

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dibahas mengenai metode yang digunakan dalam penelitian dan juga teori yang menunjang penelitian. Tinjauan pustaka yang dibahas antara lain tentang *reliability*, *Human Reliability Assessment (HRA)*, analisis *task*, *identifikasi error*, *probabilitas*, dan teori pendukung lain yang diperlukan untuk memecahkan masalah yang dihadapi.

2.1 PENELITIAN TERDAHULU

Dari penelitian yang sebelumnya mengenai hasil *human error* yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Harahap (2012) melakukan penelitian pada perusahaan *consumer goods* penghasil susu bayi terbesar di Indonesia. Pada Januari 2012 terjadi kecelakaan berat pada mesin *conveyor* disebabkan oleh *human error*. Pada penelitian ini menggunakan metode *Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART)* dan metode *Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment (SPAR-H)*. Hasil dari penelitian dengan menggunakan metode HEART di area *mixing* memiliki resiko kecelakaan kerja terbesar dengan HEP 0,133. Hasil dengan menggunakan metode SPAR-H resiko terbesar terjadi pada area *transfer material* dengan HEP 0,112.
2. Arifin, Partiw, Rahman (2013) melakukan penelitian pada administrasi obat di rumah sakit haji yang bertujuan untuk mengembangkan *software games* pengukuran keandalan manusia, melakukan simulasi pengukuran keandalan manusia agar mengetahui waktu kritis *shift* jaga, dan memberikan solusi untuk mengurangi terjadinya *human error* di rumah sakit. Penyelesaian masalah dalam penelitian ini dilakukan melalui *Human Reliability Analysis (HRA)* dengan Metode *Hierarchical Task Analysis (HTA)*, Metode *Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach (SHERPA)* serta Metode *Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART)*. Dari penelitian ini, dihasilkan rancangan *software games* pengukuran keandalan manusia yang sudah merepresentasikan kondisi sebenarnya. *Software games* tersebut memiliki batasan *human reliability* sebesar 0,930326873. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa 59% *human error* yang terjadi merupakan jenis *error retrieval* yaitu tidak adanya

informasi yang didapatkan dan 78% *human error* yang terjadi disebabkan oleh ketidaksesuaian prosedur. Perbaikan yang dapat dilakukan yaitu dengan menggunakan *check list*, *monitoring*, dan evaluasi terhadap setiap aktivitas.

Dalam penelitian ini akan dilakukan pada proses pemotongan dan pengelasan pada CV. Dharma Kencana untuk menganalisis dan mengukur *human error* operator mesin las listrik menggunakan *Human Reliability Assessment* (HRA). Didalamnya digunakan dua metode yaitu metode *Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART) dan metode *Systematic Human Error Reduction And Prediction Approach* (SHERPA). Metode HEART dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui nilai dari *Human Error Probability* (HEP), yang berarti probabilitas operator mesin las listrik melakukan kesalahan hingga dapat diketahui besaran *human error* yang diakibatkan oleh operator mesin las listrik. Metode SHERPA dalam penelitian ini merupakan tahap untuk identifikasi dan analisis *human error* yang mungkin telah terjadi *error* dari operator mesin las listrik yang menjalankan tugas-tugas dari perusahaan serta menentukan tingkat kekritisan dari tiap-tiap kategori yang telah ada. Dalam penelitian ini memakai metode pendukung yaitu *fishbone diagram* untuk menggambarkan secara detail semua sebab akibat pada operator mesin las listrik yang memiliki nilai *human error probability* (HEP) cukup tinggi dan tingkat kekritisan pada kategori *high*, agar nantinya dapat memberikan solusi terhadap perusahaan untuk mengurangi *human error*. Untuk lebih menjelaskan perbandingan penelitian ini dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Perbandingan penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu

| No | Nama penelitian | Judul penelitian | Objek | Tools |
|----|--|--|--|------------------------------|
| 1. | Farid Akbar Harahap (2012) | <i>Reliability Assessment</i> sebagai upaya pengukuran <i>human error</i> dalam penerapan kecelakaan kerja | Penelitian pada pabrik susu bayi di Jakarta dengan mengevaluasi potensi <i>human error</i> pada proses produksi | HTA / HEART SPAR-H FTA |
| 2. | Johan Arifin, Sri Pertiwi, Arief Rahman (2013) | Perancangan alat ukur <i>Human Reliability Analysis</i> (HRA) pada proses administrasi obat dirumah sakit haji | Menggunakan <i>software games</i> untuk mengurangi terjadinya <i>human error</i> di rumah sakit pada <i>shift</i> jaga | HTA / HEART SHERPA |

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu

| No | Nama penelitian | Judul penelitian | Objek | Tools |
|----|-----------------|--|---|--|
| 3. | Penelitian ini | Analisis pengukuran <i>human error</i> operator mesin las listrik menggunakan pendekatan <i>Human Reliability Assessment</i> | Mengetahui dan mengurangi <i>human error</i> yang terjadi pada proses pemotongan dan pengelasan pada CV. Dharma Kencana | HTA / HEART SHERPA <i>Fishbone diagram</i> |

2.2. FAKTOR-FAKTOR BERHUBUNGAN DENGAN KECELAKAAN KERJA

Menurut Eva Hernawati (2007) ada beberapa faktor dari karakteristik pekerja. Faktor yang berhubungan dengan *human error* diantaranya faktor kerja, faktor pekerjaan dan faktor lingkungan. Faktor-faktor tersebut akan dijelaskan secara rinci yaitu sebagai berikut:

1. Faktor Pekerja

a. Umur

Umur mempunyai pengaruh yang penting terhadap kejadian kecelakaan akibat kerja. Golongan umur tua mempunyai kecenderungan yang lebih tinggi untuk mengalami kecelakaan akibat kerja dibandingkan dengan golongan umur muda dikarenakan umur muda mempunyai reaksi dan kegesitan yang lebih tinggi. Namun umur muda pun sering pula mengalami kasus kecelakaan akibat kerja, hal ini dikarenakan kecerobohan dan sikap suka tergesa-gesa.

b. Tingkat Pendidikan

Pendidikan seseorang berpengaruh dalam pola pikir seseorang dalam menghadapi pekerjaan yang dipercayakan kepadanya, selain itu pendidikan juga akan mempengaruhi tingkat melalui tingkat penyerapan terhadap pelatihan untuk melaksanakan pekerjaan dan keselamatan kerja. Hubungan tingkat pendidikan dengan lapangan yang tersedia bahwa pekerja dengan tingkat pendidikan rendah, seperti sekolah dasar atau bahkan tidak pernah sekolah akan bekerja di lapangan yang mengandalkan fisik. Hal ini dapat mempengaruhi terjadinya kecelakaan kerja karena beban fisik yang dapat mengakibatkan kelelahan yang merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi terjadinya kecelakaan akibat kerja.

