

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Membahas lingkup cakupan industri, manusia menjadi salah satu komponen yang tidak terlepas dari sebuah sistem. Membahas *human error* yang terkait dengan manusia juga merupakan sebuah aspek yang tidak dapat dipisahkan satu sama lain. *Human error* dapat terjadi pada setiap manusia, penyebabnya bisa bermacam-macam, tingkat keseringan terjadinya *human error* pada tiap orang juga berbeda-beda, terjadinya *human error* pastinya membawa dampak negatif pada sebuah perusahaan atau instansi misalnya kerugian, kesalahan yang fatal bahkan dapat menyebabkan kehilangan nyawa.

Tindakan pencegahan terhadap *human error* perlu dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya hal yang tidak diinginkan yang dapat mendatangkan kerugian. Notosoedirjo (2005) dalam bukunya berjudul Kesehatan Mental: Konsep dan Penerapan, Pencegahan adalah upaya yang secara sengaja dilakukan untuk mencegah terjadinya gangguan, kerusakan, atau kerugian bagi seseorang atau masyarakat. Penelitian yang sudah dilakukan oleh Findiastuti (2008), yang berjudul prediksi *human error* pada aktivitas penggantian piston dan pengoperasian forklift dengan metode *Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach* (SHERPA), bertujuan untuk mencegah kecelakaan kerja pada aktivitas penggantian piston dan pengoperasian *forklift* tersebut. Peneliti tersebut menentukan resiko yang mungkin ditimbulkan dan cara penanganan ketika terjadi *error*.

Human error memang tidak dapat sepenuhnya dihilangkan akan tetapi ada usaha yang dapat dilakukan untuk mengurangi/mereduksi tingkat terjadinya *human error*. Nasution (2012) dalam jurnal perancangan fasilitas kerja untuk mereduksi *human error*, berisikan tentang rancangan fasilitas kerja mesin *rolling* dan alat bantu pegang yang dilakukan pada perusahaan yang memproduksi alat-alat perkebunan kelapa sawit. Keinginan penelitian ini berawal dari banyaknya masalah yang muncul dan disebabkan oleh faktor kelalaian manusia (*human error*). Aktivitas yang repetitif, tenaga kerja yang dibutuhkan besar, postur kerja yang tidak ergonomis adalah sebab terjadinya keluhan *musculoskeletal*, dimana jika terus dibiarkan akan mengakibatkan kerusakan pada jaringan otot. Faktor tersebut menyebabkan perlunya dilakukan adanya tindakan perbaikan di

perusahaan ini untuk mereduksi *human error* sehingga dapat meminimalkan barang cacat maupun part yang hilang atau tercecer. Metode yang akan digunakan adalah dengan metode HTA (*Hierarchical Task Analysis*), HEART (*Human error Assessment and Reduction*), dan FTA (*Fault Tree Analysis*). Hasil perancangan dan perbaikan yang dilakukan, postur tubuh pekerja menjadi lebih aman, dan probabilitas *human error* juga mengalami penurunan.

Human error dalam konteks ini tidak hanya membuat produk dikonveksi tersebut cacat, akan tetapi juga menurunkan tingkat performansi kerja. Haryanto (2005) pada penelitiannya mengungkap dampak performansi kerja operator *cross cut* pada perusahaan Tata Lestari Rimba Buana yang terletak di Magelang. PT ini merupakan sebuah industri yang bergerak pada bidang panel kayu. Penelitian mengamati pekerja yang melakukan aktivitas monoton dengan tingkat konsentrasi tinggi. Penelitian ini menggunakan model ROOK untuk menghitung nilai *human error probability* (HEP) dari tiap aktivitasnya. Hasil yang diperoleh dipakai untuk menghitung nilai keandalan dari operator.

Penelitian yang akan dilakukan sekarang adalah analisis *human error* pada sebuah konveksi pakaian yang berada kawasan Jakarta Barat. Industri ini memproduksi berbagai jenis pakaian mulai dari pakaian tidur, baju oblong, hingga baju gamis, biasanya disesuaikan dengan musim dan juga permintaan dari klien. Berdasarkan dari hasil wawancara dengan pemilik konveksi, dikatakan bahwa tingkat kesalahan pengguntingan atau pemotongan kain pada konveksi ini masih dapat terjadi. Proses pemotongan kain pada konveksi ini masih dilakukan secara manual yakni menggunakan bantuan manusia, tidak hanya pada bagian pemotongan akan tetapi hampir semua aktivitas di konveksi ini melibatkan peranan manusia.

Dampak yang ditimbulkan karena kesalahan pemotongan kain ini diantaranya, harus melakukan pengerjaan ulang (*re-work*), berarti operator harus mengunting ulang kain. Pengerjaan ulang (*re-work*) merupakan sebuah *waste* yang harus dihindari pada sebuah industri manufaktur karena tidak memberikan nilai tambah pada produk yang dihasilkan. Waktu yang seharusnya digunakan untuk memproses pakaian berikutnya menjadi digunakan untuk memperbaiki atau mengerjakan ulang. Dampak terburuk yang bisa terjadi karena kesalahan tersebut adalah para pekerja harus lembur untuk memenuhi permintaan yang belum terpenuhi.

