

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Dalam melakukan penelitian diperlukan dasar-dasar teori dan argumen yang berhubungan dengan konsep-konsep permasalahan penelitian dan akan digunakan dalam analisis. Dalam bab ini akan dijelaskan beberapa dasar-dasar teori dan argumentasi yang digunakan dalam penelitian.

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian telah dilakukan berkenaan dengan konsep yang dijadikan referensi dalam penelitian ini. Berikut merupakan *review* dari beberapa penelitian sebelumnya:

1. Sari (2008) mengkaji tentang keandalan operator mesin *Ring Spinning* yang merupakan mesin inti dalam pembuatan benang dan membutuhkan pengawasan lebih dengan menggunakan metode HEART dan SPAR-H. Selain itu, dihitung juga beban kerja operator dengan pengukuran beban kerja fisik dan mental. Dari kedua metode kuantifikasi HRA diperoleh bahwa keandalan operator tergolong rendah. Dari hasil pengukuran beban kerja baik melalui *worksampling* maupun pengeluaran energi didapatkan kesimpulan bahwa beban kerja pelaksana produksi tergolong tinggi. Selain itu dengan metode QEC didapatkan bagian tubuh yang rawan terjadi cedera ialah bagian pergelangan dan leher.
2. Mizmir (2011) meneliti tentang hubungan antara *burnout* yang merupakan kelelahan fisik, mental, dan emosional yang dirasakan oleh pustakawan dengan kepuasan kerja pustakawan di Pusat Jasa Perpustakaan dan Informasi Perpustakaan Negara Republik Indonesia dengan menggunakan Maslach *Burnout Inventory* (MBI) dan kuesioner kepuasan kerja. Hubungan *burnout* dengan kepuasan kerja dihitung menggunakan uji korelasi pearson dengan nilai $r=0,427$. Hasil penelitian menyatakan bahwa terdapat hubungan yang cukup erat antara *burnout* dengan kepuasan kerja pustakawan di Pusat Jasa Perpustakaan dan Informasi Perpustakaan Nasional Republik Indonesia.
3. Zhang, dkk (2013) menggunakan pendekatan *fuzzy* untuk mengolah penilaian *linguistic* dari *experts*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan *probabilistic reliability* pada *basic events* dari sebuah *fault tree* yang unsur subjektivitasnya sangat tinggi karena dinilai dengan kualitatif oleh para *experts*.

4. Casamirra, dkk (2011) mengidentifikasi kemungkinan kecelakaan kerja yang melibatkan operator dengan menggunakan metode *Fuzzy Fault Tree* (FFT) dan modifikasi metode HEART dengan *fuzzy approach* pada *medical irradiation*.
5. Peng-Cheng, dkk (2010) menggunakan *fuzzy* untuk menentukan HEP, EEP, dan ECS pada *Human Risk Importance* (HERI). Dalam penelitian ini dilakukan pengolahan terhadap *variabel linguistic* dari pendapat *experts* sehingga dapat ditemukan sebuah angka pasti (*crisp*).

Untuk lebih jelasnya, perbandingan antara penelitian ini dengan penelitian terdahulu dapat ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian ini dengan Penelitian Terdahulu

	Sari (2008)	Mizmir (2011)	Peng-cheng (2010)	Casamirra (2011)	Penelitian ini (2014)
Judul Penelitian	Perbaikan Sistem Kerja dengan Pendekatan Ergonomi dan <i>Human Reliability Assessment</i> (Studi Kasus PT. Industri Sandang Pangan Nusantara Unit Patal Lawang	Hubungan <i>Burnout</i> Dengan Kepuasan Kerja Pustakawan Di Pusat Jasa Perpustakaan dan Informasi Perpustakaan Negara Republik Indonesia	<i>Fuzzy Logic-based Approach for Identifying The Risk Importance of Human Error</i>	<i>Safety Analyses Of Potential Exposure In Medical Irradiation Plants By Fuzzy Fault Tree</i>	Analisa Beban Kerja Perawat UGD Menggunakan Maslrah <i>Burnout Inventory</i> dan Modifikasi HEART
Metode	Konsumsi energi, QEC, HEART, SPAR-H	MBI, Kuesioner kepuasan kerja	<i>Fuzzy linguistic, defuzzifikasi Center of Gravity</i>	<i>Fuzzy Fault Tree, Fuzzy HEART</i>	MBI, <i>Fuzzy HEART</i>
Objek Penelitian	Industri Manufaktur (PT. Industri Sandang Pangan Nusantara)	Perpustakaan Negara Republik Indonesia (PNRI)	PWR Nuclear Power Plant	Medical irradiation plant	Rumah Sakit Umum (RSU X)
Hasil Penelitian	Beban kerja pelaksana produksi tergolong tinggi dan bagian tubuh yang rawan terjadi cedera ialah bagian pergelangan dan leher	terdapat hubungan yang cukup erat antara burnout dengan kepuasan kerja pustakawan di Pusat Jasa Perpustakaan dan Informasi Perpustakaan Nasional Republik Indonesia	Metode baru untuk <i>Human Error Risk Assessment</i> menggunakan pendekatan <i>fuzzy</i> untuk menentukan faktor resiko dari <i>human error</i>	<i>Fuzzy</i> dapat digunakan untuk mengatasi ketidakpastian dari penialain resiko yang bersifat kualitatif yang menunjukkan hasil bahwa potensial <i>error</i> terdapat pada <i>safety system devices</i> .	Perawat UGD mengalami <i>burnout</i> pada dua dimensi yaitu dimensi fisik dan emosional. Perhitungan dengan menggunakan metode HEART dengan pendekatan <i>fuzzy</i> menunjukkan bahwa aktivitas yang paling berpotensi <i>error</i> adalah aktivitas memberikan tindakan pertolongan pertama.

