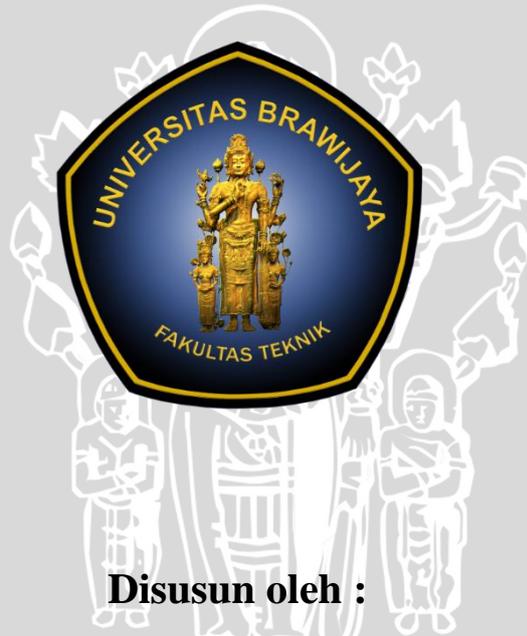


**ANALISIS KEANDALAN OPERATOR
PRODUKSI DENGAN METODE *FUZZY*
HUMAN ERROR ASSESSMENT AND
REDUCTION TECHNIQUE (HEART)
(Studi Kasus: PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk)**

SKRIPSI

KONSENTRASI REKAYASA SISTEM INDUSTRI

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



Disusun oleh :

**ADINDA SEKAR ARUM PERWITASARI
NIM 115060701111043-67**

**KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2015**

LEMBAR PERSETUJUAN

**ANALISIS KEANDALAN OPERATOR PRODUKSI
DENGAN METODE *FUZZY HUMAN ERROR*
ASSESSMENT AND REDUCTION TECHNIQUE (HEART)
(Studi Kasus: PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk)**

SKRIPSI

KONSENTRASI REKAYASA SISTEM INDUSTRI

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik**



Disusun oleh :

**ADINDA SEKAR ARUM PERWITASARI
NIM 115060701111043-67**

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I



Ishardita Pambudi T., ST., MT., Ph.D.
NIP. 19730819 199903 1 002

Dosen Pembimbing II



Lely Riawati, ST., MT.
NIP. 2010087902152001

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KEANDALAN OPERATOR PRODUKSI DENGAN METODE *FUZZY HUMAN ERROR* *ASSESSMENT AND REDUCTION TECHNIQUE* (HEART) (Studi Kasus: PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk)

SKRIPSI

KONSENTRASI SISTEM INDUSTRI

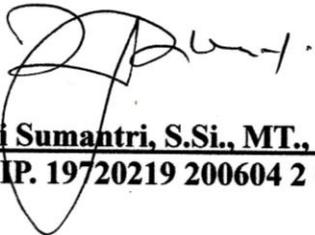
Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

ADINDA SEKAR ARUM PERWITASARI
NIM 115060701111043-67

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
Tanggal 9 Juli 2015

Penguji Skripsi 1


Yeni Sumantri, S.Si., MT., Ph.D.
NIP. 19720219 200604 2 001

Penguji Skripsi 2


Arif Rahman, ST., MT.
NIP. 19740528 200801 1 010

Penguji Skripsi 3


Ceria Farela Mada Tantrika, ST., MT.
NIP. 19840426 200812 2 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Industri


Ishardita Pambudi T., ST., MT., Ph.D.
NIP. 19730819 199903 1 002

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (SARJANA TEKNIK) dibatalkan serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, Juli 2015
Mahasiswa



Adinda Sekar Arum Perwitasari
NIM. 115060701111043

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa karena atas limpahan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Analisis Keandalan Operator Produksi dengan Metode *Fuzzy Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART)”**. Penyusunan laporan skripsi ini dilakukan sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Brawijaya. Laporan skripsi ini tentu tidak akan mencapai hasil yang maksimal tanpa adanya bantuan yang diberikan oleh berbagai pihak, maka dari itu penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Ishardita Pambudi Tama, ST., MT., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya Malang sekaligus Dosen Pembimbing I yang telah memberikan saran dan arahan yang membangun dalam penyusunan skripsi ini.
2. Ibu Lely Riawati, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah dengan sabar membantu penulis dan memberikan banyak saran yang bermanfaat.
3. Ibu Ceria Farela Mada Tantrika, ST., MT. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian (KKDK) Konsentrasi Rekayasa Sistem Industri atas masukan dan arahnya dalam penentuan topik untuk skripsi penulis.
4. Bapak Remba Yanuar Efranto, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang dengan sabar selalu bersedia membimbing dan memberikan arahan akademik.
5. Seluruh Dosen Pengajar di Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
6. Bapak Mugiarto, Bapak Wagimin, dan Bapak Suyanto, serta seluruh karyawan PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk yang telah membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Karyawan Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya, Mas Reza, dan Mbak Ifa yang telah banyak membantu selama masa perkuliahan di Jurusan Teknik Industri ini.
8. Keluargaku tercinta; Papa Yanto, Mama Vita, Mbak Ayas, dan Adik Ayu yang merupakan sumber motivasi utama penulis dalam menjalani kehidupan. Terima kasih atas segala dorongan, nasihat, kehangatan, dan doa yang selalu diberikan untuk penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan studi di Universitas Brawijaya.

9. Sahabatku; Annisa Carina, Norma Fatmawati, dan Zuyina Hapsari, yang memberikan kebahagiaan dan keceriaan, serta setia menemani dan menyemangati penulis baik selama penyelesaian skripsi maupun selama 4 tahun di Jurusan Teknik Industri Universitas Brawijaya.
10. Reza Maulana, atas waktu yang diberikan untuk penulis selama ini. Terima kasih atas segala bantuan dan keceriaan yang diberikan, serta doa yang dipanjatkan untuk penulis dalam penyelesaian skripsi ini.
11. Sikaat weeeess~; Mayang, Marchel, Dewi, Tita, Bellyn, Farabi, Izmet, Umar, Maul, Fanny, dan Yuki atas dukungan, keceriaan, dan semangatnya selama ini.
12. Astari Ramadawika Prasindi yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian skripsi ini.
13. Nikmah Avininda dan M. Agus Salim atas berbagai diskusi, masukan, dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.
14. Sahabatku sedari kecil, Fibriani Ratna Marita, yang telah membantu banyak selama penulis menjalani kehidupannya di Malang dan selalu setia mendengarkan cerita-cerita penulis.
15. Keluarga Besar Teknik Industri 2011 yang telah memberi banyak pelajaran dan inspirasi bagi penulis.
16. Pihak-pihak yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu pada kata pengantar ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan oleh penulis sebagai bentuk pembelajaran dalam penyusunan karya serupa ke depannya. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada pembaca dan semoga penulis dapat selalu melaksanakan tanggung jawab sebagai Sarjana Teknik dan memberikan sumbangsih lebih terhadap ilmu pengetahuan serta kesejahteraan masyarakat.

Malang, Juli 2015

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
RINGKASAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Asumsi Penelitian	4
1.6 Tujuan Penelitian.....	4
1.7 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 <i>Human Error</i>	9
2.3 Pengukuran Keandalan Manusia (<i>Human Reliability Assessment</i>).....	9
2.3.1 <i>Human Errorr Assessment and Reduction Technique</i> (HEART)	10
2.4 <i>Hierarchical Task Analysis</i> (HTA)	13
2.5 <i>Fuzzy Set</i>	15
2.5.1 Himpunan <i>Fuzzy</i>	15
2.5.2 Fungsi Keanggotaan.....	17
2.6 <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Jenis Penelitian	22
3.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan	22
3.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	22
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Profil Perusahaan.....	26



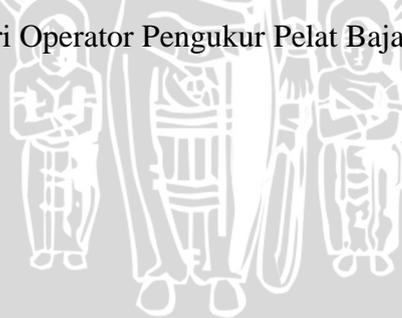
4.1.1	Gambaran Umum Perusahaan	26
4.1.2	Visi dan Misi Perusahaan	27
4.1.3	Struktur Organisasi	27
4.1.4	Jumlah Karyawan	29
4.1.5	<i>Shift</i> Kerja	29
4.1.6	Proses Produksi Pelat Baja	30
4.2	Pengumpulan Data	33
4.2.1	Keterlibatan Manusia dalam Proses Produksi	33
4.3	Pengolahan Data	35
4.3.1	<i>Hierarchical Task Analysis</i> (HTA) Operator Produksi	35
4.3.2	Identifikasi <i>Possible Errors</i>	40
4.3.3	Kuantifikasi dengan Metode <i>Fuzzy Human Error Assessment and Reduction Technique</i> (HEART)	42
4.3.4	<i>Fault Tree Analysis</i> Kegagalan Produk	62
4.4	Analisa dan Pembahasan	63
4.4.1	Analisa <i>Task</i> Melakukan Pengerolan Hingga Mencapai Ketebalan Pelat Sesuai dengan Detail Produksi	62
4.4.2	Analisa <i>Task</i> Menentukan <i>Turning Point</i>	64
4.4.3	Analisa <i>Task</i> Mengukur Tebal Pelat Pada Satu <i>Pass</i> Sebelum Terakhir	65
4.5	Rekomendasi Perbaikan	67
4.5.1	Pembuatan <i>Database Pass Schedule</i>	67
4.5.2	Memperpendek Waktu Rotasi atau Pergantian Antar Operator	69
4.5.3	Alat Pelindung Diri (APD)	70
BAB V PENUTUP		72
5.1	Kesimpulan	72
5.2	Saran	73
DAFTAR PUSTAKA		74
LAMPIRAN		76