c. Masa Kerja

Masa kerja merupakan faktor pengalaman kerja terhadap tingkat kecelakaan dan pengetahuan tentang aktivitas yang dikerjakan. Kurangnya pengalaman dalam pekerjaan dapat menjelaskan mengapa *frekuensi* kecelakaan relatif tinggi pada pekerjaan, karena itu pengalaman kerja merupakan faktor yang mungkin dapat mempengaruhi terjadinya kecelakaan akibat kerja. Kewaspadaan terhadap kecelakaan akibat kerja bertambah baik sejalan dengan penambahan usia dan lamanya kerja di tempat kerja yang bersangkutan.

d. Jenis Kelamin

Jenis kelamin juga mempengaruhi terjadinya kecelakaan. Pekerja pria dan wanita mempunyai perbedaan secara fisiologis dan psikologis. Antara pekerja pria dan wanita memiliki perbedaan dalam daya tahan, ukuran tubuh, postur tubuh yang dapat mempengaruhi cara kerja.

2. Faktor Pekerjaan

a. Giliran Kerja (*Shift*)

Giliran kerja adalah pembagian kerja dalam waktu 24 jam. Terdapat dua masalah utama pada pekerja yang bekerja secara bergiliran, yaitu ketidakmampuan pekerja untuk beradaptasi dengan sistem *shift* dan ketidakmampuan pekerja untuk beradaptasi dengan kerja pada malam hari dan tidur pada siang hari. Pergeseran waktu kerja dari pagi, siang dan malam hari dapat mempengaruhi terjadinya peningkatan kecelakaan akibat kerja.

b. Unit Kerja

Unit kerja adalah pembagian satuan kerja di area proses maupun non proses yang masing-masing terdiri atas beberapa jenis pekerjaan. Jenis pekerjaan mempunyai pengaruh berbeda-beda terhadap resiko terjadinya kecelakaan akibat kerja tergantung jenis kerja dan tempat kerjanya.

c. Jam Kerja

Memperpendek jam kerja dapat meningkatkan produktivitas setiap jam kerja, sebaliknya dengan memperpanjang jam kerja mengakibatkan kecepatan kerja menjadi turun dan berkurangnya kemampuan dalam bekerja setiap jamnya. Di Indonesia peraturan tentang lama kerja dan *shift* kerja terdapat dalam peraturan Menteri Tenaga Kerja RI No.Per.06/Men/1993 tentang waktu kerja 5 hari selama seminggu dan 8 jam selama sehari.

3. Faktor Lingkungan

a. Faktor Fisik

1) Pencahayaan

Pencahayaan merupakan suatu aspek lingkungan fisik yang penting bagi keselamatan kerja. Pencahayaan yang tepat dan sesuai dengan pekerjaan akan dapat menghasilkan produksi yang maksimal dan dapat mengurangi terjadinya kecelakaan akibat kerja.

2) Kebisingan

Kebisingan sangat berpengaruh terhadap kegiatan produksi karena kebisingan dapat menimbulkan gangguan perasaan, gangguan komunikasi antar pekerja dan gangguan kesehatan. Nilai ambang batas kebisingan adalah 85 dBA untuk 8 jam kerja sehari atau 40 jam kerja dalam seminggu.

3) Suhu

Suhu juga sangat berpengaruh terhadap kinerja para karyawan. Bagi orang Indonesia suhu yang nyaman untuk bekerja antara 24°C – 26°C . Suhu yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menyebabkan perasaan mengantuk, cepat lelah sehingga berkurangnya konsentrasi karyawan dalam bekerja yang dapat mengakibatkan kecelakaan.

b. Faktor Kimia

Faktor kimia merupakan salah satu faktor yang menyebabkan kecelakaan kerja. Faktor tersebut dapat berupa bahan baku suatu produk, hasil suatu produksi dari suatu proses produksi yang tidak ditempatkan pada tempat yang semestinya agar tidak menyebabkan terjadinya kecelakaan kerja.

c. Faktor Biologi

Bahaya biologi disebabkan oleh jasad renik, gangguan dari serangga maupun binatang lain yang ada di tempat kerja. Berbagai macam penyakit dapat timbul seperti infeksi, alergi dan sengatan serangga maupun gigitan binatang berbisa yang dapat menyebabkan kematian.