2.2 Penilaian Beban Kerja Berdasarkan Denyut Nadi

Menurut Adiputra (1998) dalam Arimbawa (2011), secara umum beban kerja dibedakan menjadi dua kelompok besar yaitu:

1. *External load*, yaitu beban kerja yang berasal dari pekerjaan yang sedang dilakukan, yang mempunyai ciri khusus yang berlaku untuk semua orang. Yang termasuk dalam *external load* ini adalah *task*, organisasi dan lingkungan.
2. *Internal load* atau *strain*, yaitu reaksi tubuh seseorang terhadap suatu *external load* yang diberikan.

Denyut nadi merupakan respon fisiologis yang dapat dihitung secara praktis saat ingin mengetahui beban kerja seseorang, karena untuk mengetahui jumlah denyut nadi per menit cukup dilakukan dengan meraba pada radialis dengan teknik palpasi atau dengan *pulsemeter*. Parameter fisiologis dengan denyut nadi per menit tersebut lazim digunakan sebagai indikator penilaian beban kerja karena proses pengukurannya sederhana, biaya murah dan tidak terlalu banyak mengganggu pekerja. Denyut nadi dapat digunakan untuk memprediksi atau sebagai indikator penilaian beban kerja seseorang, yaitu dengan mengkonversikan denyut nadi kerja sesuai dengan tabel kategori beban kerja menurut Christensen (1991) dalam Arimbawa (2011) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2.2 Kategori Beban Kerja Berdasarkan Denyut Nadi

No.	Kategori Beban Kerja	Denyut Nadi Kerja (per menit)
1	Sangat ringan = Istirahat	60-70
2	Ringan	75-100
3	Sedang	100-125
4	Berat	125-150
5	Sangat berat	150-175
6	Ekstrim	>175

Sumber: (Christensen, 1991)

Menurut Adiputra (2002) dalam Arimbawa (2011), data denyut nadi yang perlu diketahui terkait dengan beban kerja adalah:

1. Denyut nadi istirahat atau denyut nadi pada waktu tidak bekerja. Disebut sebagai denyut nadi istirahat karena pengukuran dilakukan pada subjek dalam keadaan istirahat. Pada orang dewasa normal, denyut nadi saat istirahat berkisar antara 60-80 denyut setiap menit. Dalam suatu penelitian yang memakai denyut nadi sebagai salah satu indikator beban kerja, maka denyut nadi istirahat dianggap sebagai kondisi yang menggambarkan kondisi awal subjek.

2. Denyut nadi kerja (nadi saat kerja fisik) yaitu denyut nadi yang diukur pada saat subjek sedang melaksanakan pekerjaan. Kecepatan denyut nadi yang terjadi saat bekerja adalah sebagai akibat dari kecepatan dari metabolisme dalam tubuh. Penghitungan denyut nadi kerja dilaksanakan selama kerja, apabila alat pengukur memungkinkan.
3. Denyut nadi pemulihan atau *recovery heart rate* yaitu denyut nadi yang dialami saat pekerja selesai melaksanakan pekerjaannya. Beban kerja yang diterima pekerja saat bekerja dapat pula diketahui dengan mengukur denyut nadi pemulihan. Ketika mulai berhenti bekerja, maka saat itu denyut nadi akan mulai mengalami penurunan denyut nadinya sampai kembali ke kondisi awal (sebelum bekerja), kondisi denyut nadi tersebut disebut nadi pemulihan. Denyut nadi pemulihan biasanya diukur satu menit setelah pekerjaan dihentikan, kemudian dilanjutkan lagi pada menit kedua, ketiga, keempat dan kelima.

Setelah itu, dapat dilakukan perhitungan ECPT (*extra cardiac pulse due to heat transfer to periphery*) dan ECPM (*extra cardiac pulse due to metabolism*) yang dilaksanakan dengan cara mengukur denyut nadi istirahat dan denyut nadi pemulihan yang diukur sesaat setelah selesai bekerja sebanyak lima kali (P1, P2, P3, P4, dan P5). Perhitungan ECPT dan ECPM dilakukan untuk mengetahui faktor penyebab dari beban kerja tersebut apakah akibat aktivitas yang dilakukan atau akibat lingkungan yang lebih dominan mempengaruhi beban kerja. Faktor lingkungan kerja yang dapat mempengaruhi beban kerja merupakan segala sesuatu yang ada di sekitar pekerja dan yang dapat mempengaruhi dirinya dalam menjalankan tugas-tugas yang dibebankan. Faktor-faktor tersebut diantaranya adalah temperatur ruangan, kebisingan, debu, kondisi psikologis pekerja, dll (Nasution dan Rodiah, 2008). Dengan diketahuinya faktor utama penyebab beban kerja, maka dapat diketahui ke arah mana upaya perbaikan akan dilaksanakan. ECPT dan ECPM ditentukan melalui pengukuran denyut nadi yang dilakukan pada 5 menit terakhir setelah bekerja dan dihitung menggunakan persamaan (2-1) dan (2-2) berikut ini (Adiputra 1998):

$$ECPT = \frac{P3+P4+P5}{3} - P0 \quad (2-1)$$

$$ECPM = (P1 + P2 - P3) - \frac{P3+P4+P5}{3} \quad (2-2)$$

Dimana:

ECPT adalah *extra cardiac pulse due to heat transfer to periphery*

ECPM adalah *extra cardiac pulse due to metabolism*

P0 adalah denyut nadi istirahat

P1, P2, P3, P4, P5 adalah denyut nadi pemulihan menit ke-1, 2, 3, 4, dan 5.

Menurut Adiputra 1998 dalam Ambirawa (2011), nilai ECPT dan ECPM menyatakan:

- a. Bila $ECPT > ECPM$ maka ada *external load* dari lingkungan kepada tubuh yang berarti faktor lingkungan lebih dominan memberikan beban kerja tambahan kepada subjek. Dalam upaya perbaikan maka aspek lingkungan itu harus ditekan sekecil mungkin.
- b. Bila nilai $ECPM > ECPT$ maka berarti memang proses metabolisme karena otot-otot aktif yang lebih dominan mempengaruhi beban kerja. Dalam hal ini berarti kerja fisik tugas yang dilakukan memang berat. Upaya perbaikan ditujukan untuk menurunkan beban kerja utama.
- c. Bila nilai $ECPM = ECPT$ maka berarti kerja fisik dan aspek lingkungan sama-sama memberikan beban kepada tubuh dengan demikian upaya perbaikan ditujukan kepada keduanya.

2.3 *Burnout*

Burnout merupakan istilah baru yang digunakan untuk menunjukkan satu jenis stres. Istilah *burnout* pertama kali diperkenalkan oleh Bradley pada tahun 1969, namun tokoh yang dianggap sebagai penemu dan penggagas istilah *burnout* adalah Herbert Freudenberger pada tahun 1974. Freudenberger yang bekerja sebagai psikiater di salah satu klinik kecanduan obat di New York melihat bahwa banyak tenaga sukarelawan yang semula bersemangat melayani pasien lalu mengalami penurunan motivasi dan komitmen kerja yang disertai dengan gejala kelelahan fisik dan mental.

Burnout adalah suatu bentuk ketegangan atau tekanan psikis yang berhubungan dengan stres kronik, dialami seseorang dari hari ke hari, yang ditandai dengan kelelahan fisik, mental, dan emosional yang terjadi karena stres yang diderita dalam jangka waktu yang cukup lama, pada situasi yang menuntut keterlibatan emosional yang cukup tinggi (Kusumastuti, 2005).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Hariyadi (2006) dikatakan bahwa walaupun intensitas, durasi, frekuensi dan konsekuensinya beragam, *burnout* umumnya mempunyai

tiga komponen, yaitu kelelahan fisik, kelelahan emosional dan kelelahan mental. Gambaran dari ketiga dimensi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Kelelahan fisik

Kelelahan fisik menyebabkan sakit fisik seperti sakit kepala, demam, sakit punggung (rasa ngilu), tegang pada otot leher dan bahu, sering terkena flu, susah tidur, mual, gelisah dan perubahan kebiasaan makan.

2. Kelelahan emosional

Kelelahan emosional dicirikan dengan rasa bosan, mudah tersinggung, sinis, mengeluh tiada henti, marah tanpa sebab, gelisah, tidak peduli dengan orang lain, putus asa, sedih, tertekan dan rasa tidak berdaya.

3. Kelelahan mental

Kelelahan mental dicirikan dengan rasa benci terhadap pekerjaan, rasa gagal, tidak peka, kurang bersimpati dengan orang lain, cenderung masa bodoh dengan dirinya, pekerjaannya dan kehidupannya, rasa tidak puas terhadap pekerjaan, rendah diri dan merasa tidak kompeten serta tidak puas dengan jalan hidup.

2.3.1 Maslach *Burnout Inventory*

Maslach *Burnout Inventory* (MBI) merupakan instrumen yang dibuat oleh Maslach (1981) dan digunakan untuk mengukur tingkat *burnout*. Alat ukur Maslach *Burnout Inventory* bisa digunakan untuk mengukur level *burnout* para pekerja pemberi jasa dengan meminta mereka memilih jawaban yang paling mendekati dengan apa yang mereka rasakan. MBI terdiri dari 22 pertanyaan yang menggambarkan tiga dimensi kerangka kerja teori Maslach terkait *burnout* yang meliputi kejenuhan fisik, emosional dan pencapaian diri (mental). Pertanyaan untuk masing-masing komponen tersebut tidak diurut berdasarkan komponen-komponen *burnout*. Penyusunan pertanyaan diacak untuk menghindari bias. Rangkaian 22 pertanyaan tersebut diajukan kepada para responden untuk mengetahui frekuensi terjadinya tiga aspek dari sindrom *burnout* sebagaimana yang diidentifikasi oleh Maslach yaitu Kejenuhan Fisik (*Physical Exhaustion = PE*), Kejenuhan Emosional (*Emotional Exhaustion = EE*) dan Pencapaian Diri atau Personal (*Personal Accomplishment = PA*).