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Saat Ini.....	7
Tabel 2.2	<i>Generic Task Type</i> Metode HEART.....	10
Tabel 2.3	<i>Error Producing Condition</i> (EPC) Metode HEART.....	11
Tabel 2.4	Nilai Probabilitas Kegagalan	13
Tabel 2.5	Simbol-Simbol Pada <i>Fault Tree Analysis</i> (FTA)	20
Tabel 4.1	Pembagian <i>Shift</i> Kerja GDS.....	30
Tabel 4.2	Proses Produksi Pelat Baja di GDS	31
Tabel 4.3	Tugas Operator Pada <i>Gas Cutting Slab</i>	34
Tabel 4.4	Tugas Operator Pada <i>Furnace</i>	34
Tabel 4.5	Tugas Operator Pada <i>Rolling</i>	35
Tabel 4.6	<i>Hierarchical Task Analysis</i> Operator di Bagian <i>Gas Cutting Slab</i>	36
Tabel 4.7	<i>Hierarchical Task Analysis</i> Operator di Bagian <i>Furnace</i>	37
Tabel 4.8	<i>Hierarchical Task Analysis</i> Operator di Bagian <i>Rolling Mill</i>	38
Tabel 4.9	<i>Hierarchical Task Analysis</i> Operator di Bagian <i>Hot Leveler</i>	39
Tabel 4.10	<i>Hierarchical Task Analysis</i> Operator di Bagian <i>Dividing Shear</i>	39
Tabel 4.11	<i>Hierarchical Task Analysis</i> Operator di Bagian <i>Cooling Bed</i>	40
Tabel 4.12	Identifikasi <i>Possible Errors</i> Operator Produksi GDS.....	41
Tabel 4.13	Klasifikasi <i>Task</i> Sesuai dengan <i>Generic Task</i>	42
Tabel 4.14	Rekap EPC untuk Masing-Masing <i>Task</i>	49
Tabel 4.15	Himpunan <i>Fuzzy</i> Variabel Linguistik APOA.....	52
Tabel 4.16	Penilaian <i>Expert</i> untuk APOA	52
Tabel 4.17	<i>Fuzzy Number</i> untuk Penilaian <i>Expert</i> 1.....	54
Tabel 4.18	<i>Fuzzy Number</i> untuk Penilaian <i>Expert</i> 2.....	54
Tabel 4.19	Rata-Rata Geometrik Penilaian <i>Expert</i>	55
Tabel 4.20	Nilai <i>Crisp</i> APOA.....	55
Tabel 4.21	Rekap Perhitungan <i>Assessed Effect</i>	56
Tabel 4.22	<i>Human Error Probability</i> Operator Salah Melihat Ukuran dan Salah Mengukur.....	57
Tabel 4.23	<i>Human Error Probability</i> Penentuan <i>Cutting Tip</i> dan Kecepatan Potong Tidak Sesuai dengan Tebal Slab yang Dipotong.....	57
Tabel 4.24	<i>Human Error Probability</i> Operator Tidak Membersihkan Sisa Pemotongan dengan Bersih.....	57

Tabel 4.25 <i>Human Error Probability</i> Operator Crane Meletakkan Slab di Daerah yang Salah.....	57
Tabel 4.26 <i>Human Error Probability</i> Operator Kurang Kontrol Terhadap Jumlah Slab Potongan yang Dipindahkan	58
Tabel 4.27 <i>Human Error Probability</i> Operator Salah Melihat Dimensi yang Tertulis di Slab	58
Tabel 4.28 <i>Human Error Probability</i> Operator Lupa atau Melewatkan Sesuatu dalam Persiapan <i>Furnace</i>	58
Tabel 4.29 <i>Human Error Probability</i> Operator Lupa Melakukan Pengecekan Kondisi <i>Furnace</i>	58
Tabel 4.30 <i>Human Error Probability</i> Operator Salah Menghitung <i>Turning Point</i>	58
Tabel 4.31 <i>Human Error Probability</i> Operator Menurunkan <i>Work Roll</i> Tidak Sesuai dengan <i>Pass Schedule</i>	59
Tabel 4.32 <i>Human Error Probability</i> Pengukuran Tebal Pelat Kurang Teliti.....	59
Tabel 4.33 <i>Human Error Probability</i> Operator Salah Mengatur Celah/ Gap <i>Work Hot Leveler</i>	59
Tabel 4.34 <i>Human Error Probability</i> Operator Salah Mengukur Panjang Pelat	59
Tabel 4.35 Hasil Perhitungan Keandalan Operator	60
Tabel 4.36 Rekomendasi Perbaikan	67
Tabel 4.37 Alat Pelindung Diri Operator Pengukur Pelat Baja	71



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Persentase Penyebab Produk Cacat Tahun 2014.....	2
Gambar 2.1	HTA Pemberian <i>Cooling</i> Darurat.....	15
Gambar 2.2	Himpunan <i>Fuzzy</i> untuk Variabel Umur.....	16
Gambar 2.3	Representasi Linier Naik.....	18
Gambar 2.4	Representasi Linier Turun.....	18
Gambar 2.5	Representasi Kurva Segitiga.....	19
Gambar 2.6	Representasi Kurva Trapesium.....	19
Gambar 2.7	<i>Single AND-Gate</i>	21
Gambar 2.8	<i>Single OR-Gate</i>	21
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 4.1	Kantor Perusahaan GDS.....	27
Gambar 4.2	Struktur Organisasi GDS.....	28
Gambar 4.3	Struktur Organisasi Departemen Produksi GDS.....	29
Gambar 4.4	Proses Produksi GDS.....	30
Gambar 4.5	Fungsi Keanggotaan Variabel Linguistik APOA.....	51
Gambar 4.6	<i>Human Error Probability</i> Pada <i>Mill Section</i>	61
Gambar 4.7	Grafik Keandalan Operator.....	61
Gambar 4.8	Tampilan Awal <i>Database Pass Schedule</i> GDS.....	68
Gambar 4.9	Tampilan Input Dimensi.....	68
Gambar 4.10	Tampilan Hasil Daftar <i>Pass Schedule</i> dan <i>Turning Point</i>	69
Gambar 4.11	<i>Ultradian Rhythm</i> Manusia.....	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 *Fault Tree Analysis* Kegagalan Produk 76



RINGKASAN

ADINDA SEKAR ARUM PERWITASARI, Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, 2015, Analisis Keandalan Operator Produksi dengan Metode *Fuzzy Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART), Studi Kasus: PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk, Dosen Pembimbing: Ishardita Pambudi Tama dan Lely Riawati.

PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk (GDS) merupakan perusahaan penghasil pelat baja canai panas di Surabaya dan juga merupakan perusahaan yang sangat memperhatikan kualitas produknya. Kualitas produk tentu tidak terlepas dari proses produksi yang dimiliki perusahaan. Salah satu elemen yang memiliki peranan penting dalam proses yaitu operator. Operator memiliki kecenderungan melakukan *human error* yang dapat menyebabkan cacat produk. Berdasarkan data historis cacat produk perusahaan tahun 2014, ditunjukkan bahwa operator memiliki kontribusi terbesar terhadap cacat produk yang dihasilkan di GDS, yaitu sebesar 48%. Hal tersebut menunjukkan bahwa keandalan operator di GDS masih tergolong rendah sehingga GDS memerlukan suatu pengukuran keandalan manusia yang dapat mengurangi probabilitas terjadinya *human error*.

Metode *Human Reliability Assessment* (HRA) yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *fuzzy HEART*. *Fault Tree Analysis* (FTA) juga digunakan pada penelitian ini untuk mengetahui pola kegagalan produk. Tahapan awal yang dilakukan yaitu menguraikan aktivitas menjadi sub-*task* untuk setiap proses dengan menggunakan *Hierarchical Task Analysis* (HTA). Tahapan selanjutnya yaitu identifikasi *possible error*. Konsekuensi dari *error* yang berhubungan dengan cacat produk juga diidentifikasi pada tahapan ini. Kemudian, dilakukan perhitungan *Human Error Probability* (HEP) dengan metode *fuzzy HEART* untuk mengetahui probabilitas terjadinya *human error*. Setelah itu, pembuatan FTA dilakukan untuk menentukan jenis cacat produk mana yang sering terjadi dan untuk mengetahui pola kegagalannya.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa proses *rolling mill* memiliki tingkat keandalan operator terendah. Proses tersebut memiliki tiga *task* dengan nilai HEP tertinggi. *Task* yang memiliki HEP tertinggi pertama adalah *task* dengan *possible error* menurunkan *work roll* tidak sesuai dengan *pass schedule* dengan nilai HEP sebesar 0,3968. *Database pass schedule* dan memperpendek waktu pergantian antar operator menjadi 1,5 jam merupakan rekomendasi yang diberikan untuk *task* tersebut. *Task* yang memiliki nilai HEP tertinggi kedua adalah *task* dengan *possible error* tidak dan salah menghitung *turning point* dengan nilai HEP sebesar 0,026. Rekomendasi untuk *task* tersebut berupa aplikasi perhitungan *turning point* yang terintegrasi dengan *database pass schedule*. Selanjutnya, *task* dengan nilai HEP tertinggi ketiga adalah *task* dengan *possible error* pengukuran tebal pelat panas yang kurang teliti dengan nilai HEP sebesar 0,0248. Rekomendasi yang diberikan untuk *task* tersebut berupa Alat Pelindung Diri (APD) yang wajib digunakan.