2.3 PENGELASAN DAN PEMOTONGAN

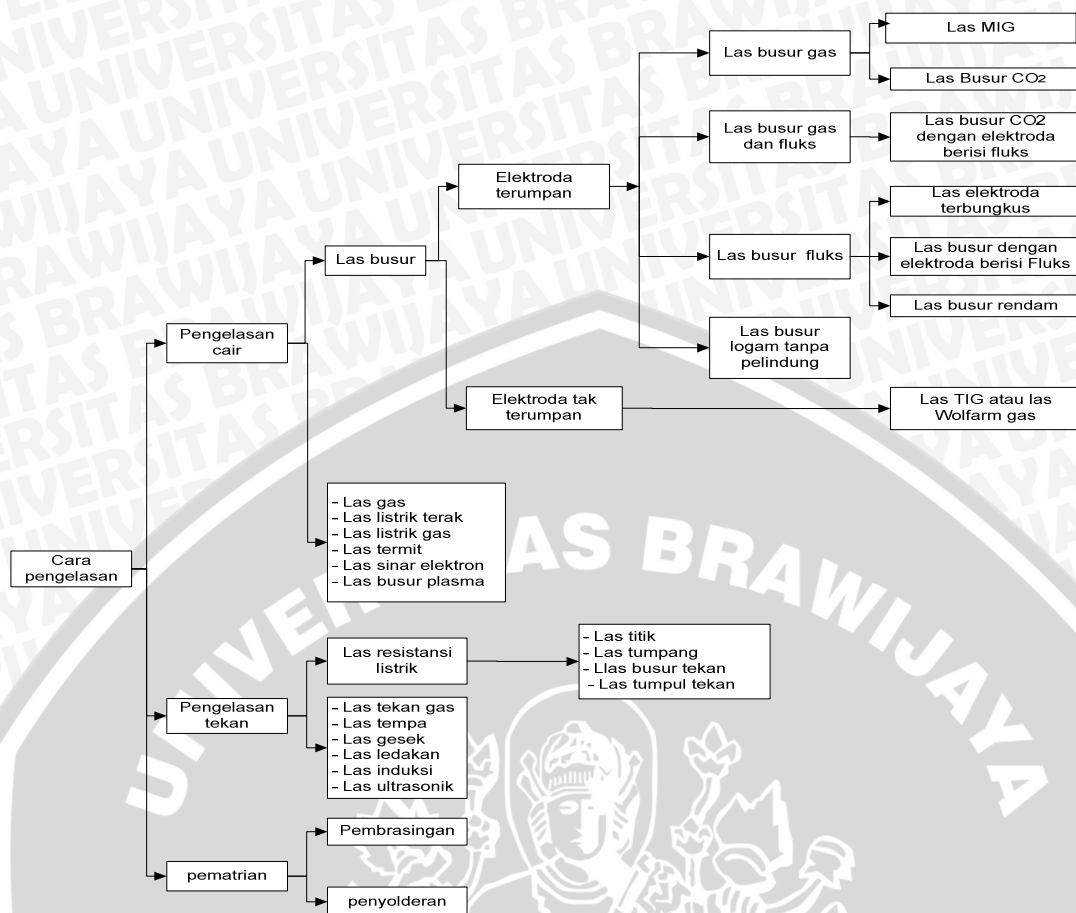
Menurut Harsono dan Toshie (1994) Pengelasan dan pemotongan merupakan pelaksanaan pekerjaan yang amat penting dalam teknologi produksi dengan bahan baku logam. Dari perkembangannya yang pesat telah banyak teknologi baru yang ditemukan, sehingga boleh dikatakan hampir tidak ada logam yang tidak dapat dipotong dan dilas pada saat ini.

2.3.1 Pengelasan dengan Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Proses penyambungan dengan cara pengelasan pada saat ini banyak sekali digunakan, hal ini dikarenakan proses penyambungan yang lebih cepat dan penyatuan sambungan lasnya lebih kuat, pada umumnya ada dua cara pengelasan, yaitu pengelasan dengan las gas dan pengelasan dengan busur listrik. Pengelasan busur listrik adalah pengelasan menggunakan pesawat las listrik (SMAW=*Shielded Metal Arc Welding*), karena proses pengelasan dengan cara demikian disamping menghasilkan sambungan yang kuat juga mudah untuk digunakan. Elektroda yang digunakan pada las SMAW berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa *fluks*, elektroda selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk, proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butiran-butiran yang terbawa arus busur listrik yang terjadi. Proses pengelasan SMAW atau yang sering disebut dengan las busur listrik adalah proses penyambungan dua buah plat (bahan metal) dengan menggunakan busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda dengan permukaan benda kerja. Untuk menyalakan busur api dapat dilakukan dengan dua cara yaitu bila menggunakan las AC maka penyalaan busur api dilakukan dengan cara menggoreskan elektroda pada benda kerja sedangkan bila menggunakan las DC maka penyalaan busur api dengan cara disentuhkan atau dihentakkan pada benda kerja. (Putri Fenoria, 2009).

Sampai saat ini banyak sekali cara pengklasifikasi yang digunakan dalam bidang las, ini disebabkan karena belum adanya kesempatan dalam hal tersebut. Secara konvensional cara-cara pengklasifikasian tersebut pada waktu ini dapat dibagi dalam kedua golongan, yaitu klasifikasi berdasarkan cara kerja dan klasifikasi berdasarkan energi yang digunakan. Klasifikasi pertama membagi las kedalam kedalam las cair, las tekan, las patri dan lain-lainnya. Sedangkan klasifikasi yang kedua membedakan adanya kelompok-kelompok seperti las listrik, las kimia, las mekanik dan seterusnya. Bila diadakan klasifikasi yang lebih terperinci lagi, maka kedua klasifikasi tersebut akan terburai dan akan terbentuk kelompok-kelompok yang banyak sekali. Diantara kedua cara klasifikasi tersebut, kelihatannya berdasarkan cara kerja lebih banyak digunakan, karena itu pengklasifikasian yang diterangkan di dalam bab ini juga didasarkan pada cara kerja (Harsono dan Toshie 1994).

Perincian lebih lanjut dari klasifikasi ini dapat dilihat dalam Gambar 2.1 Berdasarkan klasifikasi dalam tabel tersebut, beberapa cara pengelasan yang banyak dilaksanakan pada saat ini.



Gambar 2.1 Klasifikasi cara Pengelasan

(Sumber: Harsono dan Toshie, 1994)

Operator mesin las listrik CV. Dharma Kencana dalam pengerjaan pembuatan kontruksi gudang pabrik menggunakan las listrik SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*), untuk melakukan penyambungan pada bahan baja H-Beam, baja U-Beam, plat, bordes, besi pipa dan besi siku. Karena keutungan dalam menggunakan mesin las SMAW yaitu:

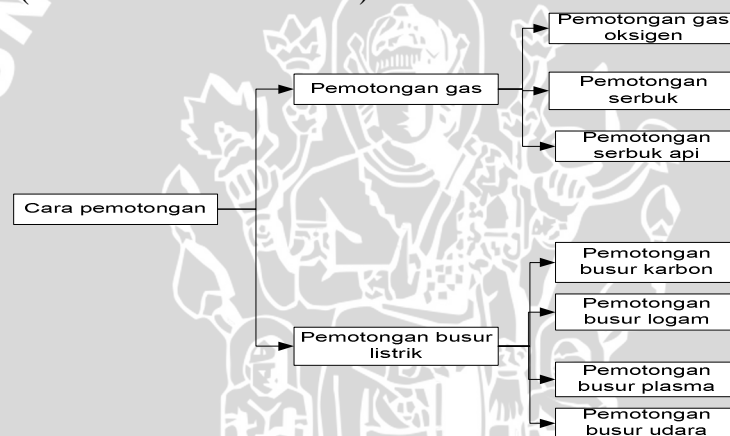
1. peralatan yang digunakan tidak rumit, tidak mahal dan mudah dipindahkan
2. elektrodanya telah terdapat flux
3. sensitivitasnya terhadap gangguan pengelasan berupa angin cukup baik
4. dapat dipakai untuk berbagai posisi pengelasan