Pengukuran *burnout* dibagi menjadi 4 kategori berdasarkan jawaban pertanyaan-pertanyaan pada kuesioner MBI, sebagai berikut:

1. 0-2

Tingkatan ini menunjukkan bahwa seseorang merasa cukup bahagia. Skor yang rendah adalah skor yang bagus yang menunjukkan seseorang dapat mengatasi stres dengan baik. Walaupun seseorang mengalami stres, tetapi ia dapat mengelola stres dengan baik dan dapat membuat hidupnya berimbang. Orang-orang pada tingkatan skor ini tidak akan mudah naik pitam, dan dapat menerima stres yang dialami dalam perjalanan hidup.

2. 3-5

Tingkatan ini menunjukkan perlunya memonitor situasi yang dihadapi dan pengambilan tindakan jika keadaan yang dihadapi menjadi lebih buruk. Walaupun tidak perlu diberi peringatan, namun orang pada tingkatan ini perlu meluangkan waktu untuk merefleksi tindakan yang telah diambil untuk mempertimbangkan penyebab stres yang dihadapi, apakah semakin mudah atau semakin sukar untuk ditangani.

3. 6-8

Orang-orang pada tingkatan ini cenderung mudah terkena *burnout*. Ritme kehidupannya cenderung “panas”. Ia sebaiknya berhenti sejenak dari kegiatan-kegiatannya untuk menentukan prioritas kegiatan dan menghilangkan beberapa penyebab stres. Orang pada tingkatan ini perlu pula memeriksakan kesehatan, meninjau kembali tujuan hidup, keseimbangan antara kerja dan hiburan, dan sistem dukungan sosial yang dimilikinya (keluarga, teman dan jaringan sosial lainnya).

4. 9-10

Seseorang yang berada pada tingkatan ini sebaiknya segera berhenti untuk beristirahat. Ia membutuhkan konsultasi dan nasihat, baik medis maupun psikologis agar terhindar dari kondisi kehilangan kendali. Perolehan skor di tingkatan ini menunjukkan bahwa ia sedang dalam tekanan stres berlebihan dalam waktu yang terus menerus dan sudah cukup lama. Tingkatan ini memerlukan tindakan penanganan yang lebih serius.

2.4 *Human Reliability Assessment*

Human Reliability Assessment atau HRA merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk mengetahui tingkat keandalan manusia yang menjadi anggota dari suatu sistem. Keandalan merupakan antitesis dari kemungkinan membuat kesalahan. Sehingga keandalan manusia didefinisikan sebagai suatu probabilitas atau kemungkinan bahwa

performansi seseorang akan bebas dari kesalahan selama jangka waktu tertentu atau probabilitas suatu aktivitas yang dilakukan manusia berhasil sesuai dengan tujuannya dalam suatu sistem operasi pada periode waktu yang ditentukan. Unit dasar pengukur bagi keandalan manusia adalah HEP atau *Human Error Probability*. Dalam sistem ini keandalan manusia digunakan sebagai alat estimasi kemungkinan terjadinya kesalahan.

Human Reliability Assessment memberikan beberapa metode dengan cara memprediksi serta mengevaluasi performansi manusia secara kuantitatif dalam sistem manusia mesin (*man machine system*). *Human reliability* merupakan kebalikan dari HEP. *Human Reliability Assessment* (HRA) dapat dilakukan pada berbagai tugas atau aktivitas yang memiliki tujuan yang spesifik, merupakan satu kesatuan prosedur untuk menyelesaikan tugas/pekerjaan dimana didalamnya menjelaskan bagaimana kesalahan manusia terjadi dan efeknya untuk sistem, *output* yang dihasilkan adalah suatu nilai numerik kuantitatif dari performansi manusia pada suatu tugas dimana probabilitas kesalahan dapat ditaksir. Tujuan dari HRA adalah mengidentifikasi area dengan resiko tinggi, mengurangi keseluruhan resiko dan mengidentifikasi dimana dan bagaimana perbaikan seharusnya dibuat untuk sistem (Meister dalam Pujotomo,2007).

2.4.1 Hierarchical Task Analysis

Hierarchical Task Analysis (HTA) 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 maupun kognitif untuk mencapai tujuan sistem. Menurut Lane et al. (2008) dalam Arifin (2012), menganalisis proses pada tingkat kerja mampu membantu dalam mengurangi *error*. Hal ini dapat dilakukan dengan HTA. HTA akan sangat membantu bahkan ketika alokasi pekerjaan sangat krusial.