Kata Kunci: operator produksi, *human error*, HRA, *fuzzy HEART*

SUMMARY

ADINDA SEKAR ARUM PERWITASARI, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, 2015, *Reliability Analysis of Production Operator using Fuzzy HEART Method*, Case Study: PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk, Supervisors: Ishardita Pambudi Tama and Lely Riawati.

PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk (GDS) is a company that produce *Hot Rolled Steel Plate* in Surabaya and also one of company which really concern on the quality of product. Quality of product surely cannot be separated to production process. One of the element which has an important role in the process is operator. Operator tend to make some human errors that could cause defect. Based on the company historical data, in 2014, it showed that operator was the highest cause of defect in GDS, with value of 48%. The fact also indicated that operator's reliability in GDS was still low and need to be evaluated further. Therefore, GDS requires a human reliability assessment which can reduce probability of human error.

Human reliability assessment method used in this research is HEART (Human Error Assessment and Reduction Technique) integrated with fuzzy concept. Fault Tree Analysis (FTA) is also used in this research for knowing the failure pattern of product. Initial step of this research was activity breakdown of operator for each process into task by using Hierarchical Task Analysis (HTA). The next step was identifying some errors that happened and potentially happened in the process. Consequences of the errors related to defect also identified in this step. Those two prior steps were needed for calculating Human Error Probability (HEP) with fuzzy HEART method. After that, FTA was made to determine which kind of defect that happened the most by calculating its probability failure and to know the failure pattern.

The result of this research showed that rolling mill process had the lowest operator's reliability. This process had three tasks with the highest value of HEP. The first highest was task with possible error wrong pass schedule when rolling with HEP of 0,3968. Pass schedule database and shortening shifting time to an hour and a half between operator were the recommendation for this task. The second highest was task with possible error wrong calculation of turning point with HEP of 0,026. Recommendation given for this task was turning point value information that integrated with database pass schedule. The third highest was task with possible error measuring plate thickness not accurately with HEP of 0,0248. Recommendation for this task was self-protection tools.

Keyword: production operator, human error, HRA, fuzzy HEART



BAB I PENDAHULUAN

Pada bagian ini akan dijelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian, identifikasi masalah yang ada, rumusan masalah, batasan masalah, asumsi, tujuan, serta manfaat penelitian.

1.1 LATAR BELAKANG

Perkembangan yang semakin pesat di dunia industri manufaktur mendorong perusahaan untuk terus melakukan perbaikan berkelanjutan atau *continuous improvement* terutama pada proses produksinya. Setiap perusahaan berupaya agar memiliki proses produksi yang handal, yakni memiliki tingkat efektivitas dan efisiensi yang tinggi dalam prosesnya. Proses produksi yang handal dapat dimiliki setiap perusahaan ketika setiap elemen yang berperan dalam proses yang bersangkutan memiliki kapabilitas yang memadai.

Operator merupakan salah satu elemen yang memiliki peranan penting dalam keberhasilan suatu proses produksi. Operator berpotensi melakukan kesalahan kerja (*human error*) yang dapat menyebabkan produk tidak memenuhi spesifikasi atau produk cacat. Menurut Sanders dan McCormick (1993: 656), *human error* merupakan suatu keputusan atau tindakan manusia yang tidak sesuai dan tidak diinginkan yang dapat mengurangi atau potensial untuk mengurangi efektivitas, keamanan atau performansi suatu sistem.

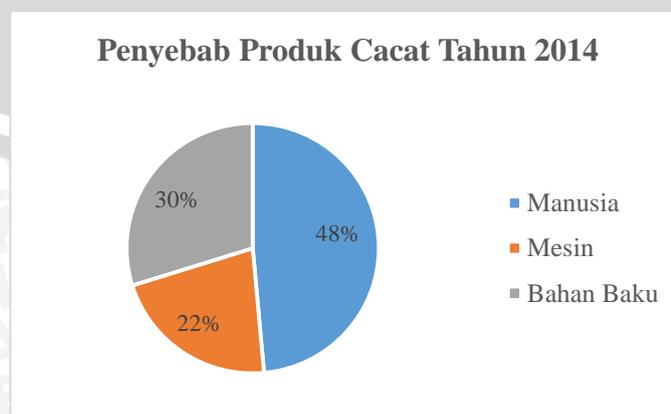
Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa manusia berpotensi untuk melakukan kesalahan kerja (*human error*), maka perlu dilakukan suatu cara untuk menurunkan probabilitas *human error* tersebut guna untuk meningkatkan performansi manusia. *Human Reliability Assessment* (HRA) atau pengukuran keandalan manusia merupakan salah satu cara yang dapat dilakukan sebagai bentuk evaluasi terhadap *human error*. HRA meliputi identifikasi, kuantifikasi, dan juga reduksi *human error* (Kirwan, 1994: 12). Dengan melakukan pengukuran keandalan manusia tersebut, harapannya *human error* dapat dikurangi dan secara tidak langsung produk cacat juga dapat berkurang.

PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk merupakan salah satu perusahaan yang fokus kepada kepuasan pelanggan. PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk atau yang biasa dikenal dengan GDS ini sudah memiliki beberapa sertifikasi yang berkenaan dengan kualitas,

antara lain ISO 9001:2000, EN ISO 9001:2000, dan BS EN ISO 9001:2000 dari Lloyd's *Register Quality Assurance Ltd.* untuk standar sistem manajemen kualitas dan sertifikasi "U.Mark" dari Lembaga Sertifikasi Jerman RWTUV untuk fabrikasi. Hal tersebut menunjukkan bahwa GDS sangat mementingkan kualitas produk dalam rangka meningkatkan loyalitas pelanggan.

Produk yang dihasilkan oleh GDS adalah pelat baja. *Raw material* yang digunakan untuk pembuatan pelat baja adalah slab. Pada proses produksi pelat baja di GDS, operator bertugas untuk mengoperasikan mesin semi-otomatis dan juga melakukan aktivitas-aktivitas manual seperti pengecekan pelat, pembersihan bekas sisa pemotongan, dan lain lain. Dalam hal ini, operator memiliki peranan yang sangat penting terhadap kualitas pelat baja yang dihasilkan. Operator dituntut untuk memiliki tingkat keandalan yang tinggi agar dapat menghasilkan pelat baja dengan kualitas baik.

Lantai produksi di GDS dibagi ke dalam dua bagian, yaitu *mill section* dan *finishing section*. Berdasarkan hasil wawancara langsung dengan manajer produksi dan PPIC, diketahui bahwa operator produksi pada masing-masing *section* masih sering melakukan *human error* yang dapat menyebabkan ketidaksesuaian produk dengan spesifikasi dan juga cacat produk. Penurunan *work roll* yang tidak sesuai dengan *pass schedule*, salah memasukkan slab ke dalam *furnace*, salah mengukur, dan salah memberi tanda pada pelat, merupakan contoh-contoh *human error* yang dilakukan operator saat produksi. *Human error* tersebut dapat menyebabkan cacat produk seperti salah roll, pelat yang terlalu tipis, lebar pelat yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang dipesan, dan juga salah potong. Di GDS, produk cacat yang dihasilkan selama produksi tersebut sebagian besar akan diproses ulang (*rework*) sebagai bentuk perbaikan. Berikut pada Gambar 1.1 merupakan perbandingan cacat yang disebabkan oleh manusia, bahan baku, dan mesin pada tahun 2014.



Gambar 1.1 Persentase Penyebab Produk Cacat Tahun 2014
Sumber: PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk

Pada Gambar 1.1 dapat diketahui bahwa produk cacat yang disebabkan oleh manusia (operator) memiliki kontribusi terbesar terhadap cacat produk yang dihasilkan di GDS, yaitu sebesar 48%. Hal tersebut secara tidak langsung menunjukkan bahwa keandalan operator produksi GDS masih kurang sehingga perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut. Evaluasi tersebut yaitu berupa pengukuran keandalan dari operator produksi GDS.

Metode *Human Reliability Assessment* (HRA) yang digunakan yaitu *Human Error Assessment and Reduction Techniques* (HEART). HEART merupakan suatu metode HRA yang memiliki keistimewaan akan metodenya yang cepat dan sederhana dalam mengkuantifikasi risiko *human error*. Selain itu, HEART juga merupakan metode yang dapat diaplikasikan dalam segala situasi atau industri dimana keandalan manusia dianggap penting (Bell & Holroyd, 2009: 14).

Pada penelitian ini, metode HEART yang digunakan akan dimodifikasi dengan konsep *fuzzy linguistic expressions* dalam penentuan nilai *Assessed Proportion of Affect* (APOA)-nya. APOA merupakan proporsi dampak atau pengaruh negatif untuk setiap *Error Producing Condition* (EPC) pada setiap *task*. Menurut Castiglia dan Giardina (2013: 1170), dengan menggunakan konsep *fuzzy linguistic expressions* ini, maka penilaian *expert* terhadap APOA akan lebih mudah dan mengurangi tingginya nilai subjektivitas yang merupakan kelemahan dari metode HEART tradisional.

Pengkuantifikasian dengan metode *fuzzy HEART* tersebut nantinya akan menghasilkan nilai *Human Error Probability* (HEP) yang menunjukkan probabilitas *human error* yang terjadi. Dari nilai HEP tersebut, tingkat keandalan manusia dapat diketahui. Selanjutnya, pembuatan *Fault Tree Analysis* (FTA) dilakukan untuk mengetahui pola kegagalan dan probabilitas terjadinya kegagalan produk untuk setiap jenis cacat yang dihasilkan.