2.3.2 Pemotongan dengan las Oxy-Acetylene

Las Oxy-Acetylene (las asetilin) adalah proses pengelasan secara manual, dimana permukaan yang disambungkan mengalami pemanasan sampai mencair oleh nyala gas asetilin yaitu pembakaran C_2H_2 dengan O_2 . Dalam aplikasi hasilnya sangat memuaskan untuk pemotongan baja karbon, terutama lembaran logam (*heet metal*) dan pipa-pipa berdinding tipis, pada proses pembakaran gas-gas tersebut diperlukan adanya oxygen

yang didapatkan dari udara dimana udara sendiri mengandung oxygen (21%), nitrogen (78%) dan argon (0,9%), secara teknis oksigen di dapat dari udara yang dicairkan. Asetilin diperoleh lewat reaksi kimia dalam bentuk gas maka memerlukan perlakuan khusus terutama dalam penyimpanan dan penggunaan, agar lebih fleksibel dalam penggunaannya gas asetilin disimpan dalam tabung yang dapat berpindah-pindah dan mudah digunakannya. (Naraseuki, 2010).

Pemotongan adalah cara pemotongan logam yang didasarkan atas mencairkan logam yang dipotong. Cara yang banyak digunakan dalam pengelasan adalah pemotongan dengan gas oksigen dan pemotongan dengan busur listrik. Klasifikasi dari cara pemotongan logam ini ditunjukkan dalam Gambar 2.2 pemotongan sembur yang termasuk dalam pemotongan dengan gas dalam Gambar tersebut boleh dikatakan semacam cara permesinan dengan gas. Disamping dengan gas, potong sembur dapat juga dilaksanakan dengan busur, karena dalam kelompok potongan busur juga terdapat potong sembur (Harsono dan Toshie 1994).



Gambar 2.2 Klasifikasi cara Pemotongan

(Sumber: Harsono dan Toshie, 1994)

Operator mesin las listrik CV. Dharma Kencana dalam pengerjaan pemotongan benda kerja pembuatan kontruksi gudang pabrik menggunakan las *Oxy-Acetylene* atau disebut juga las asetiline, dalam melakukan pemotongan pada bahan baja H-Beam, baja U-Beam dan Plat baja. Karena keutungan dalam menggunakan mesin las *Oxy-Acetylene* yaitu:

1. Menghasilkan temperature nyala api lebih tinggi dari gas bahan bakar lainnya
2. Hasil pemotongan lebih baik di bandingkan mesin las yang lainnya
3. Mudah di gunakan saat pengerjaan pada benda kerja

Nyala api *Oxy-Acetylene* terdiri dari tiga nyala api dapat berubah tergantung pada perbandingan gas oksigen O_2 dengan gas setiline C_2H_2 diantaranya yaitu:

1. Nyala karburasi digunakan untuk memanaskan dan untuk mengelas permukaan gas kertas golam putih
2. Nyala netral digunakan untuk pengelasan biasa dan untuk mengelas baja atau besi tuang
3. Nyala oksigen lebih atau nyala oksidasi digunakan untuk brazing

Sehingga untuk pemotongan menggunakan nyala oksigen berlebih karena reaksi ini bersifat eksotermis, maka pada suatu logam yang telah mencapai suhu nyala oksigen diberikan oksigen murni akan terjadi kenaikan suhu yang begitu cepat, hingga dapat mencairkan logam. Bila pemberian oksigen ini dilakukan dengan cepat (disemburkan), logam yang telah mencair ketempat ini akan terdorong lari, terjadi celah dan terpotong (Naraseuki, 2010).

2.3.4. Posisi Pemotongan dan Pengelasan

Menurut Bintoro (2000) Posisi atau sikap pengelasan yaitu pengaturan posisi atau letak gerakan elektroda las. Posisi pengealasan yang digunakan biasanya tergantung dari letak kampuh-kampuh atau celah-celah benda kerja yang akan dilas. Posisi-posisi pengelasan terdiri dari posisi pengelasan di bawah tangan (*down hand position*), posisi pengelasan mendatar (*horizontal position*), posisi pengelasan tegak (*vertical position*), dan posisi pengelasan di atas kepala (*over head position*).

1. Posisi pengelasan di bawah tangan (*down hand position*)

Posisi pengelasan ini adalah posisi yang paling mudah dilakukan. Posisi ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau permukaan agak miring, yaitu letak elektroda berada di atas benda kerja.

2. Posisi pengelasan mendatar (*horizontal position*)

Mengelas dengan posisi mendatar merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis mendatar/horizontal. Pada posisi pengelasan ini kemiringan dan arah ayunan elektroda harus diperhatikan, karena akan sangat mempengaruhi hasil pengelasan. Posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit dari arah elektroda las. Pengelasan posisi mendatar sering digunakan untuk pengelasan benda-benda yang berdiri tegak.

3. Posisi pengelasan tegak (*vertical position*)

Mengelas dengan posisi tegak merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis tegak/vertikal. Seperti pada horizontal position pada vertical position, posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit searah dengan gerak elektroda las yaitu naik atau turun.

4. Posisi pengelasan di atas kepala (*over head position*)

Benda kerja terletak di atas kepala welder, sehingga pengelasan dilakukan di atas kepala operator atau welder. Posisi ini lebih sulit dibandingkan dengan posisi-posisi pengelasan yang lain. Posisi pengelasan ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau agak miring tetapi posisinya berada di atas kepala, yaitu letak elektroda berada di bawah benda kerja.

Pada CV. Dharama Kencana dalam pembuatan konstruksi gudang pabrik menggunakan posisi saat pemotongan dan pengelasan yaitu di bawah tangan (*down hand position*), posisi mendatar (*horizontal position*) dan Posisi tegak (*vertical position*).

2.4 HUMAN ERROR

Human error didefinisikan sebagai suatu keputusan atau tindakan yang mengurangi atau potensial untuk mengurangi efektifitas, keamanan atau performansi suatu sistem (Sanders dan Cormick, 1993). *Human error* berbagai hal yang menyangkut permasalahan manusia dalam berinteraksi dengan produk, mesin, ataupun fasilitas kerja lain yang dioperasikannya, manusia seringkali dipandang sebagai sumber penyebab segala kesalahan, ketidakberesan maupun kecelakaan kerja.

