

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kajian literatur sebagai landasan untuk melakukan penelitian

2.1 Kajian Induktif

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

Farid Akbar Harahap (2012) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa perhitungan reliabilitas pada pekerja dan beberapa saran pada proses pengerjaan dapat mengurangi kecelakaan kerja guna menerapkan K3. Penelitian yang dilakukan di salah satu pabrik susu bayi yang ada di Indonesia, tepatnya penelitian dilakukan pada area produksi pabrik tersebut, penelitian dilakukan dengan metode HEART. Dari hasil penelitian diketahui area *mixing* memiliki resiko kecelakaan kerja terbesar, hal ini diketahui dari perhitungan HEP sebesar 0,133 dengan metode HEART. Selanjutnya penelitian dilanjutkan dengan pemberian rekomendasi berupa saran-saran untuk mengurangi *human error* guna penerapan K3.

M. Kanstandinidou et al., (2008) dalam penelitiannya melakukan analisis sensitivitas dan estimasi probabilitas *human error* dengan membangun model menggunakan *fuzzy logic*, model yang dibuat mencakup 9 parameter perhitungan reliabilitas yang ada pada metode *Cognitive Reliability and Error Analysis Method* (CREAM). Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa probabilitas *human error* menjadi sebuah faktor penting yang mempengaruhi biaya penyesuaian parameter kerja dan hasil dari penyesuaian tersebut terhadap kinerja dan keandalan pekerja.

Dalam penelitiannya (Safitri et al., 2015) melakukan perhitungan *reliability* pada operator stasiun kerja *Shourd* di salah satu perusahaan *supplier* utama PT. LG Indonesia dalam pembuatan komponen plastik. Kemudian dilakukan perhitungan *Human Error Probability* (HEP) dari setiap proses yang sebelumnya telah disusun menjadi *Hierarchical Task Analysis* (HTA), perhitungan HEP dilakukan dengan menggunakan metode *Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART). Selanjutnya nilai HEP yang telah didapatkan dijadikan acuan untuk menentukan *human error* mana yang menjadi penyebab utama dari kecacatan produk yang sering terjadi pada produk *Shroud*.

Dalam penelitian Joumil Aidil (2006) menganalisa ketidaksuksesan kualitas produk pada bagian pencetakan PT. Madju Warna Steel Surabaya akibat *human error*. Penelitian ini menggunakan metode *Planning Matrix* untuk mengidentifikasi faktor yang perlu diperhatikan untuk meningkatkan kinerja operator. Dari hasil penelitian diketahui bahwa faktor *human error* mempengaruhi ketidaksesuaian kualitas produk, *human error* tersebut antara lain adalah tidak memperhatikan penyemprotan gas CO₂, tidak memperhatikan penyetingan komponen pasir, mengabaikan pengamatan penuangan cairan coran, dan beberapa kesalahan lainnya.

Jean Pama Marinda (2013) meneliti tentang *human error* yang terjadi pada masinis kereta api yang menyebabkan kecelakaan dan mengancam keselamatan

penumpang pada DAOP VI PT. Kereta Api Indonesia yang berada di Yogyakarta. Dari hasil penelitian yang menggunakan metode HEART ini nilai probabilitas *human error* sebesar 0,000001, dengan kata lain masinis yang diteliti memiliki tingkat keandalan sebesar 0,999999. Dalam penelitian ini diberikan rekomendasi untuk faktor yang memiliki nilai *Human Error Probability* (HEP) terbesar, yaitu faktor dimana jarak pandang masinis yang terbatas akibat cuaca buruk, rekomendasi yang diberikan adalah saran agar masinis memberhentikan kereta api di stasiun terdekat dan PT. KAI harus segera memasang sistem peringatan atau alat-alat yang berhubungan dengan operasional kereta api guna mencegah terjadinya kecelakaan.

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Irawan Soejanto (2008) diketahui bahwa *human error* sangat mempengaruhi kualitas produk. Dalam penelitian ini digunakan metode *Cut and Path Set* untuk mengukur tingkat *human error*, penelitian ini dilakukan di PT.X Tuban yang memproduksi kantong kraft lem (*pasted bags*). Dari penelitian ini didapatkan bahwa nilai *human error* terbesar ada pada operator yang tidak memperhatikan warna tinta dari *supplier*, yaitu sebesar 0,26745.