1.2 IDENTIFIKASI MASALAH

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat diidentifikasi masalah yang ada, yaitu:

1. Kesalahan operator masih sering terjadi di unit produksi GDS. Kesalahan atau *human error* tersebut berupa penurunan *work roll* yang tidak sesuai dengan *pass schedule*, salah memasukkan slab ke dalam *furnace*, salah mengukur, dan salah memberi tanda pada pelat.
2. Produk cacat yang disebabkan oleh *human error* (operator) memiliki kontribusi terbesar terhadap cacat produk yang dihasilkan di GDS, yaitu sebesar 48%.

3. Produk cacat yang tinggi mengakibatkan perusahaan banyak melakukan *rework*.

1.3 RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja jenis *human error* yang dilakukan oleh operator produksi di PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk?
2. Apa risiko kegagalan produk yang ditimbulkan akibat adanya *human error* pada operator produksi di PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk?
3. Berapa probabilitas keandalan operator produksi di PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk?
4. Bagaimana pola kegagalan dan probabilitas terjadinya kegagalan produk?
5. Bagaimana rekomendasi perbaikan untuk mengurangi terjadinya *human error* tersebut?

1.4 BATASAN MASALAH

Pengukuran keandalan operator terbatas pada operator bagian *mill section* dan pada saat proses produksi berlangsung.

1.5 ASUMSI PENELITIAN

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tidak adanya perubahan *job description* untuk masing-masing operator.
2. Proses produksi pelat baja pada PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk berjalan dengan normal.

1.6 TUJUAN PENELITIAN

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi kesalahan operator (*human error*) pada PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk.
2. Mengidentifikasi risiko kegagalan produk yang disebabkan oleh *human error*.
3. Mengetahui probabilitas keandalan operator produksi di PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk
4. Mengetahui pola kegagalan dan probabilitas terjadinya kegagalan produk.
5. Memberikan alternatif perbaikan untuk mengurangi terjadinya *human error*.

1.7 MANFAAT PENELITIAN

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Mencegah terjadinya kesalahan (*human error*) pada operator produksi di PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk.
2. Dapat mengurangi terjadinya kesalahan operator sehingga produk cacat berkurang dan secara tidak langsung jumlah produk yang di-*rework* pada PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk juga berkurang.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan diuraikan mengenai landasan teori yang digunakan sebagai acuan dalam menyelesaikan permasalahan penelitian. Tinjauan pustaka digunakan sebagai pedoman agar pelaksanaan penelitian dapat terfokus pada tujuan yang ingin dihasilkan dan bersumber dari buku, jurnal ilmiah, penelitian terdahulu, serta sumber-sumber lainnya.

2.1 PENELITIAN TERDAHULU

Beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Harahap (2012) mengkaji aspek keandalan manusia dalam penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada pabrik susu bayi terbesar di Jakarta. Keandalan manusia tersebut dilihat dari potensi *human error* pada proses produksi dengan menggunakan metode *Hierarchical Task Analysis*, *Fault Tree Analysis*, dan membandingkan metode pengukuran keandalan manusia antara metode HEART (*Human Error Assessment and Reduction Technique*) dan metode SPAR-H (*Standardized Plant Analysis Risk Human Reliability Assessment*). Probabilitas risiko *human error* terbesar terjadi pada area *tipping* dengan pengukuran metode HEART dan area *preparation* dengan pengukuran metode SPAR-H.
2. Arifin (2012) melakukan suatu perancangan alat ukur keandalan manusia dalam bentuk *game* yang mensimulasikan kondisi sebenarnya di rumah sakit. Pada penelitian ini dilakukan pengembangan suatu *software game* pengukuran keandalan manusia, simulasi pengukuran keandalan manusia, perhitungan waktu kritis shift jaga, dan diberikan suatu solusi untuk mengurangi terjadinya *human error* di rumah sakit. Penyelesaian masalah dalam penelitian ini dilakukan melalui *Human Reliability Analysis* dengan Metode *Hierarchical Task Analysis* (HTA), Metode *Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach* (SHERPA) serta Metode *Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART).
3. Castiglia dan Giardina (2013) mengkaji tentang pengukuran keandalan operator pada *hydrogen refuelling station* untuk mengurangi kecelakaan kerja pada prosedur perawatan perangkat ventilasi. Penelitian ini membandingkan dua metode *Human Reliability Assessment* (HRA), yaitu *fuzzy HEART* dan juga *fuzzy CREAM*. Hasil

dari kedua metode tersebut dibandingkan kemudian dibuat rekomendasi prosedural dan saran mengenai peralatan dan prosedur keselamatan yang dapat diadopsi untuk mengurangi risiko kecelakaan.

4. Mandasari (2014) mengkaji tentang beban kerja dan keandalan perawat UGD dalam pelayanannya terhadap pasien. Pada penelitian ini dilakukan suatu penilaian beban kerja berdasarkan denyut nadi, perhitungan *extra cardiac pulse due to heat transfer to periphery* (ECPT) dan *extra cardiac pulse due to metabolism* (ECPM) untuk mengetahui faktor dominan yang mempengaruhi beban kerja perawat, pengukuran *burnout* menggunakan Maslach *Burnout Inventory* (MBI) untuk mengetahui kondisi *burnout* perawat serta dengan metode modifikasi *Human Reliability Assessment Reduction and Technique* (HEART) untuk mengetahui keandalan perawat.

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

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Saat Ini

No	Peneliti	Judul Penelitian	Objek Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
1	Harahap (2012)	<i>Reliability Assessment</i> sebagai Upaya Pengurangan <i>Human Error</i> dalam Penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja	Perusahaan penghasil susu bayi	HTA, HEART, SPAR-H, FTA	Risiko <i>human error</i> terbesar terjadi pada area <i>tipping</i> dengan pengukuran metode HEART dan area <i>preparation</i> dengan pengukuran metode SPAR-H, dimana nilai HEP yang dihasilkan masing-masing metode tidak berbeda secara signifikan.
2	Arifin (2012)	Perancangan Alat Ukur <i>Human Reliability Analysis</i> Pada Proses Administrasi Obat di Rumah Sakit Haji	Rumah Sakit Haji Surabaya	HTA, SHERPA, HEART	Dihasilkan suatu rancangan <i>software game</i> pengukuran keandalan manusia dengan batasan <i>human reliability</i> sebesar 0,9303. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa 59% <i>human error</i> yang terjadi merupakan jenis <i>error retrieval</i> yaitu tidak adanya informasi yang didapatkan dan 78% <i>human error</i> yang terjadi disebabkan oleh ketidaksesuaian prosedur.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian Saat Ini (Lanjutan)

No	Peneliti	Judul Penelitian	Objek Penelitian	Metode	Hasil Penelitian
3	Castiglia dan Giardina (2013)	<i>Analysis of Operator Human Errors in Hydrogen Refuelling Stations: Comparison between Human Rate Assessment Techniques</i>	<i>Hydrogen Refuelling Station</i>	<i>Fuzzy HEART, Fuzzy CREAM</i>	Dalam menghitung probabilitas <i>human error</i> , HEART lebih menekankan pada <i>human-centered factor</i> (EPC) sedangkan CREAM mempertimbangkan pada pekerjaan tertentu yang dapat mengurangi atau memperbaiki performansi manusia (CPC). Hasil penelitian kegagalan antara dua metode tersebut cukup dekat atau menyerupai.
3	Mandasari (2014)	Analisa Beban Kerja Perawat UGD Menggunakan Maslach <i>Burnout Inventory</i> dan Modifikasi HEART	Rumah Sakit Umum (RSU)	HTA, BMI, modifikasi HEART	Tingkat <i>burnout</i> yang dialami perawat berada dalam rentang 3-5 yang menunjukkan bahwa perawat harus mulai melakukan langkah antisipasi. Pengukuran keandalan untuk keseluruhan sistem (R sistem) tergolong rendah yaitu sebesar 0,4082
4	Perwitasari (2015)	Analisis Keandalan Operator Produksi dengan Metode <i>Fuzzy Human Error and Reduction Technique</i> (HEART)	PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk	HTA, <i>Fuzzy HEART</i> , FTA	Keandalan operator untuk sistem tergolong cukup rendah, yaitu sebesar 0,54389. Proses yang memberikan kontribusi <i>failure</i> tertinggi yaitu proses <i>rolling mill</i> dimana proses ini memiliki <i>task-task</i> dengan nilai HEP tertinggi. Rekomendasi perbaikan yang diberikan untuk proses ini yaitu berupa <i>database pass schedule</i> yang dilengkapi dengan informasi mengenai <i>turning point</i> dan juga alat pelindung diri yang wajib digunakan.

2.2 HUMAN ERROR

Human error merupakan suatu keputusan atau tindakan manusia yang tidak sesuai dan tidak diinginkan yang dapat mengurangi atau potensial untuk mengurangi efektivitas, keamanan atau performansi suatu sistem (Sanders dan McCormick, 1993: 656). Menurut Peters (2006: 1), *human error* adalah suatu penyimpangan dari suatu performansi standar yang telah ditentukan sebelumnya, yang mengakibatkan adanya penundaan waktu yang tidak diinginkan, kesulitan, masalah, insiden, atau kegagalan.

Secara garis besar, terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi hasil kerja manusia, yaitu:

- a. *Unsafe action*, terdiri atas: sikap, sifat, nilai, karakteristik, motivasi, usia, jenis kelamin, pendidikan, pengalaman, dan lain-lain.
- b. *Unsafe condition*, terdiri atas: lingkungan fisik, mesin dan peralatan, metode kerja, dan lain-lain.

Klasifikasi *human error* dapat digunakan dalam pengumpulan data tentang *human error* serta membantu dalam menyelidiki sebab terjadinya *human error* dan juga cara mengatasinya. Klasifikasi *human error* menurut Swain dan Guttman (1983: 2-16) adalah sebagai berikut.