Menurut Sanders dan Cormick (1993) *Human error* secara spesifik dapat dikategorikan menjadi enam (6) kategori yang dijabarkan sebagai berikut:

1. *Knowledge Based Error* merupakan kesalahan yang disebabkan oleh tidak adanya pengetahuan tentang persyaratan, ekspektasi maupun kebutuhan. Kesalahan ini dapat muncul ketika seseorang tidak menerima informasi.
2. *Cognition Based Error* merupakan kesalahan yang disebabkan dari akibat ketidakmampuan manusia dalam mengolah informasi yang dibutuhkan untuk memenuhi persyaratan, ekspektasi, maupun kebutuhan. Kesalahan ini bisa terjadi ketika informasi yang telah diterima tidak diproses dengan baik atau kurang baik dalam mengingat, menganalisis, mencerna maupun mengevaluasi.

3. *Value Based Error* merupakan kesalahan yang disebabkan karena tidak adanya kemauan untuk menerima persyaratan, ekspektasi maupun kebutuhan. Kesalahan ini muncul ketika seseorang secara sadar melakukan pelanggaran terhadap suatu persyaratan, ekspektasi maupun kebutuhan atau dikarenakan orang tersebut tidak menghargainya atau tidak menganggap perilakunya sebagai suatu kesalahan.
4. *Reflexive Based Error* merupakan kesalahan yang disebabkan ketidakmampuan merespon suatu stimulus dengan cepat. Kesalahan ini mungkin terjadi pada situasi yang membutuhkan respon cepat dan logis sementara prosedur sendiri masih kurang jelas.
5. *Skill Based Error* merupakan kesalahan yang disebabkan karena tidak adanya skill tertentu. Kesalahan oleh *skill* memang selalu ada apabila yang melakukan pekerjaan adalah manusia. Kesalahan ini dapat hilang melalui pergantian manusia menjadi mesin.
6. *Lapse Based Error* merupakan kesalahan karena tidak adanya perhatian terhadap sesuatu. Kesalahan ini hampir sama dengan *skill based error*. Kemungkinan terjadinya kesalahan akan selalu ada. Hal tersebut hanya bisa dihilangkan dengan mesin.

2.5 HUMAN RELIABILITY ANALYSIS (HRA)

Human Reliability Assessment (HRA) merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk mengetahui tingkat keandalan manusia yang menjadi anggota dari suatu sistem. *Human Reliability Assessment* (HRA) memberikan beberapa metode dengan cara memprediksi serta mengevaluasi performansi manusia secara kuantitatif dalam sistem manusia (*man machine system*) dimana tujuan dari HRA adalah mengidentifikasi area dengan resiko tinggi, mengurangi keseluruhan resiko dan mengidentifikasi bagaimana perbaikan seharusnya dibuat untuk sistem (Meister dalam Pujotomo, 2007). Terdapat banyak variasi dari HRA yang dikembangkan pada industri tertentu. Dari banyaknya variasi *Human Reliability Assessment* (HRA), antara lain adalah HEART, JHEDI, SHERPA, SPAR-H, dan THERP yang dijelaskan dalam Tabel.2.2

Tabel.2.2 Jenis metode *Human Reliability Assessment* (HRA)

| Metode | Kepanjangan |
|--------|---|
| HEART | <i>Human Error Assessment and Reduction Technique</i> |
| JHEDI | <i>Justified Human Error Data Informasi</i> |

Lanjutan Tabel.2.2 Jenis metode *Human Reliability Assessment* (HRA)

| Metode | Kepanjangan |
|--------|--|
| SHERPA | <i>Systematic Human Action Reliability Procedure</i> |
| SPAR-H | <i>Simplified Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment</i> |
| THERP | <i>Technique for Human Error Rate Prediction</i> |

Sumber: Bell dan Holroyd, 2009

HRA dapat dilakukan pada berbagai tugas atau aktivitas yang memiliki tujuan yang spesifik, merupakan suatu kesatuan prosedur untuk menyelesaikan tugas atau pekerjaan dimana didalamnya menjelaskan bagaimana kesalahan manusia terjadi dan efeknya untuk sistem, *output* yang dihasilkan adalah suatu nilai *numerik* kuantitatif dari peformansi manusia pada suatu tugas dimana probabilitas kesalahan dapat di taksir (Sanders & Cormick 1993).

2.6 **HIERARCYCAL TASK ANALYSIS (HTA)**

Hierarcycal Task Analysis adalah metode yang mengembangkan dan menganalisa bagaimana operator berinteraksi dengan sistem dan dengan orang lain pada sistem tersebut. HTA mendeskripsikan apa yang operator perlu lakukan dalam bentuk aktivitas fisik untuk mencapai tujuan sistem. Menganalisis proses pada tingkat kerja mampu membantu dalam mengurangi *error*. Hal ini dapat dilakukan dengan HTA karena HTA sangat membantu bahkan ketika alokasi pekerjaan sangat krusial (Lane et al, 2008).

HTA merupakan pendekatan *top-down task* yaitu diawali dengan *goal* yang ingin dicapai dengan melakukan serangkaian aktivitas atau disebut proses *generatif*. HTA mendeskripsikan *task* dari level atas sampai level dasar yang merupakan level operasi dan individu. Terdapat tiga aspek dalam HTA yaitu *plan*, *stopping rule* dan *numbering*. *Plan* sendiri mendefinisikan aturan main bagaimana aktivitas-aktivitas yang ada pada level dibawahnya melakukan mencapai *goal*. *Stopping rule* atau keputusan, *Stoppingrule* adalah aturan yang membatasi sampai sejauh mana *task* harus dipecah menjadi *subtask* dan operasi. *Numbering* adalah (penomoran) dilakukan secara berurutan sesuai *hierarchy task* dan aktivitas yang sudah dibuat (Findiastuti, 2002).

Menurut Findiastuti (2002), langkah-langkah yang dilakukan dalam HTA yaitu:

1. Menentukan aspek masalah dari *task* yang akan dianalisis dan tujuan secara keseluruhan dengan batasan-batasannya.
2. Mendefinisikan sub-sub *task* untuk mencapai tujuan secara keseluruhan dan mulai menentukan *plan*.

3. *Stopping rule* atau pemberhentian sub pekerjaan dengan dasaran tingkatan rinciannya.
4. Bentuk sebuah *plan* untuk setiap *level*.
5. Lakukan interaksi ulang hingga *level* operasi terendah.
6. Konsultasikan dengan operator, analisis sistem, desainer, atau siapa saja yang menguasai dengan baik operasi tersebut.