Berbagai penelitian tentang evaluasi dan perhitungan *reliability* telah dilakukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya seperti (Duffey & Ha, 2010) dalam penelitiannya menganalisa hubungan antara kinerja manusia, hasil sistem, dan tingkat kecelakaan kerja menggunakan metode *Technique of Human Error Rate Prediction* (THERP), *Human Error And Assessment Technique* (HEART), dan *Human Cognitive Reliability* (HCR). Dari penelitian ini diketahui bahwa nilai probabilitas *human error* berpengaruh pada hasil sistem dan tingkat kecelakaan kerja.

Pada penelitian (Pratama, 2016) penelitian menunjukkan nilai HEP terbesar pada kegiatan peletakan *filling* pada *frame*, dengan probabilitas sebesar 53,4%. Pada UKM terdapat 6 kesalahan produk akhir, dengan kemungkinan terbesar ada pada kerusakan *filigree fiber* dengan probabilitas sebesar 84,74%, Hasil pengamatan menunjukkan salah

satu faktor terkuat yang menjadi penyebab terjadinya *human error* adalah faktor prosedur pengerjaan

Tabel 2.1 Tabel Review Jurnal dan Penelitian

Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Metode	Hasil
Farid Akbar Harahap	2012	<i>Reliability Assessment Sebagai Upaya Pengurangan Human Error dalam Penerapan K3</i>	HEART (<i>Human Error Assessment and Reduction Technique</i>)	Pada area produksi pabrik susu bayi, area <i>mixing</i> diketahui memiliki resiko kecelakaan kerja terbesar, dari perhitungan HEP diketahui bernilai 0,133. Selanjutnya juga diberikan saran untuk mengurangi <i>human error</i> guna penerapan K3.
N.Konstandini dou, Z. Nivolantou, C.Kiranoudis, N.Markatos	2008	<i>Evaluation of Significant Transition in The Influencing Factors of Human Reliability</i>	Fuzzy Logic dan <i>Cognitive Reliability and Error Analysis Method</i> (CREAM)	Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa probabilitas <i>human error</i> menjadi sebuah faktor penting yang mempengaruhi biaya penyesuaian parameter kerja dan hasil dari penyesuaian tersebut terhadap kinerja dan keandalan pekerja.
Dian Mardi Safitri, Ayu Rachma Astriaty, dan Nataya Rizani	2015	<i>Human Reliability Assessment dengan Metode HEART pada Operator Stasiun Shroud PT. X</i>	HEART	Probabilitas <i>human error</i> terbesar berupa kelalaian operator dalam menyisipkan sisi <i>flash</i> , dengan nilai HEP sebesar 0,53424. Hal ini menjadi penyebab utama cacatnya produk shroud.
Joumil Aidil	2006	Analisa Ketidaksuksesan Kualitas Produk pada Bagian Pencetakan Akibat <i>Human Error</i> Melalui Pendekatan HRA	<i>Planning Matrix</i>	Dari hasil penelitian diketahui bahwa faktor <i>human error</i> mempengaruhi ketidaksiesuaian kualitas produk, <i>human error</i> tersebut antara lain adalah tidak memperhatikan penyemprotan gas CO ₂ , tidak memperhatikan penyetingan komponen pasir, mengabaikan pengamatan penuangan cairan coran, dan beberapa kesalahan lainnya.
Jean Pama Marinda	2013	Analisa Keandalan Masinis DAOP VI Yogyakarta dengan Metode HEART	HEART	Diketahui probabilitas nilai <i>human error</i> sebesar 0,000001, dengan kata lain masinis yang diteliti memiliki tingkat keandalan sebesar 0,999999. Dalam penelitian ini diberikan rekomendasi untuk faktor yang memiliki nilai <i>Human Error Probability</i> (HEP) terbesar, yaitu faktor dimana jarak pandang masinis yang terbatas akibat cuaca buruk.

