan kadar CO₂. Prinsip *poka yoke* yang direkomendasikan adalah memberi alat indikator berupa lampu pada mesin las yang berada di dalam drum yang menandakan kadar CO₂ akan habis sehingga pekerja dapat mengetahui jika kadar CO₂ akan habis dan dapat melakukan tindakan selanjutnya.

b. Penerapan prinsip 5S

Masalah lainnya yang terjadi adalah terkait tentang peletakan alat-alat yang digunakan seperti kawat las, kapur besi, alat ukur dan alat kecil lainnya yang seringkali tidak terletak pada tempatnya atau berserakan di lantai produksi. Hal ini dapat diatasi dengan menerapkan prinsip 5S (*Seiri* = Ringkas, *Seiton* = Rapi, *Seiso* = Resik, *Seiketsu* = Rawat, dan *Shitsuke* = Rajin). *Seiri*, yaitu memilah-milah barang yang masih dibutuhkan dan tidak dibutuhkan, seperti sisa-sisa material pemotongan agar dibuang. *Seiton*, yaitu menata peralatan-peralatan dengan rapi sehingga mudah untuk ditemukan. *Seiso*, yaitu menjaga kebersihan di lingkungan kerja seperti membersihkan sisa-sisa hasil pemotongan, mengembalikan peralatan ke tempatnya setelah selesai digunakan. *Seiketsu*, yaitu membiasakan diri dengan peraturan-peraturan yang sudah dibuat. *Shitsuke*, yaitu pendisiplinan agar proses pelaksanaan 4S lainnya dapat dilakukan dalam jangka waktu yang lama atau sampai seterusnya.

Berikut ini merupakan desain kotak sederhana penyimpanan peralatan di *workshop preparation (marking)*. Sehingga ketika pekerja hendak melakukan persiapan alat-alat dapat dengan mudah mengambil ke kotak yang sudah disediakan. Berikut ini adalah rekomendasi kotak untuk menyimpan peralatan kecil seperti kapur besi, alat ukur, penitik dan alat lainnya.






Gambar 4.13 Kotak menyimpan kapur besi, penitik, dan alat ukur

c. Pemberian *visual display* di lingkungan kerja

Pemberian *visual display* bertujuan untuk memberikan informasi kepada para pekerja serta untuk mengingatkan para pekerja tentang peraturan yang ada. Misalnya adalah membuat poster disekitar lingkungan kerja di masing-masing *workshop* tentang pentingnya menggunakan alat pelindung diri sebelum bekerja. Selain itu *visual display* berupa peringatan menggunakan mesin juga dapat dibuat untuk menghindari kesalahan dalam penggunaan mesin. Berikut ini contoh rekomendasi *visual display* yang dapat diterapkan di lingkungan *workshop*.

Tabel 4.12 Rekomendasi Perbaikan *Visual Display* di *Workshop*

No.	<i>Visual Display Label</i>	Pengaplikasian di Lingkungan Kerja
1.		Label ini ditempelkan di setiap dinding di masing-masing <i>workshop</i> .
2.		Label ini dipasang di gudang tempat pengambilan material.
3.		Label ini ditempelkan pada mesin-mesin yang bertegangan tinggi.

d. *Labeling* nama material yang berada di gudang

Masalah yang muncul ketika mengambil material ke gudang adalah pekerja salah mengambil material. Misalnya adalah seharusnya pekerja mengambil material A ternyata yang diambil adalah material B. Rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan adalah dengan membuat *list* nama material pada *routing sheet* sama dengan nama-nama material yang sudah tercantum pada material di gudang sehingga dapat mengurangi kesalahan pengambilan material dari gudang.

3. *Pure human error*

Rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan dari segi *pure human error* adalah sebagai berikut:

a. Penjadwalan pelatihan (*training*) bagi para pekerja

Pelatihan diadakan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai. Pelatihan dapat diadakan berdasarkan masing-masing *workshop*. Misal pelatihan untuk *workshop preparation*, *assembly* dan *finishing* dapat diadakan 1 kali dalam sebulan dengan tujuan untuk mengingatkan kembali para pekerja. Sedangkan *workshop welding* dapat mengadakan pelatihan 1 kali dalam 3 bulan atau 6 bulan karena biasanya aktivitas ini merupakan aktivitas yang membutuhkan keahlian khusus sehingga membutuhkan pelatihan khusus juga.

4. Rekomendasi metode

Menggunakan kombinasi antara SHERPA dan TAFEI dapat saling melengkapi karena dalam prediksi SHERPA terdapat *error* yang tidak diprediksi oleh TAFEI dan sebaliknya. Namun untuk penelitian yang lebih detail, metode SHERPA dan TAFEI dapat dikombinasikan dengan metode lain seperti HEART (*Human Error Assesment and Reduction Technique*) dan metode SPAR-H (*Standardized Plant and Risk Human Reliability Assesment*). Adapun penggunaan metode digunakan untuk mengukur keandalan manusia sehingga dihasilkan nilai *human error probabilities*.