Dampak berikutnya adalah kerugian. Kesalahan pengguntingan yang terlalu fatal menyebabkan kain tersebut tidak dapat digunakan lagi, sehingga akan menjadi *scrap* atau sisa, hal ini tentunya akan membuat kerugian pada konveksi tersebut. Diperlukan sebuah perbaikan untuk mencegah dampak dan mengurangi kerugian tersebut. Pada penelitian ini analisis dilakukan untuk mencari HEP (*Human Error Probability*) dan untuk mengidentifikasi *human error* digunakan metode HEART, dengan metode ini juga dapat ditentukan faktor-faktor apa saja yang berkontribusi atau mempengaruhi terhadap kinerja seorang operator. Hasil yang didapat diharapkan dapat membantu konveksi ini dalam mengurangi *human error* yang terjadi.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Human Error

Human error menurut Mc. Cormick (1993) didefinisikan sebagai keputusan atau perilaku manusia yang tidak tepat yang mengurangi atau berpotensi mengurangi efektivitas, keselamatan atau performa sistem. Beliau berpendapat bahwa faktor yang dapat mempengaruhi hasil kerja manusia ada 2, yakni :

- a. Faktor diri (individu), faktor ini berasal dari internal yakni dari dalam diri manusia itu sendiri. Hal yang tercakup misalnya: sikap, sifat, nilai, karakteristik, motivasi, usia, jenis kelamin, pendidikan, pengalaman.
- b. Faktor situasional, faktor ini berasal dari eksternal individu, contoh faktor situasional adalah lingkungan fisik, mesin, peralatan, metode kerja.

Menurut Pulat (1992) terdapat 2 cara dalam mengklasifikasi kesalahan atau *error*, yaitu :

- a. Klasifikasi Berdasarkan Kelakuan

Klasifikasi kesalahan berdasarkan kelakuan dibagi menjadi 2, yakni :

1. *Error of Omission* adalah kesalahan kerja yang terjadi karena pekerja lupa. Contohnya seorang pekerja terkena setruman listrik karena tidak mematikan listrik terlebih dahulu sebelum memperbaiki lampu.
2. *Error of Commission* adalah sebuah kesalahan yang terjadi dikarenakan pekerja tidak melakukan hal tersebut dengan benar. Contohnya seorang pekerja seharusnya ingin menaikkan kecepatan putar mesin penggiling, akan tetapi pekerja tersebut salah dalam menarik tuas sehingga mesin penggiling berhenti bekerja.

b. Klasifikasi Berdasarkan Tipe Operasi

1. *Assembly Error*

Kesalahan yang dibuat oleh operator perakitan untuk merakit sesuatu. Kesalahan ini dapat ditemukan selama pengecekan atau setelah mengalami kegagalan produk.

2. *Design Error*

Merupakan kesalahan karena kurangnya desain oleh desainer. Penyebabnya mungkin kurangnya waktu untuk mendesain atau pengetahuan desainer yang kurang.

3. *Installation Error*

Kesalahan ini terjadi dalam peralatan yang sedang dipasang. Penyebabnya adalah kurangnya pengalaman dalam memasang dan kesalahan dalam membaca buku petunjuk pemasangan.

4. *Inspection Error*

Kesalahan inspector yang kurang 100% akurat dalam melakukan inspeksi. Ada barang baik dibuang dan rakitan yang tidak baik atau barang rusak yang tidak sengaja terlewat.

5. *Maintenance Error*

Pekerja bagian Maintenance yang melakukan kesalahan yaitu kesalahan memperbaiki peralatan

6. *Operating Error*

Kesalahan yang dilakukan oleh pekerja operasi di lingkungannya. Berbagai tipe kesalahan dibuat oleh pekerja ini selama peralatan tersebut digunakan.

Berbeda dengan yang disebutkan Pulat (1992), Meister (1971) juga mengemukakan terdapat beberapa alasan penyebab terjadinya *human error*, diantaranya :

- a. Penerangan tidak memadai di area kerja
- b. Pelatihan atau kemampuan yang kurang mencukupi
- c. Desain alat yang buruk
- d. Temperatur yang tinggi di area kerja
- e. Tingkat kebisingan tinggi
- f. Tata kerja yang tidak memadai
- g. Area kerja padat atau sempit
- h. Motivasi pekerja buruk

- i. Peralatan tidak sesuai
- j. Prosedur pengoperasian dan perawatan peralatan yang buruk
- k. Penanganan material tidak memadai
- l. Manajemen buruk
- m. Pekerjaan yang terlalu rumit
- n. Komunikasi buruk

Sutalaksana (1979) dalam bukunya yang berjudul Teknik Tata Cara Kerja mengidentifikasi penyebab terjadinya kesalahan atau *error* menjadi 3 yakni:

a. *System Induced Human Error*

System Induced Human Error adalah dimana mekanisme suatu sistem memungkinkan manusia melakukan kesalahan, misalnya manajemen yang tidak menerapkan disiplin secara baik dan tepat.

b. *Design Induced Human Error*

Design Induced Human Error adalah dimana terjadinya kesalahan disebabkan oleh perancangan atau desain sistem kerja yang kurang baik.