Penulis	Tahun	Judul Penelitian	Metode	Hasil
Irawan Soejanto	2008	Analisa Kualitas Produk Katong Kraft Lem Akibat Kesalahan Manusia di PT. X Tuban	<i>Cut and Path Set</i>	Dari penelitian ini didapatkan bahwa nilai <i>human error</i> terbesar ada pada operator yang tidak memperhatikan warna tinta dari <i>supplier</i> , yaitu sebesar 0,26745.
R.B. Duffey dan T. Ha	2010	<i>Human Reliability: Benchmark and Prediction</i>	Technique of <i>Human Error Rate Prediction</i> (THERP), <i>Human Error And Assessment Technique</i> (HEART), dan <i>Human Cognitive Reliability</i> (HCR)	Dari penelitian ini diketahui bahwa nilai probabilitas <i>human error</i> berpengaruh pada hasil sistem dan tingkat kecelakaan kerja.
Aiza Yudha Pratama	2017	<i>Human Reliability Assessment Untuk Peningkatan Kinerja Karyawan Pada Industri Kreatif</i>	SPAR-H	Hasil penelitian menunjukkan nilai HEP terbesar pada kegiatan peletakan <i>filling</i> pada <i>frame</i> , dengan probabilitas sebesar 53,4%. Pada UKM terdapat 6 kesalahan produk akhir, dengan kemungkinan terbesar ada pada kerusakan <i>filigree fiber</i> dengan probabilitas sebesar 84,74%, Hasil pengamatan menunjukkan salah satu faktor terkuat yang menjadi penyebab terjadinya <i>human error</i> adalah faktor prosedur pengerjaan

Dalam kajian induktif diatas adalah untuk menentukan *state of the art* yang akan digunakan dalam melakukan penelitian ini. Farid Akbar Harahap (2012) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa perhitungan reliabilitas pada pekerja dan beberapa saran pada proses pengerjaan dapan mengurangi kecelakaan kerja guna menerapkan K3.

2.2 Kajian Deduktif

Kajian deduktif berisi penjelasan teori penunjang yang digunakan sebagai landasan dalam menyelesaikan permasalahan yang ada dan menjawab rumusan masalah yang diajukan.

2.2.1 Keandalan (*Reliability*) dan Kesehatan Keselamatan Kerja

Reliability dapat didefinisikan sebagai probabilitas bahwa produk dapat memenuhi spesifikasi melebihi waktu yang diberikan. Sedangkan ketidakandalan (*unreliability*) produk ditentukan sebagai peluang bahwa produk tersebut gagal memenuhi spesifikasi dan melebihi waktu yang diberikan (Bentley, 1993).

Reliability erat kaitannya dengan *quality* dan *safety*, dalam kasus *safety* disini yang paling penting adalah *reliability*. *Safety* sendiri didefinisikan sebagai perlindungan kehidupan manusia dan pencegah terhadap bahaya dari kegiatan yang telah ditetapkan (Dhillon, 2005).

Untuk melakukan analisa kemampuan sistem tersebut dalam mengatasi bahaya yang ditimbulkan dalam permasalahan K3 maka sangat dibutuhkan pengukuran *reliability*. Hal ini sesuai dengan definisi *reliability* dalam sistem keselamatan yang didefinisikan sebagai kemampuan sebuah sistem keselamatan untuk melakukan fungsi keselamatan dibawah lingkungan yang diberikan dan kondisi operasi untuk periode waktu yang ditetapkan (Schonbeck, 2007).

2.2.2 Human Error

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

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

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

Klasifikasi *human error* dapat digunakan dalam pengumpulan data tentang *human error* serta memberikan panduan yang berguna untuk menyelidiki sebab terjadinya *human error* dan cara untuk mengatasinya. Klasifikasi *human error* menurut (Swain, 1983 dalam Harahap, 2012) adalah sebagai berikut:

- a. *Error of Omission* yaitu kesalahan karena lupa melakukan sesuatu.
- b. *Error of Comission* yaitu ketika mengerjakan sesuatu tetapi tidak dengan cara yang benar.
- c. *A Sequence Error* yaitu kesalahan karena mengerjakan pekerjaan tidak sesuai dengan urutan.
- d. *A Timing Error* yaitu kesalahan yang terjadi ketika seseorang gagal melakukan pekerjaan dalam waktu yang telah ditentukan, baik karena respon yang terlalu lama ataupun respon yang terlalu cepat.

2.2.3 Eliminasi *Human Error*

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

a. Pemilihan Pekerja

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

b. Pelatihan

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

c. Desain

Perancangan dari peralatan, prosedur, dan lingkungan dapat meningkatkan performa dari pekerja termasuk pengurangan frekuensi kejadian dan konsekuensi terjadinya *human error*.