2.7. HUMAN ERROR ASSESSMENT AND REDUCTION TECHNIQUE (HEART)

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

Menurut Firdiastuti (2002), metode HEART merupakan teknik yang biasanya digunakan oleh para ergonomi untuk memperbaiki performansi dari suatu sistem. Langkah-langkah kuantifikasi dengan metode HEART sebagai berikut:

1. Mengklasifikasi umum jenis tugas sesuai dengan Tabel *Generic Task Catagories*.
Pengelompokkan *task* ini dilakukan dengan mengelompokkan *task* dalam generalnya dan nilai level nominalnya untuk *human unreliability* dan setiap aktivitas harus diidentifikasi *level* pekerjaannya sesuai dengan Tabel 2.3

Tabel 2.3 *Generic Task*

| Generic task | | Nilai ketidakhandalan manusia |
|--------------|--|-------------------------------|
| (A) | Pekerjaan yang benar-benar asing atau tidak dikuasai, dilakukan pada suatu kecepatan tanpa kosekuensi yang jelas | 0,55 |
| (B) | Merubah atau mengembalikan sistem keadalan yang awal, dengan suatu upaya tunggal tanpa pengawasan dan prosedur | 0,26 |
| (C) | Pekerjaan yang kompleks, membutuhkan tingkat pemahaman dan keterampilan tinggi | 0,16 |
| (D) | Pekerjaan yang cukup sederhana, dilakukan dengan cepat atau membutuhkan sedikit perhatian | 0,09 |
| (E) | Pekerjaan yang rutin, terlatih memerlukan keterampilan yang rendah | 0,02 |
| (F) | Mengembalikan atau menggeser sistem ke kondisi semula atau baru dengan mengikuti prosedur, dengan beberapa pemeriksaan | 0,003 |

Lanjutan Tabel 2.3 *Generic Task*

| Generic task | | Nilai ketidakhandalan manusia |
|---------------------|---|--------------------------------------|
| (G) | Pekerjaan familiar yang sudah dikenal dan dirancang dengan baik, merupakan tugas rutin yang terjadi. Pekerjaan dilakukan berdasarkan standar yang sangat tinggi. Oleh personal yang telah terlatih dan berpengalaman dengan waktu untuk memperbaiki kesalahan yang serius | 0,0004 |
| (H) | Menanggapi perintah sistem dengan benar bahkan ada sistem pengawasan otomatis tambahan yang menyediakan interpretasi akurat | 0,00002 |

Sumber: Kirwan, 1994

2. Menentukan *Error Producing Condition* (EPCs)

Error Producing Condition (EPCs) yang ditentukan dari Tabel EPCs. Identifikasi EPCs dilakukan berdasarkan bantuan ahli atau pakar untuk mengidentifikasi kondisi yang biasanya menimbulkan kesalahan yang membawa pengaruh negatif terhadap tugas/pekerjaan pada penelitian ini mengambil objek pada tahap pengerjaan operator mesin las listrik pada CV. Dharma Kencana. Nilai EPCs yang dipilih telah ditetapkan dan dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 *Error Producing Condition* (EPCs)

| No | Error Producing Condition (EPC) | Nilai EPC |
|-----------|--|------------------|
| 1 | Ketidakbiasaan dengan sebuah situasi yang sebenarnya penting namun jarang terjadi | 17 |
| 2 | Waktu singkat untuk mendeteksi kegagalan dan tindakan korelasi | 11 |
| 3 | Rasio bunyi sinyal yang rendah | 10 |
| 4 | Penolakan informasi yang mudah untuk diakses | 9 |
| 6 | Ketidaksesuaian antara SOP dan kenyataan dilapangan | 8 |
| 7 | Tidak adanya cara membalikkan kegiatan yang tidak diharapkan | 8 |
| 8 | Kapasitas saluran komunikasi <i>overload</i> , terutama satu penyebab reaksi secara bersama dari informasi yang tidak berlebihan | 6 |
| 9 | Sebuah kebutuhan untuk tidak dipelajari sebuah teknik dan melaksanakan sebuah kegiatan yang diinginkan dari filosofi yang berlawanan | 6 |
| 10 | Kebutuhan untuk <i>transfer</i> pengetahuan yang spesifik dari kegiatan tanpa kehilangan | 6 |
| 11 | Ambiguitas (ketidakjelasan) dalam memerlukan performa standar | 5,5 |
| 12 | Penolakan informasi yang sangat mudah untuk diakses | 4 |
| 13 | Ketidaksesuaian antara perasaan dan resiko sebenarnya | 4 |
| 14 | Ketidakjelasan, konfirmasi yang langsung tepat pada waktunya dari aksi yang diharapkan pada suatu sistem dimana pengendalian digunakan | 4 |
| 15 | Operator yang tidak berpengalaman (seperti baru memenuhi kualifikasi namun tidak <i>expert</i>) | 3 |
| 16 | Kualitas informasi yang tidak baik dalam menyampaikan prosedur dan interaksi perorangan | 3 |
| 17 | Sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil | 3 |
| 18 | Adanya konflik antara tujuan jangka pendek dan jangka panjang | 2,5 |
| 19 | Tidak adanya perbedaan dari input informasi untuk pengecekan | 2 |

Lanjutan Tabel 2.4 *Error Producing Condition* (EPCs)

| No | <i>Error Producing Condition</i> (EPC) | Nilai EPC |
|----|--|-----------|
| 20 | Ketidaksesuaian antara <i>level</i> edukasi yang telah dimiliki oleh individu dengan kebutuhan pekerjaan | 2 |
| 21 | Adanya dorongan untuk menggunakan prosedur yang berbahaya | 2 |
| 22 | Sedikit kesempatan untuk melatih pikiran dan tubuh diluar jam kerja | 1,8 |
| 23 | Alat kerja yang tidak dapat diandalkan | 1,6 |
| 24 | Kebutuhan untuk membuat suatu keputusan yang diluar kapasitas atau pengalaman dari operator | 1,6 |
| 25 | Alokasi fungsi dan tanggung jawab yang tidak jelas | 1,6 |
| 26 | Tidak adanya kejelasan langkah untuk mengamati kemajuan selama aktifitas | 1,4 |
| 27 | Adanya bahaya dari keterbatasan kemampuan fisik | 1,4 |
| 28 | Sedikit atau tidak adanya hakiki hari dari aktivitas | 1,4 |
| 29 | Level emosi yang tinggi | 1,3 |
| 30 | Adanya gangguan kesehatan khususnya demam | 1,2 |
| 31 | Tingkat kedisiplinan yang rendah | 1,2 |
| 32 | Ketidakkonsistenan dari tampilan atau prosedur | 1,2 |
| 33 | Lingkungan yang buruk atau tidak mendukung | 1,15 |
| 34 | Siklus berulang-ulang yang tinggi dari pekerjaan dengan beban kerja bermental rendah | 1,1 |
| 35 | Terganggunya siklus tidur yang normal | 1,05 |
| 36 | Melewatkan kegiatan karena intervensi dari orang lain | 1,06 |
| 37 | Penambahan anggota tim yang sebenarnya tidak dibutuhkan | 1,03 |
| 38 | Faktor usia yang mempengaruhi pekerjaan | 1,02 |