c. *Pure Human Error*

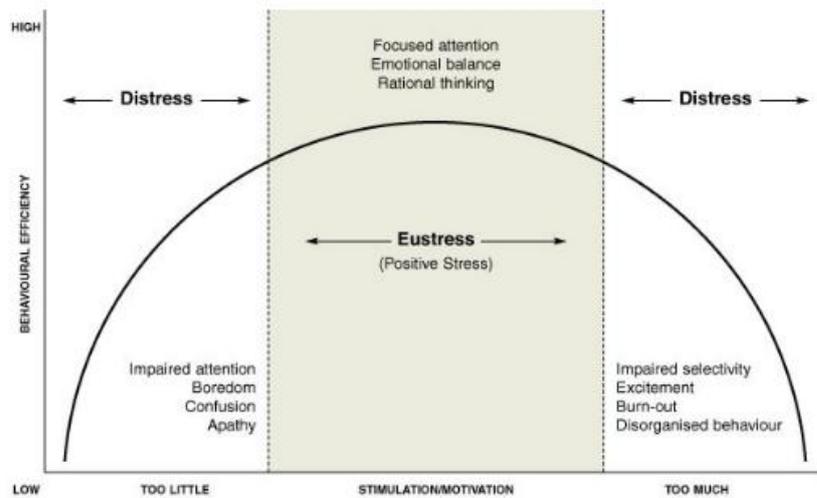
Pure Human Error adalah kesalahan yang terjadi murni berasal dari dalam diri manusia itu sendiri, misalnya karena *skill*, pengalaman dan psikologis.

2.2.2. Sebab Terjadinya Human Error

Berikut ini adalah penyebab utama yang menyebabkan manusia melakukan *human error* :

- a. Perilaku buruk (*moievolent behavior*). Kesalahan yang terjadi dengan sengaja sehingga hasilnya di luar batas normal, yang merupakan definisi kesalahan manusia. Jika operator sengaja melakukan kesalahan, sikap tersebut tidak dipertimbangkan dalam keperluan penyelidikan kesalahan.
- b. Rendahnya kemampuan manusia dari pada kebutuhan pekerjaan (*human capability less than the job requirement*). Sewaktu-waktu suatu *job* memerlukan kelebihan dari kemampuan manusia, operator harus memilikinya untuk membuat perkiraan, bukan perilaku dalam periode waktu yang dibagikan atau melakukan pekerjaan lebih rendah. Pada semua kasus, kesalahan dapat dinyatakan. Salah satu tujuan ergonomi adalah mengembangkan perbandingan terbaik diantara keduanya yang merupakan aplikasi dari ergonomi dalam meminimalisir kesalahan.

- c. Ketidakefisienan atau tingkat stress tinggi. keadaan stress akan terjadi kebosanan, kelesuan, dan mengantuk. Stress saat kerja dapat menjadi salah satu faktor seseorang melakukan kesalahan dan menurunkan performansi kerja seseorang. Pada dasarnya pekerja dengan tingkat stress yang tinggi memiliki kemungkinan untuk melakukan kesalahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pekerja yang tingkat stress nya rendah. Gambar 2.1 berikut yang menunjukkan hubungan antara tingkat stress dengan performansi kerja menurut Dhillon (1986).



Gambar 2.1. Stress Diagram

Gambar 2.1 diatas menjelaskan terdapat 2 daerah yang merupakan pengaruh dari stress yang di alami oleh pekerja dengan tingkat performansi yang dicapai. Area pertama seiring dengan tingkat stress yang dialami, hal tersebut dapat meningkatkan tingkat performansi pekerja, hingga pada area 2 performansi pekerja mengalami performansi puncak sekaligus mulai mengalami penurunan, hingga tingkat stress yang dialami pada area 3 performansi mengalami penurunan.

- d. *Insufficient/incorrect training*. Tempat kerja dan metode kerja seharusnya didesain secara ergonomi dengan kondisi lingkungan yang optimal, akan tetapi jika bekerja kurang terampil maka akan mempengaruhi perilaku. Mereka tidak dapat melakukan pekerjaan dengan selektif mungkin. Diantara sifat yang tidak berguna/tidak efisien tersebut akan menghasilkan sebuah kesalahan.

2.2.3. Eliminasi *Human Error*

Menurut Sanders (1993) tingkat terjadinya *human error* dapat dikurangi dengan beberapa cara diantaranya adalah dilakukan pelatihan pada pekerja, perbaikan pada layout atau posisi mesin, desain peralatan kerja. Dibawah ini akan dijelaskan lebih lanjut mengenai cara mengeliminasi *human error* menurut Sanders (1993).

a. Pemilihan pekerja

Menentukan pekerja yang tepat dan diletakan pada sebuah pekerjaan merupakan tindakan yang dapat dilakukan guna mengurangi terjadinya *human error*. Pemilihan pekerja dapat ditentukan berdasarkan kemampuan motorik, intelektual, faktor pengalaman kerja juga dapat dijadikan sebagai acuan dalam memilih pekerja.

b. Pelatihan pekerja

Salah satu faktor yang menyebabkan terjadinya *human error* adalah kurangnya pengalaman atau kemampuan dari pekerja tersebut, sehingga pelatihan pekerja perlu dilakukan untuk membekali ilmu pada pekerja. Dalam penerapan di dunia nyata, untuk mengadakan pelatihan kerja sendiri membutuhkan biaya yang besar.

c. Desain

Berdasarkan dari pernyataan Meister (1971) desain peralatan kerja yang buruk merupakan salah satu penyebab terjadinya *human error*, tidak hanya terpaku pada desain peralatan, desain juga berlaku untuk layout/ tata letak mesin, prosedur pengerjaan, dan kondisi lingkungan kerja.