2.2.4 *Human Error* dan Kecelakaan Kerja

Kecelakaan kerja atau *accident* dapat didefinisikan sebagai kejadian yang tidak dapat diantisipasi yang menimbulkan gangguan pada sistem atau individual atau berdampak dalam penyelesaian misi sistem atau pekerjaan individu. Kecelakaan kerja dalam bentuk sederhana dapat dibagi menjadi kecelakaan kerja yang disebabkan oleh *unsafe behavior* dan kecelakaan kerja yang disebabkan oleh *unsafe conditions* (Heinrich, 1959 dalam Harahap 2012).

Proporsi kecelakaan kerja yang disebabkan oleh *human error* masih bias mengingat batasan yang belum jelas terhadap penyebab kecelakaan yang diakibatkan *human error*. Heinrich pada tahun 1995 melakukan penelitian mengenai jumlah kecelakaan kerja yang terjadi karena *human error* diperkirakan sebesar 85% dari seluruh kecelakaan kerja yang terjadi.

Dalam pandangan sempit *human error* digunakan untuk menjelaskan kegagalan yang dilakukan oleh operator atau *error* yang menyebabkan kecelakaan kerja. Namun pandangan tersebut terlalu sempit mengingat terdapat pihak-pihak lain yang berkontribusi terhadap terjadinya *human error*.

2.2.5 Pengukuran *Human Error* dengan *Human Error Assessment (HRA)*

Human Reliability Assessment (HRA) merupakan metode kualitatif dan kuantitatif untuk mengukur kontribusi manusia terhadap sebuah resiko. Terdapat banyak variasi dari HRA yang dikembangkan, secara total terdapat 35 metode untuk menganalisis dan mengukur *human reliability* yang potensial digunakan. (Bell dan Holyord, 2007)

Tabel 2.2 Metode *Human Reliability Assessment*

No	Metode	Kepanjangan
1	ASEP	<i>Accident Sequence Evaluation Programme</i>
2	AIPA	<i>Accident Initiation and Progression Analysis</i>
3	APJ	<i>Absolute Probability Judgement</i>
4	ATHEANA	<i>A Technique for Human Error Analysis</i>
5	CAHR	<i>Connectionism Assessment for Human Reliability</i>
6	CARA	<i>Controller Action Reliability Assessment</i>
7	CES	<i>Cognitive Environmental Simulation</i>
8	CESA	<i>Commision Errors Search and Assessment</i>
9	CM	<i>Confusion Matric</i>
10	CODA	<i>Conclussions from Occurences by Descriptions of Actions</i>
11	COGENT	<i>Cognitive Event Tree</i>
12	COSIMO	<i>Cognitive Simulation Model</i>
13	CREAM	<i>Cognitive Relibility and Error Analysis Method</i>
14	DNE	<i>Direct Numerical Estimation</i>

No	Metode	Kepanjangan
15	DREAMS	<i>Dynamic Reliability Technique for Error Assessment in Man-machine System</i>
16	FACE	<i>Frameworks for Analysung Commission Errors</i>
17	HCR	<i>Human Cognitive Reliability</i>
18	HEART	<i>Human Error Assessment and Reduction Technique</i>
19	HORAAM	<i>Human and Organizational Reliability Analysus in Accident Management</i>
20	HRMS	<i>Human Reliability Management System</i>
21	INTENT	<i>INTENT (not an acronym)</i>
22	JHEDI	<i>Justified Human Error Data Information</i>
23	MAPPS	<i>Maintenance Personnel Performance Simulation</i>
24	MERMOS	<i>Method d'Evaluation de la Realisation des Missions Operateur pour la Surete (Assessment method for the performance of safety operation)</i>
25	NARA	<i>Nuclear Action Reliability Assessment</i>
26	OATS	<i>Operator Action Tree System</i>
27	OHPRA	<i>Operational Human Performance Reliability Analysis</i>
28	PC	<i>Paired Comparations</i>
29	PHRA	<i>Probabilistic Human Reliability Assessment</i>
30	SHARP	<i>Sistematic Human Action Reliability Procedure</i>
31	SLIM-MAUD	<i>Success Likelihood Index Methodology and Multi-Attribite Utility Decomposition</i>
32	SPAR-H	<i>Standarized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment</i>
33	STAHR	<i>Socio-Techinal Assessment of Human Reliability</i>
34	TESEO	<i>Tecnica Empirica Stima Errori Operatori (Empipirical technique to estimate operator errors)</i>
35	THERP	<i>Technique for Human Error Rate Prediction</i>