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

2.3 PENGUKURAN KEANDALAN MANUSIA (*HUMAN RELIABILITY ASSESSMENT*)

Human Reliability Assessment (HRA) merupakan pengukuran keandalan manusia yang bertujuan untuk membantu mencegah efek negatif dari *human error* pada

performansi suatu sistem dan juga keselamatan kerja. HRA mulai diteliti sejak awal tahun 1960-an di bidang pertahanan rudal dan aplikasi, Amerika Serikat.

Pada tahun 1958, H. L. Williams adalah salah satu orang yang pertama kali menyatakan dalam laporan penelitiannya bahwa keandalan manusia merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi keandalan sistem. Jika elemen manusia tersebut tidak dimasukkan, maka nilai keandalan yang diperoleh tidak menggambarkan nilai keandalan sistem yang sesungguhnya.

Di tahun 1960, A. Shapero melaporkan bahwa *human error* merupakan faktor dengan proporsi terbesar (20 – 50%) yang menyebabkan kegagalan dari semua peralatan. Dan di tahun yang sama, W. I. LeVan melaporkan bahwa 23 – 45% dari kegagalan sistem dihasilkan dari *human error*.

2.3.1 Human Error Assessment and Reduction Technique (HEART)

Metode *Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART) merupakan metode yang ditemukan oleh Jeremy William, seorang ahli ergonomi dari Britania pada tahun 1985. Metode ini digunakan untuk mengukur kesalahan manusia dalam tugasnya sebagai operator (*operator task*). Metode ini secara umum dapat digunakan pada situasi atau industri dimana *human reliability* menjadi suatu hal yang penting.

Dalam penerapan metode HEART, terdapat 9 *Generic Task Type* (GTTs) dan juga 38 *Error Producing Conditions* (ECPs) yang nantinya digunakan untuk mencari nilai *Human Error Probability* (HEP) untuk masing-masing *task*. Berikut pada Tabel 2.2 merupakan tabel *Generic Task Type* yang memiliki nilai ketidakandalan manusia atau *nominal human unreliability* dimana semakin besar nilai tersebut berarti semakin tidak handal manusia tersebut.

Tabel 2.2 *Generic Task Type* Metode HEART

	Kategori Task	Nominal Human Unreliability
A	Pekerjaan yang benar-benar asing atau tidak dikuasai, dilakukan pada suatu kecepatan tanpa konsekuensi yang jelas	0,55
B	Mengubah atau mengembalikan sistem ke keadaan yang baru atau awal dengan suatu upaya tunggal tanpa pengawasan dan prosedur	0,26
C	Pekerjaan yang kompleks dan membutuhkan tingkat pemahaman dan keterampilan yang tinggi	0,16
D	Pekerjaan yang cukup sederhana, dilakukan dengan cepat atau membutuhkan sedikit perhatian	0,09
E	Pekerjaan yang rutin, cepat, dan sering dilakukan dengan melibatkan keterampilan yang rendah	0,02

Tabel 2.2 *Generic Task Type* Metode HEART (Lanjutan)

Kategori Task		Nominal Human Unreliability
F	Mengembalikan atau menggeser sistem ke kondisi semula atau baru dengan mengikuti prosedur dan beberapa pemeriksaan	0,003
G	Pekerjaan familiar yang sudah dikenal, dirancang dengan baik, merupakan tugas rutin yang terjadi beberapa kali per jam, dan dilakukan hingga mencapai standar tertinggi yang memungkinkan oleh personel yang telah terlatih dan berpengalaman, sadar akan implikasi dari kegagalan, dengan adanya waktu untuk memperbaiki kesalahan potensial, tetapi tanpa menggunakan alat bantu	0,0004
H	Menanggapi perintah sistem dengan benar, meskipun ketika tersedia sistem pengawasan tambahan atau otomatis yang menyediakan interpretasi akurat	0,00002
M	Tugas lain yang deskripsi pekerjaannya tidak dijelaskan di kategori sebelumnya	0,03

Sumber: Castiglia & Giardina (2013)

Pada Tabel 2.3 berikut ini adalah tabel *Error Producing Conditions* dimana masing-masing EPC memiliki nilai yang berbeda-beda tergantung dari kondisi penyebab *error*-nya.

Tabel 2.3 *Error Producing Condition* (EPC) Metode HEART

No	<i>Error Producing Condition</i> (EPC)	Nilai EPC
1	Tidak terbiasa dengan sebuah situasi yang sebenarnya penting namun jarang atau baru terjadi	17
2	Waktu yang singkat untuk mendeteksi kegagalan dan melakukan tindakan koreksi	11
3	Rasio <i>signal-to-noise</i> rendah	10
4	Penolakan informasi yang sangat mudah untuk diakses	9
5	Tidak adanya alat untuk menyampaikan informasi kepada operator dalam bentuk yang dapat secara siap dipahami oleh operator	8
6	Ketidaksesuaian antara cara pandang operator dengan atasan	8
7	Tidak bisa membalikkan kegiatan yang tidak diharapkan	8
8	Kapasitas saluran komunikasi <i>overflow</i> , terutama yang disebabkan oleh informasi-informasi kecil yang disajikan bersamaan	6
9	Meninggalkan suatu teknik dan melaksanakan sebuah kegiatan yang benar-benar baru, belum pernah dilakukan	6
10	Kebutuhan untuk mentransfer pengetahuan yang spesifik dari kegiatan ke kegiatan tanpa kehilangan	5,5
11	Ketidakjelasan akan standar performansi yang diminta	5
12	Ketidaksesuaian antara resiko yang terjadi dengan yang diperkirakan	4
13	Sistem timbal balik buruk, ambigu, dan tidak sesuai	4
14	Tidak jelasnya arahan dan lamanya konfirmasi yang diberikan dari suatu tindakan	3
15	Operator yang tidak berpengalaman (baru memenuhi kualifikasi namun tidak <i>expert</i>)	3
16	Menurunnya kualitas informasi yang disampaikan oleh 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 input informasi untuk pengecekan ketelitian	2,5

Tabel 2.3 *Error Producing Condition (EPC) Metode HEART (Lanjutan)*

No	<i>Error Producing Condition (EPC)</i>	Nilai EPC
20	Ketidakesesuaian antara level edukasi yang dimiliki individu dengan kebutuhan pekerjaan	2
21	Dorongan untuk menggunakan prosedur lain yang lebih 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 di luar kapasitas atau pengalaman dari operator	1,6
25	Alokasi fungsi dan tanggung jawab yang tidak jelas	1,6
26	Tidak adanya cara yang jelas untuk mengamati kemajuan selama aktivitas	1,4
27	Adanya bahaya dari keterbatasan kemampuan fisik	1,4
28	Sedikit atau tidak adanya makna yang terkandung pada suatu pekerjaan	1,4
29	Tingkat stress yang tinggi	1,3
30	Adanya gangguan kesehatan, khususnya demam	1,2
31	Moral pekerja rendah	1,2
32	Tidak konsistennya makna dari tampilan atau prosedur	1,2
33	Lingkungan yang buruk atau tidak mendukung	1,15
34	Tidak aktif dalam waktu yang lama atau siklus yang sangat berulang-ulang dari pekerjaan dengan beban kerja mental rendah	1,1
35	Terganggunya siklus tidur normal	1,1
36	Melewatkan kegiatan karena intervensi dari orang lain	1,06
37	Penambahan anggota tim yang sebenarnya tidak dibutuhkan	1,03
38	Usia individu yang melakukan pekerjaan	1,02

Sumber: Kirwan (1994)

Metode HEART dapat dijelaskan melalui langkah-langkah sebagai berikut.

1. Pengklasifikasian jenis tugas sesuai dengan *kategori Generic Task* pada Tabel 2.2.
2. Penentuan *Error Producing Condition (EPC)* yang diperoleh dari Tabel 2.3.
3. Penentuan *assessed proportion of affect (APOA)* untuk masing-masing EPC yang bernilai antara 0 sampai 1.
4. Menghitung nilai *assessed effect*.

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

5. Menghitung *error potensial manusia*.

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

Poin b dan c ada jika dibutuhkan saja dan jika terdapat nilai EPC. Apabila tidak terdapat nilai EPC, maka untuk menghitung perumusan kegagalan yang disebabkan oleh manusia menjadi:

$$HEP_j = a \quad (2-3)$$

Sehingga tingkat kegagalan total dapat diperoleh melalui persamaan (2-4) berikut ini.

$$F = HEP_1 + HEP_2 + HEP_3 + \dots + HEP_k = \sum_{j=1}^k HEP_j \quad (2-4)$$

Dimana:

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

HEP $_j$ = besarnya HEP pada tipe *task* ke- j

a = *nominal human unreliability* pada *generic task*

b_i = besarnya nilai nominal pada EPCs ke- i

c_i = besarnya *assessed proportion of affect* pada EPCs ke- i

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

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

Menurut Swain dan Guttman (1983) dalam Yu, Hwang, Huang, dan Lee (2000), probabilitas kegagalan dapat diklasifikasikan ke dalam lima kategori, yaitu *frequent*, *probable*, *occasional*, *remote*, *improbable*. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Nilai Probabilitas Kegagalan

Level	Kategori	Keterangan	Nilai
A	<i>Frequent</i>	Kemungkinan gagal tinggi	0,1 - 1
B	<i>Probable</i>	Kemungkinan gagal sedang	0,01 – 0,1
C	<i>Occasional</i>	Kemungkinan gagal kecil	0,001 – 0,01
D	<i>Remote</i>	Kemungkinan gagal jarang	0,0001 – 0,001
E	<i>Improbable</i>	Kemungkinan gagal sangat jarang	0 – 0,0001

Sumber: Yu, Hwang, Huang, dan Lee (2000)

6. Menghitung nilai *human reliability total*.

$$\text{Human reliability total} = 1 - (\text{total probability of failure})$$

2.4 HIERARCHICAL TASK ANALYSIS (HTA)

Hierarchical Task Analysis (HTA) merupakan suatu metode analisa tugas yang digunakan untuk mendeskripsikan tugas dalam lingkup operasi dan rencana. HTA membentuk suatu hierarki tugas dan menguraikan aktivitas (kerja) yang dilakukan manusia ke dalam sub tugas yang menggambarkan urutan dan kondisi untuk mencapai suatu tujuan (*goal*) tertentu. Berdasarkan artikel yang dikeluarkan oleh *Energy Institute* (2011: 3) tentang *task analysis*, dikatakan bahwa HTA dapat digambarkan dalam bentuk “*tree diagram*” seperti sebuah struktur organisasi atau dalam bentuk tabel yang terdiri dari *heading* dan *sub-heading*.