2.2.4. Kendala Mereduksi *Human Error*

Menurut Thomas dkk (2002) dalam buku yang berjudul *Application of Human Factors in Reducing Human Error in Existing Offshore Facilities*, mengemukakan bahwa dalam mereduksi *human error* akan ditemui kendala-kendala sebagai berikut:

- a. Biaya yang diperlukan untuk memperbaharui sistem dan memodifikasi peralatan dan mesin yang digunakan
- b. Kebutuhan untuk memodifikasi prosedur, pelatihan sebagai hasil dari perubahan dari alat dan mesin

- c. Dibutuhkan waktu untuk pekerja dalam menyesuaikan diri dengan sistem baru yang berkemungkinan terjadi dampak negatif, yakni pekerja tidak dapat menyesuaikan diri mereka dengan sistem baru.

2.2.5. Human Reliability Assessment

Human reliability assessment merupakan sebuah pendekatan yang digunakan untuk mengetahui tingkat keandalan manusia. Keandalan manusia dapat didefinisikan sebagai suatu probabilitas seseorang akan bebas dari kesalahan dalam jangka waktu tertentu, atau dengan kata lain peluang seseorang mengerjakan suatu aktivitas sesuai dengan tujuannya Dhillon B. S., (1987). Tujuan dari HRA sendiri adalah mengidentifikasi area dengan resiko tinggi, mengukur resiko tersebut, penyebab serta perbaikan apa yang harus dilakukan untuk memperbaiki sistem tersebut. Nilai HRA dipengaruhi oleh HEP, nilai HEP adalah suatu alat yang untuk mencari probabilitas kesalahan yang dilakukan manusia dalam melakukan pekerjaan.

HRA juga dapat memprediksikan hasil performansi manusia berhubungan dengan tugas/pekerjaan spesifik, memisahkan faktor-faktor dalam sistem dimana dapat menghasilkan lebih banyak kesalahan manusia, dan mengidentifikasi faktor-faktor yang mungkin dapat menghasilkan akibat yang tidak diinginkan. Bell & Holroyd (2009) menyebutkan dalam bukunya yang berjudul *Review of Human Reliability Assessment Methods* bahwa HRA dalam analisisnya memberikan metode-metode dari memprediksikan dan mengevaluasi performansi manusia secara kuantitatif dan kualitatif. Berbagai metode pengukuran HRA digunakan untuk memprediksi aktivitas manusia dalam sebuah sistem. Metode dan teknik ini berguna untuk mengkuantifikasikan kesalahan-kesalahan atau *error* yang terjadi. Tabel 2.1. dibawah ini adalah 35 daftar metode pengukuran HRA dalam buku *Review of human reliability assessment methods* oleh Bell & Holroyd (2009).

Tabel 2.1. Metode-Metode HRA

Metode	Kepanjangan
ASEP	<i>Accident Sequence Evaluation Programme</i>
AIPA	<i>Accident Initiation and Progression Analysis</i>
APJ	<i>Absolute Probability Judgement</i>
ATHEANA	<i>A Technique for Human Error Analysis</i>
CAHR	<i>Connectionism Assessment of Human Reliability</i>
CARA	<i>Controller Action Reliability Assessment</i>
CES	<i>Cognitive Environmental Simulation</i>

Lanjutan Tabel 2.1.

Metode	Kepanjangan
CESA	<i>Commission Errors Search and Assessment</i>
CM	<i>Confusion Matrix</i>
CODA	<i>Conclusions from occurrences by descriptions of actions</i>
COGENT	<i>COGNitive EveNt Tree</i>
COSIMO	<i>Cognitive Simulation Model</i>
CREAM	<i>Cognitive Reliability and Error Analysis Method</i>
DNE	<i>Direct Numerical Estimation</i>
DREAMS	<i>Dynamic Reliability Technique for Error Assessment in Man-machine System</i>
FACE	<i>Framework for Analysing Commission Errors</i>
HCR	<i>Human Cognitive Reliability</i>
HEART	<i>Human Error Assessment and Reduction Technique</i>
HORAAM	<i>Human and Organisational Reliability Analysis in Accident Management</i>
HRMS	<i>Human Reliability Management System</i>
INTENT	<i>Not an acronym</i>
JHEDI	<i>Justified Human Error Data Information</i>
MAPPS	<i>Maintenance Personnel Performance Simulation</i>
MERMOS	<i>Method d'Evaluation de la Realisation des Missions Operateur pour la Surete</i>
NARA	<i>Nuclear Action Reliability Assessment</i>
OATS	<i>Operator Action Tree System</i>
OHpra	<i>Operational Human Performance Reliability Analysis</i>
PC	<i>Paired comparisons</i>
PHRA	<i>Probabilistic Human Reliability Assessment</i>
SHARP	<i>Systematic Human Action Reliability Procedure</i>
SLIM-MAUD	<i>Success Likelihood Index Methodology, Multi-attribute Utility Decomposition</i>
SPAR-H	<i>Simplified Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment</i>
STAHR	<i>Socio-Technical Assessment of Human Reliability</i>
TESEO	<i>Tecnica empirica stima errori operatori</i>
THERP	<i>Technique for Human Error Rate Prediction</i>