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 hingga level dasar yang merupakan level operasi dan individu. Terdapat tiga aspek dalam HTA yaitu *plan*, *stopping rule*, dan *numbering*. *Plan* mendefinisikan aturan main bagaimana aktivitas-aktivitas yang ada pada level di bawahnya dilakukan untuk mencapai *goal*. *Stopping rule* adalah aturan yang membatasi sampai mana *task* harus di *break-down* menjadi operasi. Konsep *stopping rule* yang utama digunakan adalah berhenti mendeskripsi task jika redeskripsi task lebih lanjut tidak lagi

menambah informasi yang berguna untuk analisa proses. *Numbering* (penomoran) dilakukan secara berurutan sesuai hirarki task dan aktivitas yang sudah dibuat.

2.4.2 Metode HEART (*Human Error Assessment and Reduction Technique*)

Metode *Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART) ini dikembangkan oleh Jeremy Williams, ahli ergonomi dari Britania pada tahun 1985. Metode ini digunakan untuk mengukur kesalahan manusia dalam tugasnya sebagai operator (*operator task*). Metode ini relatif cepat, sederhana, lebih mudah dimengerti dalam rangka mengidentifikasi tugas operator untuk dinilai. Dalam langkahnya, metode HEART ini memasukkan unsur penilaian (*judgement*) dari seorang pakar/ahli (*expert opinion*) yang diyakini cukup berpengalaman dalam bidang yang menjadi objek penelitian (Pujotomo, 2007). Metode HEART merupakan teknik yang biasanya digunakan oleh para ergonom untuk memperbaiki performansi dari suatu sistem. Langkah-langkah kuantifikasi dengan metode HEART adalah sebagai berikut:

1. Pengklasifikasian umum jenis tugas sesuai dengan tabel *Generic Task Categories*.
 Pengelompokkan *task* ini dilakukan dengan mengelompokkan *task* dalam kategori generalnya dan nilai level nominalnya untuk *human unreliability* sesuai dengan Tabel 2.3 berikut ini:

Tabel 2.3 *Generic Task*

	Kategori Task	Besaran nilai ketidakhandalan manusia
(A)	Pekerjaan yang sangat asing atau tidak dikuasai yang dilakukan dengan kecepatan dan tanpa konsekuensi jelas	0,55
(B)	Merubah atau mengembalikan sistem ke keadaan yang baru dengan suatu upaya tunggal tanpa pengawasan dan prosedur	0,26
(C)	Pekerjaan kompleks yang membutuhkan tingkat pemahaman dan ketrampilan tinggi	0,16
(D)	Pekerjaan yang cukup sederhana dilakukan dengan cepat atau membutuhkan sedikit perhatian dan bisa diandalkan keberhasilannya	0,09

Tabel 2.3 *Generic Task* (Lanjutan)

	Kategori Task	Besaran nilai ketidakhandalan manusia
(E)	Pekerjaan rutin, terlatih, dan memerlukan ketrampilan yang rendah	0,02
(F)	Mengembalikan atau menggeser sistem ke kondisi semula atau baru dengan mengikuti prosedur dan beberapa pemeriksaan (merubah suatu sistem dengan proses <i>checking</i>)	0,003
(G)	Pekerjaan familiar yang sudah dikenal, dirancang dengan baik dimana merupakan tugas rutin yang terjadi beberapa kali perjam dilakukan berdasarkan standar yang sangat tinggi oleh personal yang telah terlatih dan berpengalaman dan tersedianya waktu untuk memperbaiki kesalahan potensial.	0,0004
(H)	Menanggapi perintah sistem dengan benar bahkan ada sistem pengawasan otomatis tambahan yang menyediakan interpretasi akut	0,00002

Sumber: Kirwan, 1994

Tabel 2.3 menunjukkan kategori aktivitas. Setiap aktivitas harus diidentifikasi *level* pekerjaannya sesuai dengan tabel tersebut. *Generic task categories* dibedakan berdasarkan karakteristik atau sifat yang menggambarkan tugas yang sedang dinilai.

2. Menentukan *Error Producing Condition* (EPCs) yang diperoleh 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 tersebut. Nilai EPCs yang dipilih telah ditetapkan dan dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut ini:

Tabel 2.4 *Error-Producing Condition* (EPCs)

No	Kondisi yang menyebabkan <i>error</i>	Maksimum Nominal <i>Unreliability</i>
1	Ketidakhiasaan 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

Tabel 2.4 *Error-Producing Condition (EPCs)* (Lanjutan)

No	Kondisi yang menyebabkan <i>error</i>	Maksimum Nominal <i>Unreliability</i>
5	Tidak adanya alat untuk menyampaikan informasi spesial dan fungsional kepada operator dalam bentuk operator dapat secara siap memahaminya	8
6	Ketidakesesuaian antara SOP dan tindakan di lapangan	8
7	Tidak adanya cara untuk membalikkan kegiatan yang tidak diharapkan	8
8	Kapasitas saluran informasi 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 mentrasfer pengetahuan yang spesifik dari kegiatan ke kegiatan tanpa kehilangan	6
11	Ambiguitas dalam memerlukan performa standar	5,5
12	Penolakan informasi yang sangat mudah diakses	4
13	Ketidakesesuaian antara perasaan dan resiko sebenarnya	4
14	Ketidakjelasan, konfirmasi yang langsung tepat pada waktu 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 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
20	Ketidakesesuaian 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 di luar 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 kedisiplinan 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

Sumber: Kirwan, 1994

Tabel 2.4 menunjukkan *Error Producing Condition* atau faktor-faktor yang menyebabkan *human error*. Setiap *error* yang terjadi harus diidentifikasi faktor penyebab *error* tersebut sesuai dengan Tabel 2.3.