Pada penelitian (Enggar et. al, 2016) dengan metode HEART (*Human Error Assessment Reduction Technique*) untuk menghitung HRA (*Human Reliability Assessment*), berdasarkan perhitungan HEP ada pada jenis kesalahan dalam membaca situasi dan mengamati informasi dari radio lok yang menerangkan sistem pemberangkatan dari tempat pemberhentian yang merupakan salah satu jobdesk masinis sebesar 0,88.

2.2.6 Human Reliability

Sebagi sebuah metodologi, *human reliability* merupakan prosedur untuk melakukan analisa kuantitatif untuk memprediksi kemungkinan terjadinya *human error* dan secara

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

Analisa keandalan dapat meliputi langkah-langkah sebagai berikut (Charles, 1976 dalam Harahap, 2012):

- a. Mengidentifikasi tugas-tugas yang dilakukan.
- b. Mengidentifikasi elemen tugas.
- c. Menunjukkan data empiris.
- d. Membangun tingkatan elemen tugas.
- e. Membangun persamaan regresi.
- f. Membangun keandalan.

2.2.7 *Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART)*

HEART diperkenalkan oleh Williams pada tahun 1985, dan dijelaskan secara detail oleh beliau 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 seperti kimia, penerbangan, perkeretaapian, medis, dan sebagainya (Holroyd, 2009).

Pada tahun 1997, Kirwan melakukan validasi pada metode HEART melalui dua metode yaitu THERP dan JHEDI. Penelitian validasi ini dilakukan oleh tiga puluh praktisi HRA melakukan pengukuran terhadap pekerja. Validasi dilakukan dengan sepuluh orang melakukan pengukuran menggunakan metode THERP, sepuluh orang dengan metode HEART, dan sepuluh orang lagi menggunakan metode JHEDI.

Hasil validasi tersebut menunjukkan korelasi yang signifikan berdasarkan *assessed value* dan *true values*. Tidak ada satupun teknik yang memiliki performa beda dibandingkan lainnya dan ketiga metode mempunyai level akurasi yang masuk akal (Kirwan, 1997 dalam Harahap, 2012). Metode ini dikembangkan dengan dasar pemikiran sebagai berikut:

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

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

Tabel 2.3 *Generic Task* dalam metode HEART

	<i>Generic Task</i>	<i>Nominal Human Unreliability</i>	<i>Range</i>
A	Pekerjaan yang benar-benar asing atau tidak dikuasai, dilakukan pada suatu kecepatan tanpa kensekuensi yang jelas	0.55	(0.35-0.97)
B	Merubah atau mengembalikan sistem ke keadaan yang baru atau awal dengan suatu upaya tunggal tanpa pengawasan dan prosedur	0.26	(0.14-0.42)
C	Pekerjaan yang kompleks dan membutuhkan tingkat pemahaman dan keterampilan tinggi	0.16	(0.12-0.28)
D	Pekerjaan yang cukup sederhana, dilakukan dengan cepat atau membutuhkan sedikit perhatian	0.09	(0.06-0.13)
E	Pekerjaan yang rutin, terlatih, memerlukan keterampilan yang rendah	0.02	(0.007-0.045)

	<i>Generic Task</i>	<i>Nominal Human Unreliability</i>	<i>Range</i>
F	Mengembalikan atau menggeser sistem ke kondisi semula atau baru dengan mengikuti prosedur, dengan beberapa pemeriksaan	0.003	(0.008-0.007)
G	Pekerjaan familiar yang sudah dikenal, dirancang dengan baik. Merupakan tugas rutin yang terjadi beberapa kali perjam dilakukan berdasarkan standard yang sangat tinggi oleh personel yang telah terlatih dan berpengalaman dengan waktu untuk memperbaiki kesalahan potensial	0.0004	(0.00008-0.009)
H	Menanggapi perintah sistem dengan benar bahkan ada sistem pengawasan otomatis tambahan yang menyediakan interpretasi akurat	0.00002	(0.000006-0.00009)
M	Tidak ada kejadian seperti diatas	0.03	(0.008-0.11)