Pembahasan berikutnya berisi 17 daftar metode yang dianggap berpotensi dan sering digunakan dalam menghitung HRA (Tabel 2.2). Diantara berbagai jenis metode yang tersedia, peneliti dapat memilih dengan metode apa yang harus digunakan sesuai dengan kondisi sistem yang ingin diukur. Daftar metode tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Daftar Metode yang Sering Digunakan Beserta Ulasan Singkat

Metode	Ulasan	Domain
THERP	Pendekatan HRA yang komprehensif dikembangkan untuk USNRC	Nuklir dengan aplikasi lebih luas
ASEP	Versi singkat THERP dikembangkan untuk USNRC	Nuklir
HEART	Mudah diaplikasikan relatif cepat untuk diterapkan dan mudah untuk dipahami oleh para insiyur dan spesialis. Metode ini juga mudah ditemukan pada naskah penelitian	Umum
SPAR-H	Metode yang berguna pada situasi penilaian rinci tidak diperlukan. Metode ini juga dikembangkan oleh USNRC	Nuklir dengan aplikasi lebih luas
ATHEANA	Sumber daya intensif dan akan mendapat manfaat dari pengembangan lebih lanjut. Dikembangkan oleh USNRC	Nuklir dengan aplikasi lebih luas
CREAM	Perlu pengembangan lebih lanjut. Tersedia dalam sejumlah referensi yang diterbitkan.	Nuklir dengan aplikasi lebih luas
APJ	Mebutuhkan kontrol yang ketat untuk meminimalkan bias, jika tidak dovaliditas dapat dipertanyakan hasilnya. Dilihat oleh beberapa sebagai lebih valid bahwa PC dan SLIM.	Umum
PC	Mebutuhkan kontrol ketat untuk meminimalkan bias, jika tidak validitas dapat dipertanyakan	Umum
SLIMMAUD	Mebutuhkan kontrol ketat untuk meminimalkan bias elemen SLIM, jika tidak validitas dapat dipertanyakan. Elemen SLIM tersedia untuk umum	Nuklir dengan aplikasi lebih luas
HRMS	Alat komputerisasi yang komprehensif.	Nuklir
JHEDI	Teknik skrining lebih cepat dari HRMS.	Nuklir
INTENT	Fokus metode sempit pada kesalahan. Jarnag digunakan, tetapi tetap bermanfaat.	Nuklir
CAHR	Metode basis data	Umum
CESA	Berpotensi bermanfaat, metode yang tidak dipublikasikan secara umum.	Nuklir
CODA	Mebutuhkan pengembangan lebih lanjut dan CAHR atau CESA	Nuklir
MERMOS	Dikembangkan dan digunakan oleh EdF, metode yang masih dalam pengembangan.	Nuklir
NARA	Versi khusus nuklir HEART. Tidak dipublikasikan secara umum.	Nuklir

2.2.6. Manufaktur Diskrit dan Manufaktur Kontinyu

Sebelum memilih metode yang akan digunakan dalam menyelesaikan masalah pada konveksi ini, langkah awal adalah menentukan jenis dari usaha koneksi ini. Terdapat 2 jenis manufaktur, yakni manufaktur diskrit dan manufaktur kontinyu. Industri produk diskrit adalah industri yang dari bahan baku hingga menjadi produk jadi mengalami perpindahan dari mesin ke mesin lain, sehingga pengerjaannya terputus-putus, oleh sebab itu disebut diskrit. Industri proses kontinyu adalah jenis industri dimana proses pengolahan dari bahan baku hingga menjadi produk jadi diolah secara berlanjut, antara mesin satu dengan mesin lainnya tidak terputus.

Perbedaan lain antara manufaktur diskrit dan kontinyu adalah, jika manufaktur diskrit resep produk dikenal dengan sebutan BOM (*Bill of Material*) maka di manufaktur kontinyu resep tersebut disebut sebagai formula. Di *Bill of Material* (BOM) memiliki proses yang bermacam-macam seperti proses *assembly*, *cutting*, *painting* dan sebagainya. Manufaktur kontinyu juga sering disebut sebagai industri *batch*, karena produk yang dihasilkan dicirikan dalam suatu *batch*. Perbedaan lainnya antara kedua jenis manufaktur ini adalah *output* dari produk diskrit dapat dikembalikan ke bentuk semula, contoh yang mudah ditemukan di keseharian misalnya kipas angin, sepeda, rak sepatu, dan sebagainya, sementara produk atau output dari industri proses/ kontinyu tidak dapat dikembalikan ke bentuk semula. Contoh produk dari manufaktur kontinyu misalnya cairan, gas, serbuk, pupuk dan sebagainya. Wicken dkk (2004) dalam buku yang berjudul *An Introduction to Human Factors Engineering* memberikan karakteristik perbedaan aktivitas diskrit dan kontinyu, perbedaan kedua aktivitas tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3. Perbandingan Aktivitas Diskrit dan Kontinyu

	Kendalan manusia	
	Aktivitas Diskrit	Aktivitas Kontinyu
Definisi Sistem	Aktivitas terdiri dari beberapa unit perilaku manusia	Aktivitas dengan kendali kontinyu seperti kewaspadaan, penelusuran dan stabilasi.