3. Menentukan *proportion of effect* yang bernilai antara 0 sampai 1.
4. Menghitung *assessed effect* yang dirumuskan seperti persamaan (2-3) berikut:

$$AE_i = [(b_i - 1) \times c_i + 1] \quad (2-3)$$

5. Menghitung keandalan berdasarkan persamaan (2-4) berikut ini:

$$HEP_j = a \times AE_1 \times AE_2 \times AE_3 \times \dots \times AE_n \quad (2-4)$$

Poin b dan c ada jika dibutuhkan dan jika tidak terdapat EPCs maka poin b dan c tidak diperlukan sehingga perumusan keandalan menjadi:

$$HEP_j = a$$

Sehingga tingkat keandalan dapat dihitung dengan persamaan (2-5) berikut ini:

$$\begin{aligned} K &= HEP_1 + HEP_2 + HEP_3 + \dots + HEP_k \\ &= \sum_{j=1}^k HEP_j \end{aligned} \quad (2-5)$$

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

c_i = besarnya *proportion of effect* pada EPCs ke-i

i = 1,2,3, ..., n.

k = 1,2,3, ..., K.

6. Hitung nilai *human reliability* total dengan rumus:
Human reliability total = 1 - (total *probability of failure*)

2.5 Fuzzy Set

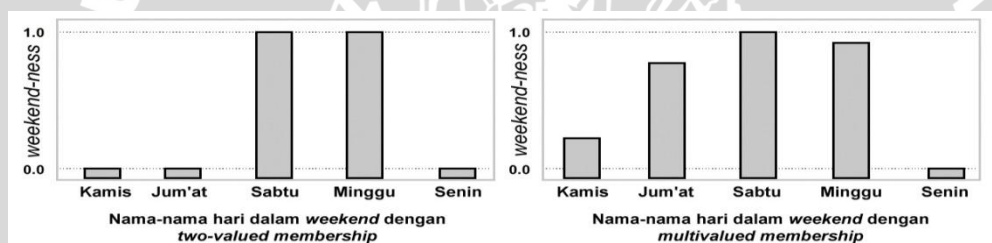
Semua pernyataan dapat dikatakan bersifat *Fuzzy*. *Fuzzy* mempunyai kemampuan menjawab pertanyaan *yes-no* tanpa kata “agak”. Hal seperti ini merupakan cara berpikir manusia sejak dahulu, tetapi hal ini agak baru dalam bidang komputer. Menurut Prof. Lotfi A. Zadeh, pada hampir semua kasus kita dapat menghasilkan suatu produk tanpa menggunakan logika fuzzy, namun menggunakan fuzzy akan lebih cepat.

Fuzzy bekerja dengan logika *crisp* yang telah ada. Pada logika *crisp*, jika benar maka mempunyai nilai 1 dan jika salah mempunyai nilai 0, sedang pada logika *Fuzzy* mengizinkan nilai seperti 0,2; 0,75.

Sebagai contoh berikut ini terdapat pertanyaan dan jawaban:

- P : Apakah Sabtu termasuk *weekend*?
 J : 1 (Ya, atau benar)
 P : Apakah Selasa termasuk *weekend*?
 J : 0 (Tidak, atau salah)
 P : Apakah Jum'at termasuk *weekend*?
 J : 0,8 (sebagian besar benar, tetapi tidak secara keseluruhan)
 P : Apakah Minggu termasuk *weekend*?
 J : 0,95 (Ya, tetapi tidak sebesar hari Sabtu)

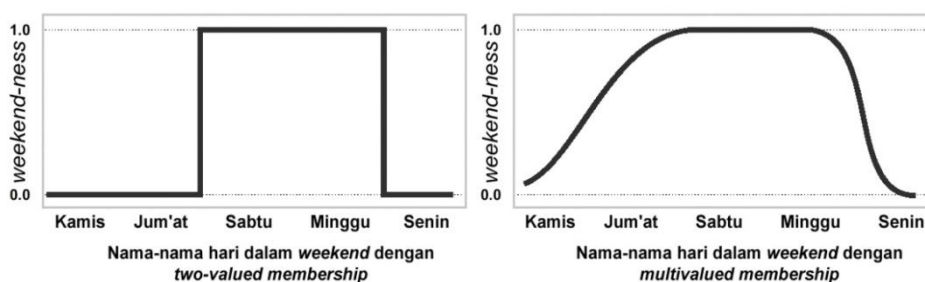
Di bawah ini terdapat plot yang menggambarkan nilai kebenaran dari *weekend-ness*. Apabila dipaksakan ke jawaban *yes-no*, akan sulit untuk dijawab secara tegas. Gambar 2.1 menampilkan nilai kebenaran dari *weekend-ness* dengan menggunakan *two value logic* dan *multivalued logic*.