HTA merupakan salah satu metode *task analysis* yang dapat digunakan sebagai permulaan dalam melakukan *human error analysis* (HEA). Pengaplikasian HTA sangat

luas dan mudah dipahami terutama dalam lingkup *human factors* (Callan, Siemieniuch, Sinclair, Rognin, Kirwan, & Gordon, 2004: 5). HTA mampu menganalisis kecenderungan terjadinya kesalahan (*error*) atas aktivitas yang sedang dikerjakan dan juga mampu mengidentifikasi sumber kesalahan (*error*) yang terjadi.

Terdapat tiga aspek dalam HTA yaitu *plan*, *stopping rule*, dan *numbering* (Findiastuti, 2002: 18).

1. *Plan*

Plan merupakan cara yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan (*goal*). Terdapat tujuh macam *plan* (jenis perencanaan) pada HTA, yaitu:

- a. *Fixed sequence*: urutan tetap.
- b. *Optional tasks*: suatu *task* yang dilaksanakan tergantung dari situasinya.
- c. *Waiting events*: suatu *plan* menunggu.
- d. *Cycle*: suatu *plan* yang membentuk suatu siklus.
- e. *Time sharing*: *plan* yang berupa pengerjaan dua atau lebih *task* dalam waktu yang bersamaan.
- f. *Discretionary*: *plan* yang berupa pengerjaan tugas-tugas dalam urutan sembarang.
- g. *Mixtures*: *plan* yang meliputi hal-hal yang telah dijelaskan pada poin a hingga poin f.

2. *Stopping rule*

Merupakan aturan yang membatasi sampai sejauh mana *task* harus dipecah menjadi sub *task* dan operasi. Konsep *stopping rule* yang utama digunakan adalah berhenti melakukan redeskripsi *task* ketika redeskripsi *task* lebih lanjut tidak lagi menambah informasi yang berguna untuk analisis proses.

3. *Numbering*

Merupakan penomoran yang dilakukan secara berurutan sesuai hierarki *task* dan aktivitas yang sudah dibuat.

Berikut pada Gambar 2.1 di bawah ini merupakan contoh HTA pemberian *cooling* darurat dalam bentuk tabel.

Tabular HTA (Level 1) ¹	Tabular HTA (Level 2)
1. Detect alarm indicating that cooling has failed. 2. Take readings to confirm cause of alarm and to identify affected vessel. 3. Go to storage locker no.1 and collect hoses. 4. Carry hoses to pressure vessel. 5. Go to equipment room 3 and collect pump and portable generator ² . 6. Take pump and generator to vessel. 7. <u>Connect hoses to pump and to emergency water supply.</u> 8. Connect hoses to cooling circuit via inlet (has non-return valve). 9. Start generator. 10. Start pump (push start button). 11. <u>Monitor plant readings.</u>	7. Connect hoses to pump and to water supply. 7.1 Unroll hose. 7.2 Push bayonet fitting onto discharge side of pump. 7.3 Twist fitting clockwise. 7.4 Pull to check locked in place. 11. Monitor plant readings 11.1 Take periodic readings of vessel temperature ³ . 11.2 Monitor fuel level in generator, top up as necessary.
Notes	
1. Tasks 1 to 6 and 10 are simple physical tasks or are covered by procedures and training. Preliminary analysis suggests that the operator will have no difficulty in carrying them out. No further breakdown of these tasks is considered necessary. Underlined tasks are described in more detail. 2. The generator and pump are already connected to each other and in place on the same trolley.	3. If reading indicates vessel temperature is too high, increase pump speed; if too low, decrease pump speed.

Gambar 2.1 HTA Pemberian *Cooling* Darurat
 Sumber: Gall (2011)

2.5 FUZZY SET

Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input kedalam suatu ruang output. Konsep tentang *fuzzy set* diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Astor Zadeh pada tahun 1962 dimana Zadeh memperkenalkan teori yang memiliki objek-objek dari himpunan *fuzzy* yang memiliki batasan yang tidak presisi dan keanggotaan dalam himpunan *fuzzy*, dan bukan dalam bentuk logika benar (*true*) atau salah (*false*), tapi dinyatakan dalam derajat (*degree*). Konsep seperti ini disebut dengan *Fuzziness* dan teorinya dinamakan *Fuzzy Set Theory*.

2.5.1 Himpunan Fuzzy

Teori *fuzzy set* merupakan pengembangan dari teori set (biasa) atau *crisp set*. Tingkat keanggotaan elemen pada *fuzzy set* berada pada interval [0,1], tetapi tingkat keanggotaan pada *crisp set* berada pada himpunan {0,1}. Hal tersebut memiliki arti bahwa pada *crisp set*, nilai satu (1) berarti suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan dan nilai nol (0) berarti suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan, sedangkan pada *fuzzy set* mengizinkan nilai desimal, seperti 0,3; 0,45; 0,65.

Sebagai contoh variabel umur dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

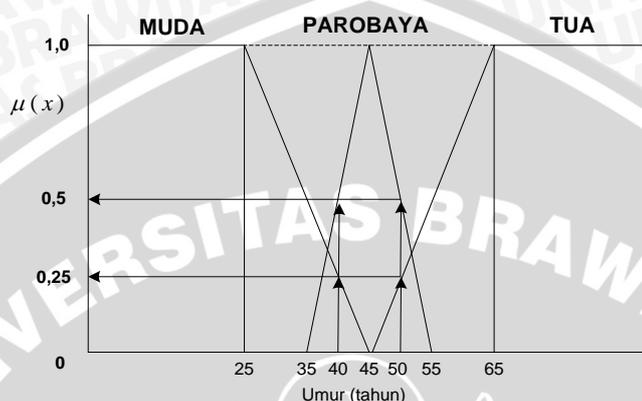
- Muda umur < 35 tahun
- Paruh baya 35 tahun ≤ umur ≤ 55 tahun
- Tua umur > 55 tahun

Pada permisalan di atas dapat dikatakan bahwa apabila berusia 34 tahun, maka ia dikatakan muda. Apabila seseorang berusia 35 tahun, maka ia dikatakan paruh baya. Apabila seseorang berusia 35 tahun kurang 1 hari maka ia dikatakan tidak muda dan juga tidak paruh



baya. Dari contoh tersebut dapat dilihat bahwa adanya suatu perubahan kecil saja pada suatu nilai dapat mengakibatkan perbedaan kategori yang cukup signifikan.

Himpunan *fuzzy* digunakan untuk mengantisipasi hal tersebut. Seseorang dapat masuk dalam 2 himpunan yang berbeda, muda dan paruh baya, paruh baya dan tua. Seberapa besar eksistensinya dalam himpunan tersebut dapat dilihat pada nilai keanggotaannya pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Himpunan *Fuzzy* untuk Variabel Umur
Sumber: Kusumadewi (2004)

Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu:

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: tinggi, sedang, pendek.
2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel seperti: 60, 25, 40, dsb.

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

- a. Variabel *fuzzy*

Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*.
Contoh: umur, temperatur, permintaan, dsb.

- b. Himpunan *Fuzzy*

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

Contoh:

Variabel temperatur, terbagi menjadi 6 himpunan *fuzzy*, yaitu: panas sekali, panas, hangat, sejuk, dingin, dan dingin sekali.

- c. 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. Ada kalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.

Contoh:

Semesta pembicaraan untuk variabel nilai ujian: $[0 + 100]$

d. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diizinkan 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 dan bilangan negatif.

Contoh:

Bagus = $[100, 70]$

Cukup = $[75, 55]$

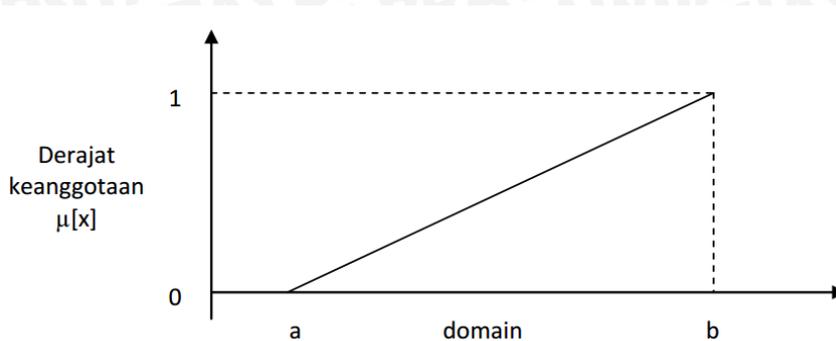
Jelek = $[60, 0]$

2.5.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data kedalam 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 bisa digunakan (Kusumadewi, 2004: 8):

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 2 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.