Lanjutan Tabel 2.3.

	Kendalan manusia	
	Aktivitas Diskrit	Aktivitas Kontinyu
Konfigurasi Sistem	Hubungan dari unit unit perilaku untuk aktivitas tertentu	Tidak diperlukan pendefinisian hubungan antara unit-unit aktivitas
Analisis kegagalan sistem	Kategori <i>human error</i> : penurunan dari suatu <i>mutually exclusive</i> dan set lengkap dari <i>human error</i> untuk aktivitas tertentu	Logika binari <i>error</i> untuk respon sistem kontinyu
Sifat Kegagalan	Terkadang sulit menyatakan binari	Terkadang sulit menyatakan binari
	Kesalahan Multidimensional	Kesalahan Multidimensional
	Kesalahan karena sebab umum	Kesalahan karena sebab umum
	Koreksi Kesalahan	Koreksi Kesalahan
Penyebab Kegagalan	Tidak ada hukuman baik dan umum yang dapat diterima sebagai penjelasan penyebab <i>human error</i> .	Tidak ada hukuman baik dan umum yang dapat diterima sebagai penjelasan penyebab <i>human error</i> .
Evaluasi Keandalan Sistem	Sulit karena masalah penggambaran hubungan fungsional antar unit aktivitas manusia	Desain analisis probabilistik dari logika binari <i>error</i> untuk model stokastik respon sistem diturunkan
Data	1. Basis data yang dapat dipercaya dan berguna untuk unit aktivitas manusia	1. Basis data yang dapat dipercaya dan berguna untuk unit aktivitas manusia
	2. Sangat bergantung pada keputusan ahli	2. Sangat bergantung pada keputusan ahli

2.2.7. Estimasi HEP (*Human Error Probability*)

Membahas *human error probability* merupakan sebuah pembahasan yang erat dengan *Human Reliability*. Metode-metode *Human Reliability* yang telah dibahas pada bagian sebelumnya berguna untuk mendapatkan nilai *human error probability* (HEP), dari HEP dapat diketahui pada bagian mana perlu dilakukan perbaikan. *Human error probability* atau HEP merupakan pengukuran yang utama dalam performansi seseorang Pulat (1992). Rumus mendefinisikan HEP adalah sebagai berikut Dhillon (1986):

$$\text{Human error probability} = \frac{En}{Ope} \quad (2.1)$$

Ope merupakan jumlah kemungkinan terjadinya *human error* dan *En* adalah *error* yang terjadi, *En* adalah jumlah total *error* yang terjadi. *Human Reliability* adalah kebalikan dari HEP, dengan demikian *Human Reliability* didapatkan dari rumus:

$$HR = 1 - HEP \quad (2.2)$$

2.2.8. Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART)

HEART merupakan sebuah metode yang pertama kali diperkenalkan oleh *Williams* pada tahun 1985, pada waktu itu beliau bekerja di *Central Electricity Generating Board*. HEART merupakan salah satu metode kuantifikasi *human error*. HEART dirancang sebagai metode kuantifikasi resiko *human error* yang cepat, sederhana dan mudah dipahami oleh *engineers* dan *human factors specialists*. HEART merupakan metode yang umum yang dapat diaplikasikan di segala situasi atau industri dimana *human reliability* dianggap penting. Secara ekstensif, HEART awalnya digunakan di industri nuklir di *United Kingdom* dan juga di kebanyakan industri lain seperti industri kimia, penerbangan, kereta api, pengobatan dan sebagainya Bell & Holroyd (2009).

Metode HEART digunakan dalam mengukur kesalahan manusia dalam tugasnya sebagai operator, dasarnya teknik ini merupakan campuran dari penilaian subjektif dengan data dari sisi ergonomi dan literatur performansi psikologi manusia yang akhirnya berdampak pada performansi kerja.

Metode ini didasarkan pada sejumlah hal, yaitu:

- a. Keandalan manusia dasar tergantung pada sifat generik dari tugas yang akan dilakukan.
- b. Dalam kondisi sempurna (*perfect condition*), tingkat keandalan akan cenderung dicapai secara konsisten dengan kemungkinan nominal yang diberikan dalam batas probabilistik.
- c. Mengingat bahwa kondisi yang sempurna tidak ada dalam segala situasi, keandalan manusia diprediksi dapat menurun sebagai fungsi dari sejauh mana identifikasi *Error Producing Conditions* (EPCs) dapat berlaku.

Berikut adalah beberapa kelebihan dan kekurangan dari metode HEART (*Human Error Assessment and Reduction Technique*) Bell & Holroyd (2009).