Tabel 2.4 *Error Producing Conditions* dalam metode HEART

	<i>Error Producing Condition (EPC)</i>	Nilai EPC
1	Ketidakbisaan dengan sebuah situasi yang sebenarnya penting namun jarang terjadi	17
2	Waktu singkat untuk mendeteksi kegagalan dan tindakan koreksi	11
3	Rasio bunyi sinyal yang rendah	10
4	Penolakan informasi yang sangat mudah untuk diakses	9
5	Tidak adanya alat untuk menyampaikan informasi spesial dan fungsional kepada operator dalam bentuk operator dapat siap memahaminya	8
6	Ketidaksesuain antara SOP dan kenyataan dilapangan	8
7	Tidak adanya cara untuk membalikkan kegiatan yang diharapkan	8
8	Kapasitas saluran komunikasi overload, terutama satu penyebab reaksi secara bersama dari informasi yang tidak berlebihan	6
9	Sebuah kebutuhan untuk tidak mempelajari sebuah teknik dan melaksanakan sebuah kegiatan yang diinginkan dari filosofi yang berlawanan	6
10	Kebutuhan untuk mentransfer pengetahuan yang spesifik dari kegiatan ke kegiatan tanpa kehilangan	6
11	Ambiguitas dalam memerlukan performa standard	5.5
12	Penolakan informasi yang sangat mudah untuk diakses	4
13	Ketidaksesuaian antara perasan 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	3
16	Kualitas informasi yang tidak baik dalam menyampaikan prosedur dan interaksi orang per orang	3
17	Sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil	3
18	Adanya konflik antara tujuan jangka pendek dan jangka panjang	2.5
19	Tidak adanya perbedaan dari input informasi untuk pengecekan ketelitian	2

	<i>Error Producing Condition (EPC)</i>	Nilai EPC
20	Ketidaksesuaian antara level edukasi yang telah dimiliki oleh individu dengan kebutuhan pekerja	2
21	Adanya dorongan untuk menggunakan prosedur yang berbahaya	2
22	Sedikit kesempatan untuk melatih pikiran dan tubuh diluar jam kerja	1,8
23	Alat yang tidak dapat diandalkan	1.6
24	Kebutuhan untuk membuat suatu keputusan yang diluar kapasitas atau pengalaman dari operator	1.6
25	Alokasi fungsi dan tanggung jawab yang tidak jelas	1.6
26	Tidak adanya kejelasan langkah untuk mengamati kemajuan selama aktivitas	1.4
27	Adanya bahaya dari keterbatasan kemampuan fisik	1.4
28	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 ketidakdisiplinan yang rendah	1.2
32	Ketidakkonsistenan dari tampilan atau prosedur	1.2
33	Lingkungan yang buruk atau tidak mendukung	1.15
34	Siklus berulang-ulang yang tinggi dari pekerjaan dengan beban kerja bermental rendah	1.1
35	Terganggunya siklus tidur normal	1.05
36	Melewatkan kegiatan karena intervensi dari orang lain	1.06
37	Penambahan anggota tim yang sebenarnya tidak dibutuhkan	1.03
38	Usia yang melakukan pekerjaan	1.02

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

1. Mengklasifikasikan jenis tugas/pekerjaan pada umumnya.
2. Menentukan nilai ketidakandalan dari tugas/pekerjaan tersebut.
3. Mengidentifikasi kondisi yang menimbulkan kesalahan (EPCs).

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

Keterangan:

EPC = Nilai *error producing condition*.

PoA = Proporsi dari *EPC*.

4. Menentukan Asumsi Proporsi Kesalahan (*Assessed Proportion of Affect/APOA*).

5. Menentukan Nilai *Probability Of Failure*.

$$\text{HEP} = r \times \prod_{k=1}^n (\text{EPC}'_k) \dots\dots\dots 2.2$$

Keterangan:

r = *Generic Task Unreliability*.

EPC' = Nilai *error producing condition*.