Sumber: Bell dan Holroyd, 2009

3. Menentukan *Assessed Proportion of effect* (APOE)

Assessed Proportion of effect (APOE) yang ditentukan dari Tabel APOE. Identifikasi APOE dilakukan berdasarkan bantuan ahli atau pakar, untuk Menentukan nilai *assessed proportion* yang bernilai antara 0 – 1. Nilai APOE yang dipilih telah ditetapkan dan dapat dilihat pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Kriteria Penentuan Asumsi Proporsi Kesalahan (APOE)

| <i>Assessed Proportion</i> | keterangan |
|----------------------------|---|
| 0 | EPC tidak berpengaruh terhadap HEP |
| 0,1 | Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC sering terjadi dan disertai minimal 3 EPC yang lain |
| 0,2 | Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC sering terjadi dan disertai minimal 2 EPC yang lain |
| 0,3 | Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC sering terjadi dan disertai minimal 1 EPC yang lain |

Lanjutan Tabel 2.5 Kriteria Penentuan Asumsi Proporsi Kesalahan (APOE)

| Assessed Proportion | keterangan |
|---------------------|--|
| 0,4 | Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC sering terjadi tanpa disertai EPC yang lain |
| 0,5 | Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC jarang terjadi dan disertai minimal 2 EPC yang lain |
| 0,6 | Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC jarang terjadi dan disertai minimal 1 EPC yang lain |
| 0,7 | Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC jarang terjadi tanpa disertai EPC yang lain |
| 0,8 | Dapat langsung berpengaruh terhadap HEP jika EPC satu kali terjadi dan disertai dengan minimal 2 EPC |
| 0,9 | Dapat langsung berpengaruh terhadap HEP jika EPC satu kali terjadi dan disertai dengan minimal 1 EPC |
| 1 | Dapat langsung berpengaruh terhadap HEP jika EPC satu kali terjadi tanpa disertai EPC yang lain |

Sumber: Williams, 1986

4. Menghitung *assessed effect* yang dirumuskan seperti persamaan (2-1) berikut ini:

$$AE_i = [(b_i - 1) \times C_i + 1]. \quad (2-1)$$

5. Menghitung kehandalan berdasarkan persamaan (2-2) berikut ini:

$$HEP_j = a \times AE_1 \times AE_2 \times AE_3 \times \dots \times AE_n \quad (2-2)$$

Poin b dan c ada jika dibutuhkan dan jika tidak terdapat EPCs maka poin b dan c tidak diperlukan.

Dimana:

AE_i = besarnya *assessed effect* pada EPCs ke-i

HEP_j = besarnya HEP pada tipe *task* ke-j

b_i = besarnya nilai nominal pada EPCs ke-i

I = 1, 2, 3,, n

2.8. SYSTEMATIC HUMAN ERROR REDUCTION AND PREDICTION APPROACH (SHERPA)

Menurut Kirwan (1994) Metode SHERPA digunakan untuk memprediksi dan menganalisis terjadinya *human error* dengan hirarki *task* sebagai inputan. Berbeda dari beberapa metode lainnya, SHERPA mampu mengidentifikasi multifungsi model eksternal maupun internal manusia, SHERPA cocok untuk diterapkan pada *error* yang berhubungan dengan keahlian dan kebiasaan manusia. Biasanya, teknik analisis *human*

error memperlakukan aktivitas suatu peralatan dan bahan (material) dengan interaksi manusia secara sepiantas.

Langkah-langkah dalam analisis *Systematic Human Error Reduction And Prediction Approach* (SHERPA). Menurut Harris,dkk (2005):

1. Membuat *Hierarchy Task Analysis* (HTA), dimana HTA merupakan input metode SHERPA. HTA memberikan gambaran skenario *task* yang akan dianalisis.
2. Melakukan identifikasi pada *human error* dengan mengklasifikasi setiap *task* dari HTA dengan satu dari beberapa Taksonomi *error* yang mungkin terjadi. Secara detail Taksonomi *error* yang mungkin terjadi dijelaskan berdasarkan Tabel 2.6

Tabel 2.6 Taksonomi *error* yang mungkin terjadi

| Tipe Error | Kode | Mode Error |
|----------------------|------|--|
| Action Errors | A1 | Operasi telalu panjang/pendek |
| | A2 | Operasi pada waktu yang salah |
| | A3 | Operasi pada arah yang salah |
| | A4 | Operasi terlalu sedikit/banyak |
| | A5 | Salah penempatan (<i>misalign</i>) |
| | A6 | Operasi yang benar pada objek yang salah |
| | A7 | Operasi yang salah pada objek yang benar |
| | A8 | Menghilangkan Operasi |
| | A9 | Pekerjaan tidak terselesaikan |
| | A10 | Operasi yang salah pada objek yang salah |
| Checking Errors | C1 | Menghilangkan pemeriksaan |
| | C2 | Pemeriksaan tidak selesai |
| | C3 | Pemeriksaan yang benar pada objek yang salah |
| | C4 | Pemeriksaan yang salah pada objek yang benar |
| | C5 | Pemeriksaan pada waktu yang salah |
| | C6 | Pemeriksaan yang salah pada objek yang salah |
| Retrieval Errors | R1 | Tidak mendapatkan informasi |
| | R2 | Memperoleh informasi yang salah |
| | R3 | Pencarian keterangan tidak selesai |
| Communication Errors | I1 | Informasi tidak dikomunikasikan |
| | I2 | Mengkomunikasikan informasi yang salah |
| | I3 | Pengkomunikasikan informasi tidak selesai |
| Selection Errors | S1 | Menghilangkan pemilihan |
| | S2 | Melakukan pemilihan yang salah |

Sumber: Kirwan dalam Harris (2005)

3. Menentukan Probabilitas Ordinal dari tiap *task* dengan salah satu dari kategori:
 - a. *Low* (L) apabila tidak pernah terjadi.
 - b. *Medium* (M) apabila terjadi satu atau dua kali kejadian.
 - c. *High* (H) apabila sering terjadi.