- a. Kelebihan
 1. Metode perhitungan keandalan manusia yang memiliki aplikasi penerapan yang luas, cepat, serta sederhana dan juga dapat memberi saran bagi pengguna (pengukur) tentang usulan perbaikan.
 2. Data yang diperlukan untuk menyelesaikan penilaian mudah untuk didapat.
 3. Metode ini dapat menganalisis *sensitivity analysis*.
 4. Metode ini dikembangkan terutama untuk penilaian desain kerja.
- b. Kekurangan
 1. Membutuhkan kejelasan deskripsi yang lebih besar untuk membantu pengguna saat membedakan antara tugas umum dan EPC.
 2. Belum ada informasi tentang sejauh mana tugas harus diuraikan dan dianalisis.
 3. Sifat penilaian bersifat subyektif dalam menentukan proporsi pengaruh yang dinilai.
 4. Hanya sumber masalah atau penyebab masalah yang dinilai.
 5. Ketergantungan diantara faktor yang berbeda tidak dimodelkan dalam teknik.

Adapun langkah-langkah untuk menentukan nilai HEP dengan menggunakan metode HEART adalah sebagai berikut:

1. Mengklasifikasi tiap aktivitas dasar atau jenis pekerjaan ke dalam *Generic Categories*. Hasil klasifikasi tiap aktivitas dasar ke GC akan didapatkan *nominal human unreability* untuk setiap aktivitas dasar. Tabel GC pada metode HEART dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4. Generic Categories Metode HEART

Kode	<i>Generic Task</i>	Nilai <i>Human Unreability</i>	<i>Range</i>
(A)	Pekerjaan/task yang benar-benar asing/tidak dikuasai, dilakukan pada suatu kecepatan tanpa konsekuensi yang jelas	0,55	(0,35-0,97)
(B)	Mengubah atau mengembalikan sistem ke keadaan yang baru atau awal dengan satu upaya tunggal tanpa pengawasan atau prosedur	0,26	(0,14-0,42)

Lanjutan Tabel 2.4.

Kode	Generic Task	Nilai Human Unreliability	Range
(C)	Pekerjaan yang kompleks dan membutuhkan tingkat pemahaman dan keterampilan yang 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, dan memerlukan tingkat keterampilan yang rendah	0,02	(0,007-0,045)
(F)	Mengembalikan atau menggeser sistem ke kondisi awal atau baru dengan mengikuti prosedur, dengan beberapa pemeriksaan	0,003	(0,0008-0,007)
(G)	Pekerjaan yang sudah familiar/dikenal, dirancang dengan baik, merupakan tugas rutin yang terjadi beberapa kali per jam, dilakukan berdasarkan standard yang sangat tinggi oleh personel yang telah terlatih dan berpengalaman dengan waktu untuk memperbaiki kesalahan yang potensial	0,0004	(0,00008-0,007)
(H)	Menanggapi perintah sistem dengan benar bahkan ada sistem pengawasan otomatis tambahan yang menyediakan interpretasi akurat	0,00002	(0,000006-0,009)

2. Langkah berikutnya adalah menentukan *Error Producing Condition* (EPC)

EPC adalah faktor yang menyebabkan atau membuat kesalahan tersebut terjadi. Kondisi lapangan seperti suhu lingkungan kerja, kebisingan, dan lainnya dikelompokkan dalam EPC. Faktor ini kemudian menjadi penunjuk perkiraan jumlah nilai maksimum dimana ketidakandalan dapat berubah dari kondisi baik ke buruk. Setiap EPC memiliki nilai pengaruh yang berbeda-beda, semakin ke bawah no EPC maka nilai EPC nya akan semakin rendah. Berdasarkan Bell & Holroyd (2009) terdapat 38 EPC yang dapat berdampak pada keandalan kerja manusia. Tabel EPC terbaru berdasarkan Bell & Holroyd (2009) dapat dilihat pada Tabel 2.5 berikut.

Tabel 2.5. EPCs Metode HEART

	EPC	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 spasial dan fungsional kepada <i>operator</i> dalam bentuk <i>operator</i> dapat secara siap memahaminya	8
6	Ketidaksesuaian antara SOP dan kenyataan dilapangan	8
7	Tidak adanya cara untuk membalikan kegiatan yang tidak 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 standar	5,5
12	Mengesampingkan informasi atau fitur yang terlalu mudah 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	<i>Operator</i> yang tidak berpengalaman (Seperti: Baru memenuhi kualifikasi namun tidak <i>expert</i>)	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

Lanjutan Tabel 2.5.

EPC		Nilai EPC
19	Tidakadanya perbedaan dari input informasi untuk pengecekan ketelitian	2
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 tubuhdiluar 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 dari aktivitas	1,4
29	Level emosi yang tinggi	1,3
30	Adanya gangguan kesehatan khususnya demam	1,2
31	Tingkat kedisiplin 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 <i>operator</i> yang melakukan pekerjaan	1,02