Gambar 2.1 Nilai kebenaran *weekendness* dengan *two value logic* dan *multivalued logic*

Sumber: Sri kusumadewi, 2004

Pada *multivalued membership* dipakai *multivalued logic*. Jika terdapat suatu pertanyaan, apakah x termasuk anggota dari set A , maka jawaban yang mungkin adalah ya, tidak, dan ribuan angka diantaranya. Dengan kata lain, x mempunyai sebagian keanggotaan A . Konsep *Multivalued Logic* lebih mudah diterima daripada konsep *two value logic*. Gambar 2.2 berikut ini menggambarkan plot *weekend-ness* secara kontinyu.



Gambar 2.2 Plot *weekendness* secara *continue*

Sumber: Sri kusumadewi,2004

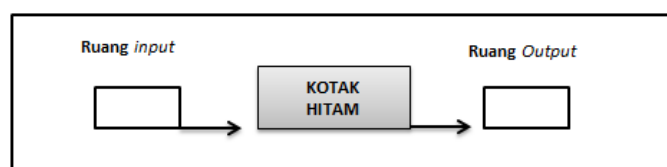
Pada plot sebelah kiri, dapat dilihat bahwa sesaat setelah Jum'at malam, nilai kebenaran dari *weekend-ness* melompat dari 0 ke 1. Metode ini sangat berguna bagi akuntan, tetapi tidak mencerminkan keadaan *weekend-ness* yang ada di dunia nyata.

Plot pada sebelah kanan memperlihatkan kurva yang menampakan perubahan mulai dari hari Kamis ke hari Jumat secara halus. Kurva tersebut menyatakan *weekend-ness* dari fungsi waktu yang memetakan *input* (waktu dalam seminggu) ke *output* (*weekend-ness*). Metode ini dikenal sebagai *membership function*.

Jadi *fuzzy system* adalah gabungan dari himpunan *fuzzy* yang mendefinisikan variabel *input* dan *output* dengan himpunan *fuzzy rules* yang menghubungkan satu input atau lebih pada sebuah *output fuzzy*.

2.5.1 Fuzzy Logic

Fuzzy logic atau sistem *fuzzy* merupakan suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang *input* ke dalam suatu ruang *output*. Gambar 2.3 Merupakan salah satu contoh gambar dari pemetaan suatu ruang *input* ke *output*.



Gambar 2.3 Contoh pemetaan *input-output* pada *fuzzy logic*
Sumber: Sri kusumadewi, 2004

Beberapa alasan digunakannya *fuzzy logic*, antara lain (Sri kusumadewi, 2004):

1. Konsep *fuzzy logic* mudah dimengerti karena didalam logika *fuzzy* terdapat konsep matematis sederhana dan mudah dimengerti yang mendasari penalaran *fuzzy*.
2. *Fuzzy logic* sangat fleksibel.
3. *Fuzzy logic* memiliki toleransi terhadap data yang tidak tepat.
4. *Fuzzy logic* mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinier yang sangat kompleks.
5. *Fuzzy logic* dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
6. *Fuzzy logic* didasarkan pada bahasa alami.
7. *Fuzzy logic* dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman-pengalaman para pakar langsung tanpa harus melalui proses pelatihan. Ada beberapa hal yang menjadi lingkup dari sistem *fuzzy*, yaitu :

1. Variabel *fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*.

2. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

Contoh :

Variabel jarak, terbagi menjadi 3 himpunan *fuzzy*, yaitu : DEKAT, SEDANG dan JAUH.

3. Semesta pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.

Contoh :

Semesta pembicaraan untuk variabel umur : $[0 + \infty]$

4. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik bertambah secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif.

Contoh :

MUDA = $[0, 45]$

PAROBAYA = $[35, 55]$

TUA = $[45, +\infty]$

2.5.2 Himpunan *Fuzzy*

Himpunan *fuzzy* adalah himpunan-himpunan yang akan dibicarakan pada suatu variabel dalam sistem *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* digunakan untuk mengantisipasi nilai-nilai yang bersifat tidak pasti. Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item dalam suatu himpunan dapat memiliki dua kemungkinan, yaitu satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan. Sedangkan pada himpunan *fuzzy* dapat mewakili interpretasi tiap nilai berdasarkan pendapat atau keputusan dan probabilitasnya.

Himpunan *fuzzy* memiliki dua atribut, yaitu (Sri Ksumadewi, 2004):

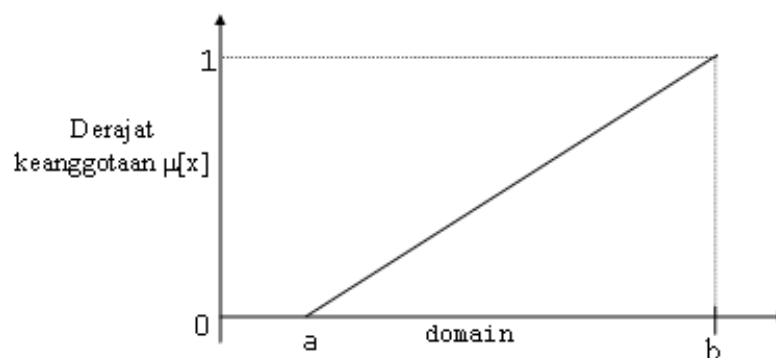
1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti : DEKAT, SEDANG, JAUH.
2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti : 40, 25, 50 dan sebagainya.