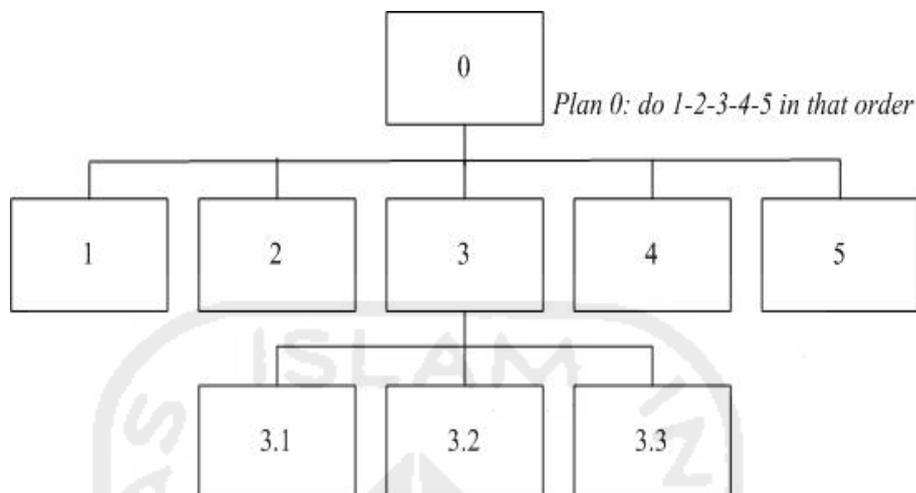
2.2.8 *Hierarchical Task Analysis*

Langkah awal yang harus dilakukan sebelum melakukan analisa dengan menggunakan metode HRA adalah menganalisa tahapan kerja dari pekerja. Tahapan kerja ini dapat dianalisa menggunakan *Hierarchical Task Analysis* (HTA). Menurut Annett (1967) HTA menghasilkan gambaran berupa hierarki dari pekerjaan dan sub pekerjaan yang ada.

Dalam HTA juga dikenal *plans* yang menjelaskan tentang urutan dan kondisi pekerjaan yang dilakukan. HTA dapat berupa teks atau diagram. Langkah-langkah yang dilakukan dalam membuat HTA adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi pekerjaan utama yang akan dianalisa. Tentukan tujuan secara keseluruhan dengan batasan-batasannya. Selain itu tentukan ruang lingkup tujuan tersebut, apakah setiap aktivitas pekerjaan melibatkan aktivitas perawatan, aktivitas pada saat pekerjaan berjalan abnormal atau mengalami gangguan.
2. Memecah pekerjaan utama menjadi sub pekerjaan dan membangun *plans*. *Plans* berfungsi untuk menjelaskan rangkaian pekerjaan yang dikerjakan dengan kondisi tertentu.
3. Berhentikan sub pekerjaan berdasarkan tingkat rinciannya (*stopping rule*). *Stopping rule* adalah aturan untuk membatasi sejauh mana pekerjaan harus diuraikan menjadi sub pekerjaan.
4. Lanjutkan proses penguraian tugas.

5. Kelompokkan beberapa sub pekerjaan (jika terlalu detail) ke level yang lebih tinggi dari sub pekerjaan.



Gambar 2.1 Contoh *Hierarchical Task Analysis*
(sumber: Annett, 1967)

2.2.9 *Fault Tree Analysis*

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan metode untuk mengetahui pola kegagalan. FTA pertama kali dikembangkan pada *US Air Force* pada 1962 oleh *Bell Telephone Laboratories*. FTA merupakan salah satu teknik analisa logika yang menggunakan simbol yang ditemukan pada area *operation research*. Secara definisi FTA merupakan pendekatan *top-down* untuk menganalisa kegagalan, dimulai dengan kejadian potensial yang disebut *top event* dan menetapkan cara kejadian itu bisa terjadi (Rausand, 2005).

FTA banyak digunakan sebagai teknik untuk menganalisa hubungan sebab akibat pada suatu resiko maupun pengukuran keandalan. Teknik ini berguna mendeskripsikan dan menilai kejadian di dalam sistem (Foster, 2004). FTA menggunakan dua simbol utama yang disebut events dan gates. Ada tiga tipe event yaitu:

1. *Primary Event*

Primary event adalah sebuah tahap dalam proses penggunaan produk yang mungkin saat gagal. Sebagai contoh saat memasukkan kunci kedalam gembok, kunci tersebut mungkin gagal untuk pas/sesuai dengan gembok. *Primary event* lebih lanjut dibagi menjadi tiga kategori yaitu:

- a. *Basic events*
- b. *Undeveloped events*
- c. *External events*

2. *Intermediate Event*

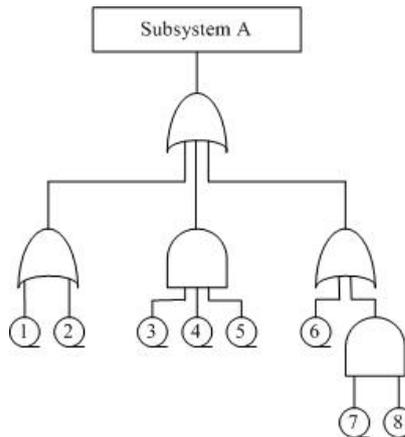
Intermediate Event adalah hasil dari kombinasi kesalahan-kesalahan, beberapa diantaranya mungkin *primary event*. *Intermediate event* ini ditempatkan di tengah-tengah sebuah *fault tree*.

3. *Expanded Event*

Expanded Event membutuhkan sebuah *fault tree* yang terpisah dikarenakan kompleksitasnya. Untuk *fault tree* yang baru ini, *expanded event* adalah *undesired event* dan diletakan pada bagian atas *fault tree*.

Langkah-langkah yang dilakukan dalam FTA yakni (Rausand, 2005):

1. Mendefinisikan sistem, kejadian potensial atau *top event*, dan batasan kondisi.
2. Membangun pola keandalan.
3. Mengidentifikasi *minimal cut sets*.
4. Analisa kualitatif pada pola kegagalan.
5. Analisa kuantitatif pada pola kegagalan.
6. Melaporkan hasil.

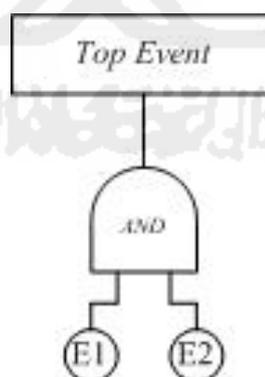


Gambar 2.2 Contoh *Fault Tree Analysis*
(sumber: Ireson, et al, 1996)

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

1. *AND-gate*

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



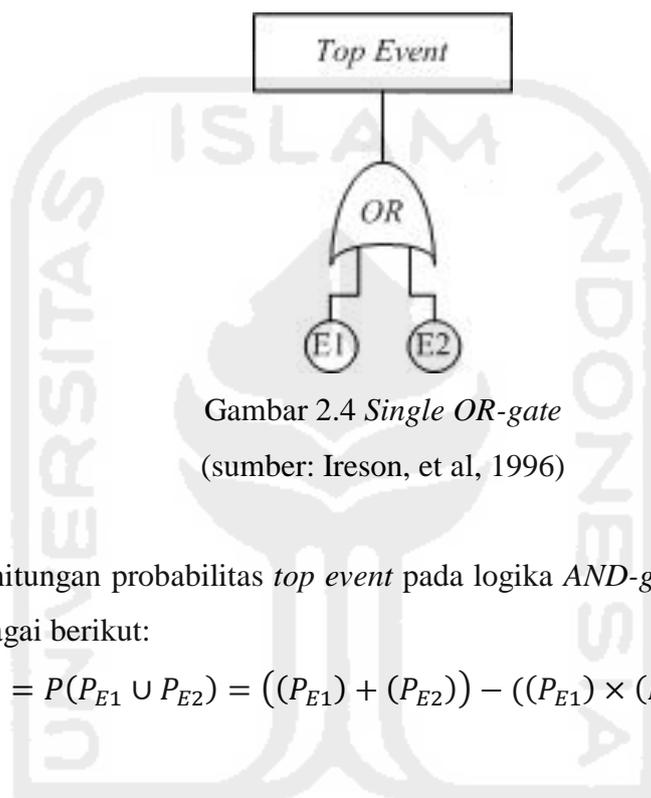
Gambar 2.3 *Single AND-gate*
(sumber: Ireson, et al, 1996)

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

$$P_{top} = P(P_{E1} \cap P_{E2}) = (P_{E1}) \times (P_{E2}) \dots \dots \dots 2.3$$

2. *OR-gate*

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



Gambar 2.4 *Single OR-gate*
(sumber: Ireson, et al, 1996)

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

$$P_{top} = P(P_{E1} \cup P_{E2}) = ((P_{E1}) + (P_{E2})) - ((P_{E1}) \times (P_{E2})) \dots \dots \dots 2.4$$