Menentukan *Criticality* atau dampak apabila kondisi *error* dari *task* tersebut terjadi dengan salah satu dari kategori berikut *Low* (L), *Medium* (M), atau *High* (H).

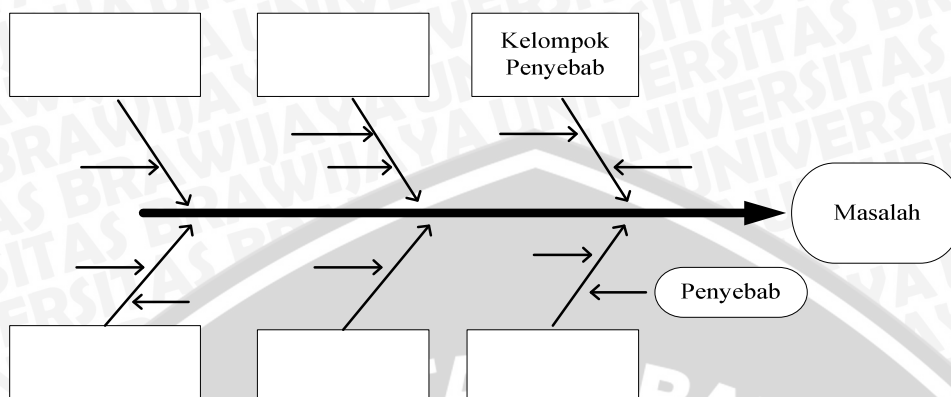
2.9 FISHBONE DIAGRAM

Fishbone diagram sering juga disebut dengan istilah dengan diagram Ishikawa. Penyebutan diagram ini sebagai diagram Ishikawa karena dikembangkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa pada sekitar tahun 1960-an. *Fishbone diagram* merupakan alat visual untuk mengidentifikasi, mengeksplorasi dan secara grafik menggambarkan secara detail semua penyebab yang berhubungan dengan suatu permasalahan. Konsep dasar dari *fishbone diagram* adalah permasalahan mendasar diletakkan pada bagian kanan dari diagram atau pada bagian kepala dari kerangka tulang ikannya. Kategori penyebab permasalahan yang sering digunakan sebagai *start* awal meliputi *materials* (bahan baku), *machines and equipment* (mesin dan peralatan), *manpower* (sumber daya manusia), *methods* (metode), *Mother Nature / environment* (lingkungan), dan *measurement* (pengukuran). Keenam penyebab munculnya masalah ini sering disingkat dengan 6M. Penyebab lain dari masalah selain 6M tersebut dapat dipilih jika diperlukan. Untuk mencari penyebab dari permasalahan, baik yang berasal dari 6M seperti dijelaskan di atas maupun penyebab yang mungkin lainnya dapat digunakan teknik *brainstorming*. *Fishbone diagram* ini umumnya digunakan pada tahap mengidentifikasi permasalahan dan menentukan penyebab dari munculnya permasalahan tersebut. Selain digunakan untuk mengidentifikasi masalah dan menentukan penyebabnya, *fishbone diagram* ini juga dapat digunakan pada proses perubahan. (Pande & Holpp, 2001 dalam Scarvada, 2004).

Menurut Scarvada (2004), langkah – langkah dalam penyusunan *fishbone diagram* dapat dijelaskan berikut ini:

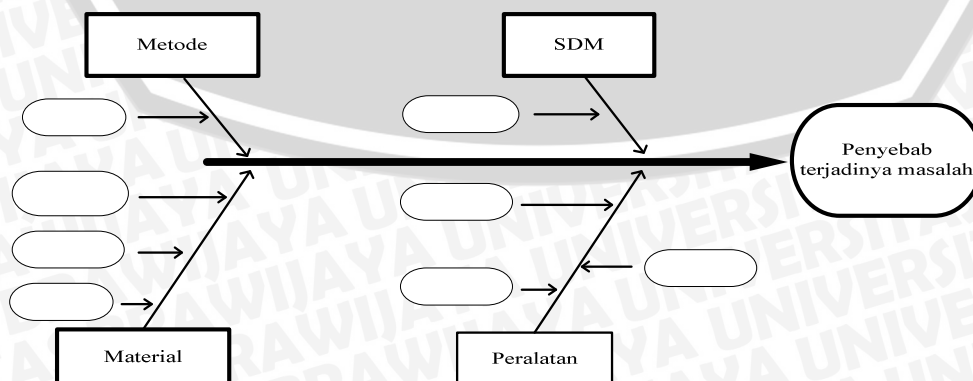
5. Membuat kerangka *fishbone diagram*, kerangka *fishbone diagram* meliputi kepala ikan yang diletakkan pada bagian kanan diagram. Kepala ikan ini nantinya akan digunakan untuk menyatakan masalah utama. Bagian kedua merupakan sirip, yang akan digunakan untuk menuliskan kelompok penyebab permasalahan.

Bagian ketiga merupakan duri yang akan digunakan untuk menyatakan penyebab masalah bentuk kerangka *fishbone diagram* tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar.2.3 *Fishbone diagram*
Sumber : Scarvada, 2004

6. Merumuskan masalah utama merupakan perbedaan antara kondisi yang ada dengan kondisi yang diinginkan. Masalah juga dapat didefinisikan sebagai adanya kesenjangan atau gap antara kinerja sekarang dengan kinerja yang ditargetkan. Masalah utama ini akan ditempatkan pada bagian kanan dari *fishbone diagram* atau ditempatkan pada kepala ikan.
7. Langkah berikutnya adalah mencari faktor - faktor utama yang berpengaruh atau berakibat pada permasalahan. Langkah ini dapat dilakukan dengan teknik *brainstorming*. Kelompok penyebab masalah ini kita tempatkan di *fishbone diagram* pada sirip ikan.
8. Menemukan penyebab untuk masing - masing kelompok penyebab masalah. Penyebab ini ditempatkan pada duri ikan.
9. Langkah selanjutnya setelah masalah dan penyebab masalah diketahui, kita dapat menggambarannya dalam *fishbone diagram*. Contoh pada *fishbone diagram* bisa dilihat pada Gambar.2.4



Gambar.2.4 Hasil dari *fishbone diagram*
Sumber : Scarvada, 2004