2.5.3 Fungsi Keanggotaan (*Membership Function*)

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang dapat digunakan (Sri Kusumadewi, 2004) :

1. Representasi Linier

Pada representasi linier, pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada dua keadaan himpunan *fuzzy* yang linier. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi (Gambar 2.4) dan kedua adalah kebalikannya.



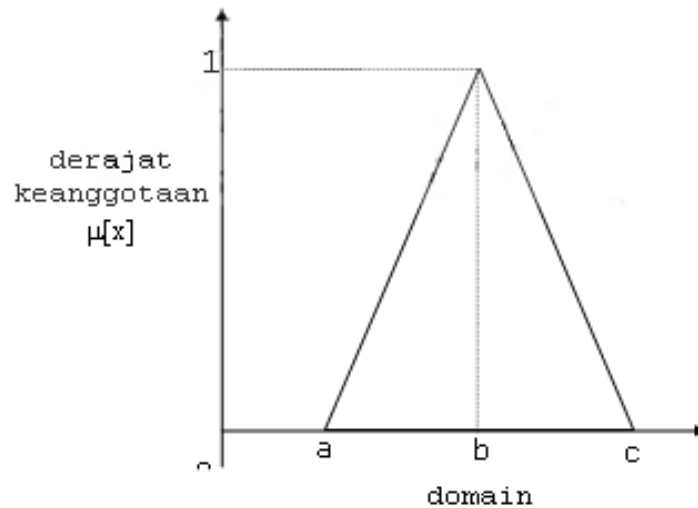
Gambar 2.4 Representasi linier naik
Sumber: Sri kusumadewi,2004

Rumus fungsi keanggotaan representasi linier ditunjukkan oleh persamaan (2-6) sebagai berikut:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2-6)$$

2. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier) seperti terlihat pada Gambar 2.5 sebagai berikut:



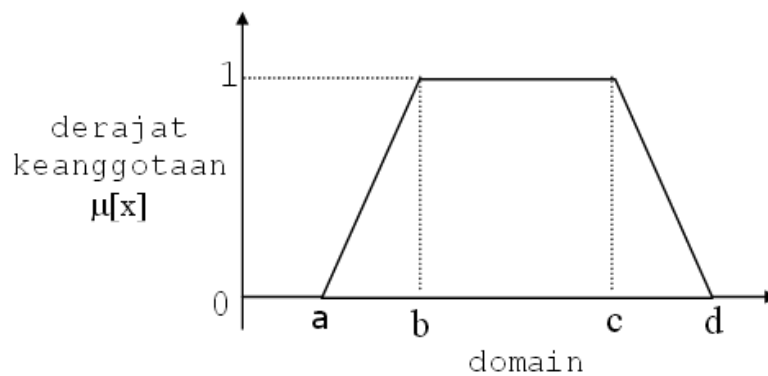
Gambar 2.5 Kurva segitiga
Sumber: Sri kusumadewi,2004

Rumus fungsi keanggotaan kurva segitiga seperti ditunjukkan pada persamaan (2-7) sebagai berikut:

$$\mu[x; a, b, c] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ \frac{(c-x)}{(c-b)}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2-7)$$

1) Representasi Kurva Trapesium

Kurva Segitiga pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1 (Gambar 2.6) berikut:



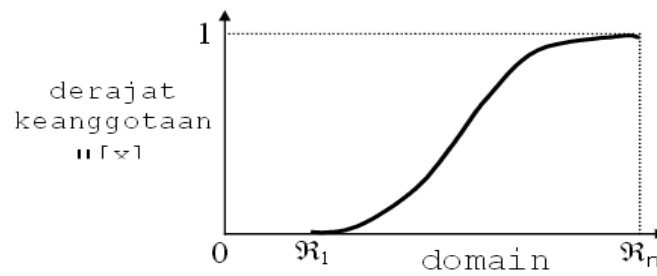
Gambar 2.6 Kurva trapesium
Sumber: Sri kusumadewi,2004

Rumus fungsi keanggotaan kurva trapesium ditunjukkan pada persamaan (2-8) sebagai berikut:

$$\mu[x; a, b, c] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)}; & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2-8)$$

2) Representasi Kurva-S

Kurva-S hampir sama dengan kurva linear akan tetapi nilai yang tidak pasti berurut naik atau turun melainkan fleksibel (Gambar 2.7) di bawah ini:



Gambar 2.7 Kurva-S

Sumber: Sri kusumadewi,2004

Rumus fungsi keanggotaan kurva-S ditunjukkan pada persamaan (2-9) sebagai berikut:

$$S[x; \alpha, \beta, \gamma] = \begin{cases} 0 & \rightarrow x \leq \alpha \\ 2((x - \alpha)/(\gamma - \alpha))^2 & \rightarrow \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 - 2((x - \alpha)/(\gamma - \alpha))^2 & \rightarrow \beta \leq x \leq \gamma \\ 1 & \rightarrow x \geq \gamma \end{cases} \quad (2-9)$$