- Menentukan nilai proporsi kesalahan. Tiap EPC yang telah dipilih pada tahap berikutnya, langkah yang harus dilakukan adalah menentukan proporsi. Nilai proporsi berkisar antara 0 hingga 1, dimana 0 rendah dan 1 adalah nilai tertinggi. Nilai proporsi 0 berarti faktor EPC yang dipilih tidak memiliki pengaruh terhadap kemungkinan terjadinya *error*. Nilai 1 berarti nilai EPC yang dinilai memberikan pengaruh yang paling tinggi terhadap kemungkinan terjadinya *error*. Kriteria dalam penentuan asumsi proporsi kesalahan pada metode HEART dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Assessed Proportion	Keterangan
0	EPC tidak berpengaruh terhadap HEP
0,1	Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC sering (frekuensi > 5 kali setiap shift) terjadi dan disertai minimal 3 EPC yang lain
0,2	Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC sering (frekuensi > 5 kali setiap shift) terjadi dan disertai minimal 2 EPC yang lain
0,3	Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC sering (frekuensi > 5 kali setiap shift) terjadi dan disertai minimal 1 EPC yang lain
0,4	Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC sering (frekuensi > 5 kali setiap shift) terjadi tanpa disertai EPC yang lain
0,5	Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC jarang (frekuensi= 2-5 kali setiap shift) terjadi dan disertai minimal 2 EPC yang lain
0,6	Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC jarang (frekuensi= 2-5 kali setiap shift) terjadi dan disertai minimal 1 EPC yang lain
0,7	Dapat berpengaruh terhadap HEP jika EPC jarang (frekuensi= 2-5 kali setiap shift) 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 dengan EPC yang lain

Keterangan: Williams,1986

Gambar 2.2. Kriteria Asumsi Proporsi HEART

Berdasarkan nilai EPC dan nilai proporsi, maka bisa didapatkan nilai *assessed effect*. Tipe GC dari A-C rumus *assessed effect* nya adalah:

$$E^{\prime} = ((E - 1) * PoA) \quad (2.3)$$

Sedangkan untuk tipe GC berikutnya menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$E^{\prime} = ((E - 1) * PoA) + 1 \quad (2.4)$$

Keterangan:

E^{\prime} = Nilai *Assessed Effect*

E = Nilai EPC

PoA = Nilai Proporsi

- Menghitung HEP adalah langkah terakhir dari metode ini. HEP (*Human Error Probability*) pada HEART didapatkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$HEP = GT * E^{\prime}1 * E^{\prime}2 * E^{\prime}3 \dots \quad (2.5)$$

Keterangan:

HEP = *Human Error Probability*

GT = Nilai *Generic Task*

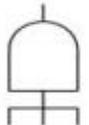
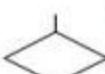
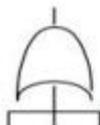
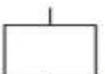
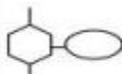
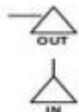
$E^{\prime}n$ = Nilai *Assessed Effect*

2.2.9. Fault Tree Analysis

Fault Tree Analysis adalah sebuah metode yang digunakan untuk mengetahui pola kegagalan. Metode ini dikembangkan oleh H.W. Watson dari Bell Laboratories pada tahun 1961. Metode ini merupakan sebuah teknik analisa logika yang menggunakan simbol yang ditemukan pada area *operation research*. Bagian paling atas menunjukkan kejadian yang tidak diharapkan, sedangkan pada bagian bawah adalah kemungkinan-kemungkinan penyebab atau faktor pemicu terjadinya kejadian yang tidak diinginkan tersebut. FTA banyak digunakan sebagai teknik analisa hubungan sebab akibat dari suatu resiko ketidakandalan. Adapun langkah yang harus dilakukan pada analisis menggunakan metode FTA Dhillon (1986), yakni :

- a. Menentukan tujuan dari suatu sistem
- b. Membuat *Fault Tree*
- c. Menentukan data secara kualitatif
- d. Mendapatkan data untuk event melalui pertanyaan
- e. Menentukan data secara kuantitatif
- f. Mengusulkan rekomendasi

Proses pembuatan FTA menggunakan simbol-simbol yang menggambarkan hubungan logika dari kejadian. Simbol-simbol tersebut dijelaskan pada Gambar 2.3 sebagai berikut.

 <p>BASIC EVENT Basic fault event yang tidak membutuhkan pengembangan lebih lanjut dan independen dengan event lain</p>	 <p>SWITCH Digunakan untuk memasukkan atau mengeluarkan bagian dari fault tree yg mungkin tdk diperlukan dlm situasi ttt</p>
 <p>BASIC EVENT Basic fault event dependen dan membutuhkan pengembangan menjadi even yang lebih rendah</p>	 <p>AND GATE Failure akan terjadi jika seluruh input gagal (parallel redundancy)</p>
 <p>BASIC EVENT Basic fault event dependen dan tidak membutuhkan pengembangan menjadi even yang lebih rendah</p>	 <p>OR GATE Failure akan terjadi jika sebagian input gagal (series reliability)</p>
 <p>COMBINATION EVENT Event hasil kombinasi basic event melalui input logic gates</p>	 <p>INHIBIT GATE Menjelaskan hubungan kausal dengan fault event yang lain</p>
 <p>TRANSFERRED EVENT Garis masuk menunjukkan transfer masuk, garis keluar menunjukkan transfer keluar</p>	

Gambar 2.3. Simbol dalam Metode Fault Tree Analysis Oleh Kirwan (1994)

Probabilitas terjadinya *error* hasil kombinasi dari logika OR dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$F_{OR} = 1 - (1 - f_n)(1 - f_{n+1}) \quad (2.6)$$

Probabilitas terjadinya *error* hasil kombinasi dari logika AND dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$F_{AND} = (f_n) (f_{n+1}) \quad (2.7)$$