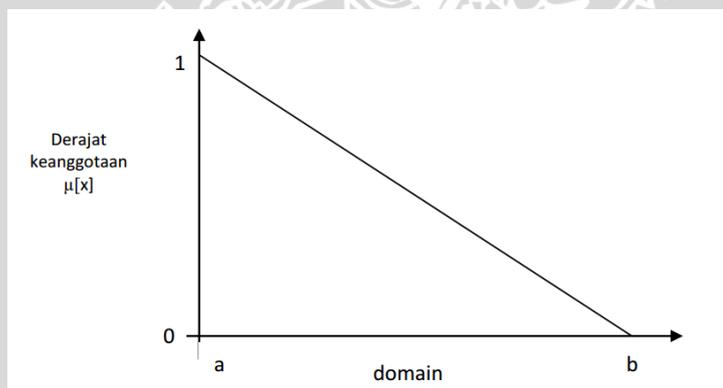


Gambar 2.3 Representasi Linier Naik
 Sumber: Kusumadewi (2004)

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x-a) / (b-a); & a < x < b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (2-5)$$

Kedua, merupakan kebalikan dari yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.



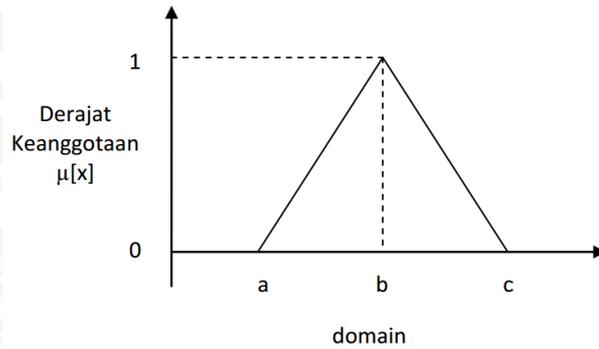
Gambar 2.4 Representasi Linier Turun
 Sumber: Kusumadewi (2004)

Fungsi keanggotaan:

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

2. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear).



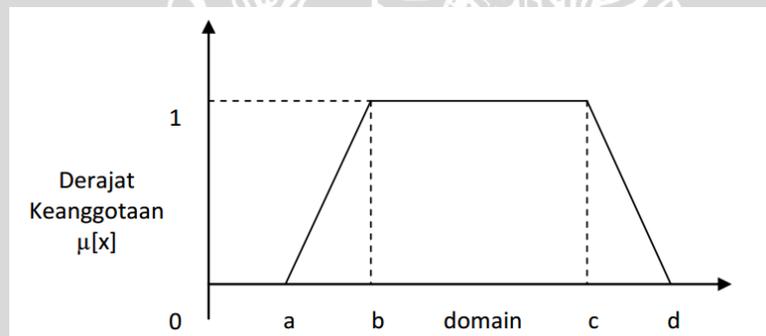
Gambar 2.5 Representasi Kurva Segitiga
 Sumber: Kusumadewi (2004)

Fungsi Keanggotaan:

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

3. Representasi Kurva Trapesium

Kurva trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.



Gambar 2.6 Representasi Kurva Trapesium
 Sumber: Kusumadewi (2004)

Fungsi keanggotaan:

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

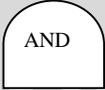
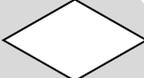
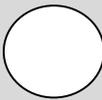
2.6 FAULT TREE ANALYSIS (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan metode untuk mengetahui pola kegagalan. FTA merupakan pendekatan *top-down* untuk menganalisa kegagalan, dimulai dengan kejadian potensial atau kecelakaan yang disebut dengan *top event* dan menetapkan cara



kejadian itu bisa terjadi (Rausand, 2005: 3). FTA banyak digunakan sebagai teknik untuk menganalisa hubungan sebab akibat pada suatu risiko maupun pengukuran keandalan. Dalam FTA, terdapat beberapa simbol yang menggambarkan hubungan logika dari kejadian-kejadian. Simbol tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.5.

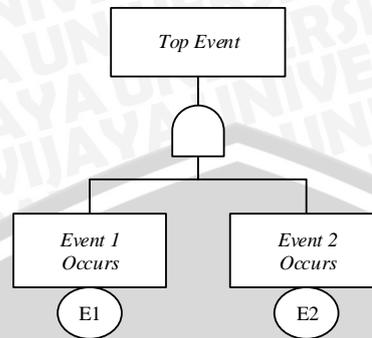
Tabel 2.5 Simbol-Simbol Pada *Fault Tree Analysis*

Nama	Gambar	Keterangan
<i>Top Event</i>		Kejadian puncak yang tidak dikehendaki dan harus dijelaskan lebih rinci dengan menggunakan gerbang-gerbang logika untuk menentukan penyebab dan keseringan kegagalan tersebut muncul.
<i>Logic Gate</i>	 	<p>Hubungan secara logika antara input.</p> <p><i>AND-gate</i> menunjukkan bahwa <i>output event</i> terjadi ketika seluruh <i>input event</i> terjadi.</p> <p><i>OR-gate</i> menunjukkan bahwa <i>output event</i> terjadi ketika salah satu atau beberapa <i>input event</i> terjadi.</p>
<i>Transferred Event</i>	<p><i>Transfer In</i></p>  <p><i>Transfer Out</i></p> 	Merupakan simbol transfer yang menunjukkan bahwa uraian lanjutan kejadian berada di halaman lain.
<i>Undeveloped Event</i>		Kejadian dasar (<i>basic event</i>) yang tidak akan dikembangkan lebih jauh karena tidak tersedianya informasi.
<i>Basic Event</i>		Kejadian yang tidak diharapkan yang dianggap sebagai penyebab dasar sehingga tidak perlu dilakukan analisa lebih jauh.
Simbol Elips		Simbol ini disisipkan di samping <i>event</i> untuk menunjukkan <i>event</i> itu hanya akan terjadi apabila kondisi tersebut dapat dipenuhi.

Pada FTA juga mencakup analisa kualitatif dan kuantitatif terhadap pola kegagalan. Analisa kualitatif FTA dilakukan berdasarkan *minimal cut set*. *Cut set* tergantung pada jumlah *basic event* di dalam *cut set*. Analisa kuantitatif merupakan suatu perhitungan probabilitas berdasarkan logika pada FTA. Analisa kuantitatif dibagi menjadi dua perhitungan yaitu sebagai berikut:

1. *AND-gate*

Logika kejadian ini digunakan pada saat *top event* akan terjadi apabila semua input kejadian terjadi.



Gambar 2.7 Single AND-Gate

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

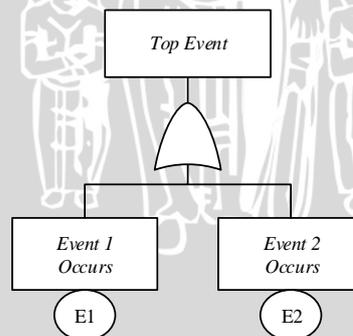
$$Q_0(t) = Pr(E1(t) \cap E2(t)) = Pr(E1(t)) \cdot Pr(E2(t)) \quad (2-9)$$

atau untuk *AND-gate* pada m kejadian adalah sebagai berikut.

$$Q_o(t) = \prod_{j=1}^m q_j(t) \quad (2-10)$$

2. *OR-gate*

Logika kejadian ini digunakan pada saat *top event* akan terjadi apabila salah satu input kejadian terjadi.



Gambar 2.8 Single OR-Gate

Perhitungan probabilitas *top event* pada logika *OR-gate* yang terjadi adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} Q_0(t) &= Pr(E1(t) \cup E2(t)) \\ &= Pr(E1(t)) + Pr(E2(t)) - Pr(E1(t)) \cdot Pr(E2(t)) \end{aligned} \quad (2-11)$$

atau untuk *OR-gate* pada m kejadian adalah sebagai berikut.

$$Q_o(t) = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - q_j(t)) \quad (2-12)$$

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi penelitian yang digunakan pada penelitian ini. Metodologi penelitian ini meliputi jenis penelitian, tempat dan waktu pelaksanaan, prosedur pelaksanaan penelitian, dan diagram alir penelitian.

3.1 JENIS PENELITIAN

Jenis penelitian ini bersifat kuantitatif yaitu pendekatan objektif yang meliputi pengumpulan dan analisis data numerik. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian deskriptif, yaitu suatu metode yang dilakukan dengan menggambarkan sejumlah data yang kemudian dianalisis berdasarkan penjelasan objektif, kenyataan yang ada, komparasi, dan evaluasi sebagai bahan pengambilan keputusan bagi yang berwenang.

3.2 TEMPAT DAN WAKTU PELAKSANAAN

Penelitian ini dilakukan di PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk yang terletak di Jalan Margomulyo 29A, Tandes, Surabaya dan dilaksanakan pada bulan Oktober 2014 – Juli 2015.

3.3 PROSEDUR PELAKSANAAN PENELITIAN

Penelitian ini akan dilaksanakan dengan prosedur sebagai berikut.

1. Studi Lapangan

Studi lapangan merupakan peninjauan langsung ke lokasi penelitian sebelum melakukan penelitian. Studi ini dimaksudkan untuk mengetahui kondisi yang ada di perusahaan dan mengetahui permasalahan apa yang sering terjadi.

2. Studi Literatur

Studi literatur merupakan suatu tahap penelitian yang dilakukan dengan mencari, mengumpulkan, membaca, dan mempelajari sumber-sumber informasi yang terkait dengan pembahasan topik penelitian yaitu mengenai *Human Reliability Assessment* (HRA). Sumber literatur dapat diperoleh dari buku cetak, jurnal ilmiah, maupun sumber informasi lainnya.

3. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah merupakan tahap awal dalam mengetahui dan memahami permasalahan yang sedang terjadi di perusahaan.

4. Perumusan Masalah

Rumusan masalah dibuat berdasarkan identifikasi masalah yang telah dilakukan dan bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan yang ada.

5. Penentuan Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ditentukan berdasarkan perumusan masalah yang telah dijabarkan sebelumnya. Hal ini dimaksudkan agar penelitian skripsi dapat dilakukan dengan sistematis dan tidak menyimpang dari permasalahan yang ada.

6. Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian ini diperoleh melalui observasi, wawancara, dan juga dokumentasi perusahaan. Data tersebut terdiri atas dua jenis, yaitu:

1) Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari sumber datanya. Data yang dikumpulkan yaitu data mengenai *human error* yang dilakukan oleh operator, keluhan-keluhan operator, dan penilaian para *experts* untuk kuantifikasi metode *fuzzy HEART*.

2) Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari berbagai sumber yang telah ada. Data sekunder yang digunakan meliputi:

- a. Profil perusahaan PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk
- b. Struktur organisasi PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk
- c. Proses produksi PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk
- d. Data *shift* kerja
- e. Data jumlah dan jenis cacat produksi
- f. Data *work instruction* operator produksi
- g. Data *pass schedule*

7. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut.

a. Identifikasi rangkaian pekerjaan pada operator dengan *Hierarchical Task Analysis* (HTA)

Pengidentifikasian pekerjaan yang dilakukan operator pada masing-masing proses produksi.

b. Identifikasi *possible errors* dan risiko kegagalan produk

Pengidentifikasi kesalahan yang mungkin ditimbulkan pada masing-masing rangkaian pekerjaan, kemudian diidentifikasi risiko kegagalan produknya dari kesalahan tersebut.

c. Perhitungan nilai *Human Error Probability* (HEP) dengan metode *Fuzzy HEART*

Langkah-langkah perhitungan HEP dengan metode *Fuzzy HEART* adalah sebagai berikut.

- 1) Menentukan tipe *generic task* yang sesuai dengan rangkaian pekerjaan.
- 2) Menentukan EPC dari masing-masing *possible errors*.
- 3) Menentukan *proportion of affect* yang dimodifikasi dengan menggunakan *fuzzy*. *Fuzzy* digunakan untuk mengurangi nilai subjektivitas *expert* dalam penilaian masing-masing EPC.
- 4) Menghitung *assessed effect* untuk masing-masing EPC.
- 5) Menghitung HEP untuk masing-masing *generic task* yang sudah dikelompokkan sebelumnya.
- 6) Menghitung nilai keandalan operator pada sistem.

d. Analisa pola kegagalan dan probabilitas kegagalan dengan menggunakan *Fault Tree Analysis* (FTA)

Menganalisis pola kegagalan dan probabilitas terjadinya kegagalan produk.

8. Analisis dan Pembahasan

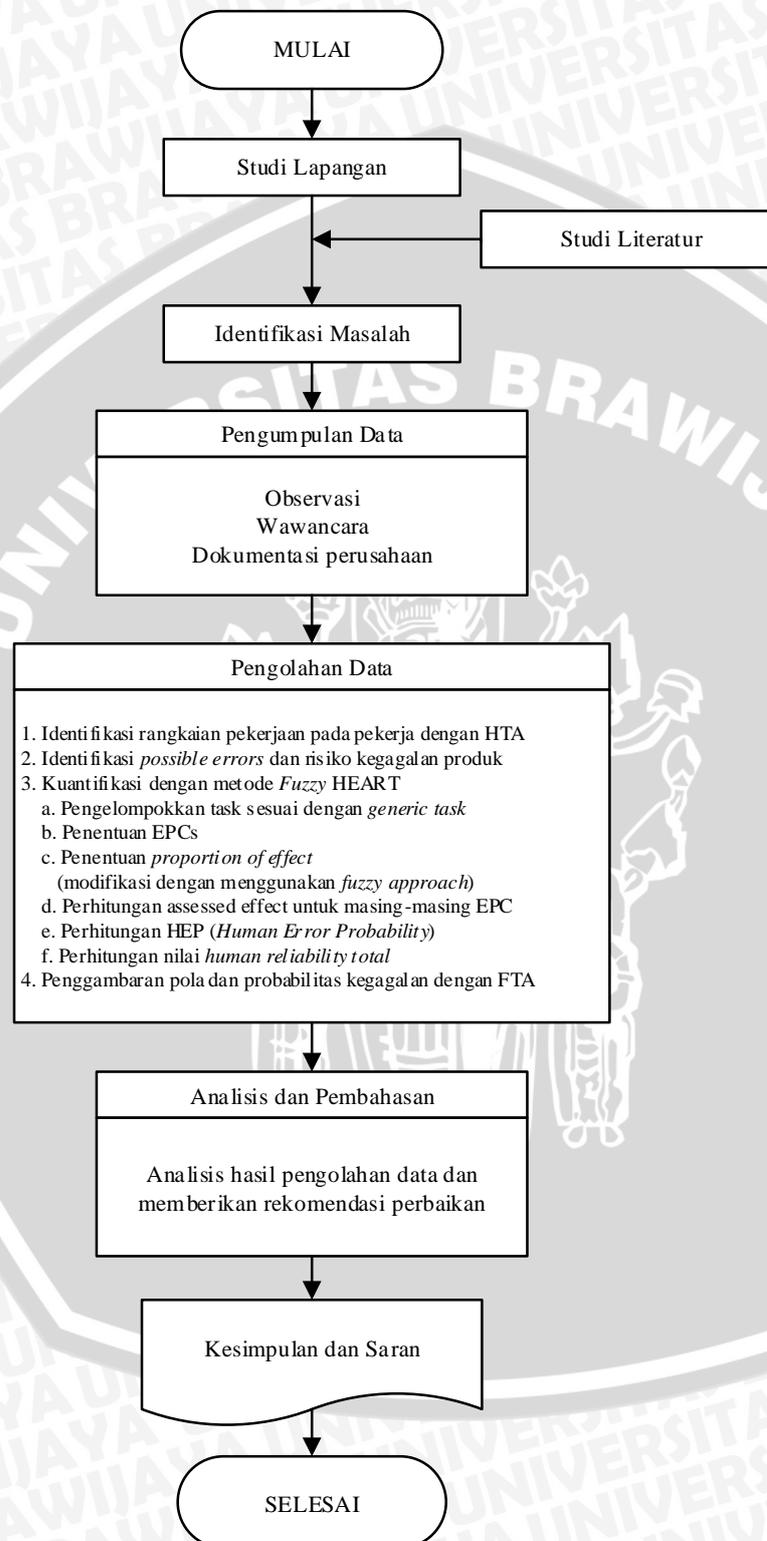
Pada tahap ini dilakukan suatu analisis dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan, kemudian didapatkan suatu rekomendasi perbaikan berdasarkan hasil pengolahan data.

9. Kesimpulan dan Saran

Pada tahap akhir penelitian ini berupa penarikan kesimpulan terhadap hasil pengolahan data dan analisis yang dilakukan pada tahap sebelumnya. Selanjutnya, diberikan saran-saran yang dianggap penting dan memungkinkan untuk ditindaklanjuti baik untuk kepentingan perusahaan maupun untuk penyempurnaan bagi penelitian selanjutnya.

3.4 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1 dengan tahapan sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai profil perusahaan, pengumpulan data, dan pengolahan data menggunakan teori-teori yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya serta pembahasan dari hasil penelitian untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah ditetapkan.

4.1 PROFIL PERUSAHAAN

Pada sub bab ini akan dibahas mengenai perusahaan tempat penelitian dilakukan. Penjelasan meliputi gambaran umum perusahaan, visi dan misi perusahaan, lokasi perusahaan, struktur organisasi, jumlah karyawan, *shift* kerja, dan proses produksi di PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk.

4.1.1 Gambaran Umum Perusahaan

PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk (GDS) didirikan pada tahun 1989 di Jl. Margomulyo 29A Surabaya, berdasarkan akta notaris Jamilah Nahdi, SH no. 6 tanggal 8 April 1989 dan disahkan oleh Menteri Kehakiman Republik Indonesia dengan surat keputusan No. C-2.11174. HT.01.01.Th.1989 tanggal 11 Desember 1989. Anggaran Dasar Perusahaan beberapa kali mengalami perubahan, terakhir dengan akta notaris Dr. Irawan Soerodjo SH, M.Si. no. 73 tanggal 16 Juli 2009 dan telah disahkan dengan keputusan Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia no. AHU-35724.AH.01.02.tahun 2009 tanggal 28 Juli 2009 dan diumumkan dalam lembaran berita Negara Republik Indonesia No. 65 tanggal 6 Agustus 2010. PT Gunawan Dianjaya Steel Tbk (GDS) bergerak di bidang industri penggilingan plat baja canai panas (*Hot Rolled Steel Plate*) dengan pangsa pasar untuk ekspor dan pasar domestik. GDS terletak di atas lahan seluas kurang lebih 20 hektar dan memulai kegiatan produksi komersial sejak akhir tahun 1993. Gambar 4.1 merupakan kantor perusahaan GDS.





Gambar 4.1 Kantor Perusahaan GDS
Sumber: PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk

4.1.2 Visi dan Misi Perusahaan

Dalam menjalankan kegiatannya, PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk memiliki visi yang digunakan sebagai acuan masa depan perusahaan dan juga misi sebagai cara untuk mewujudkan visi yang ditetapkan. Berikut adalah visi dan misi PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk.

1. Visi:

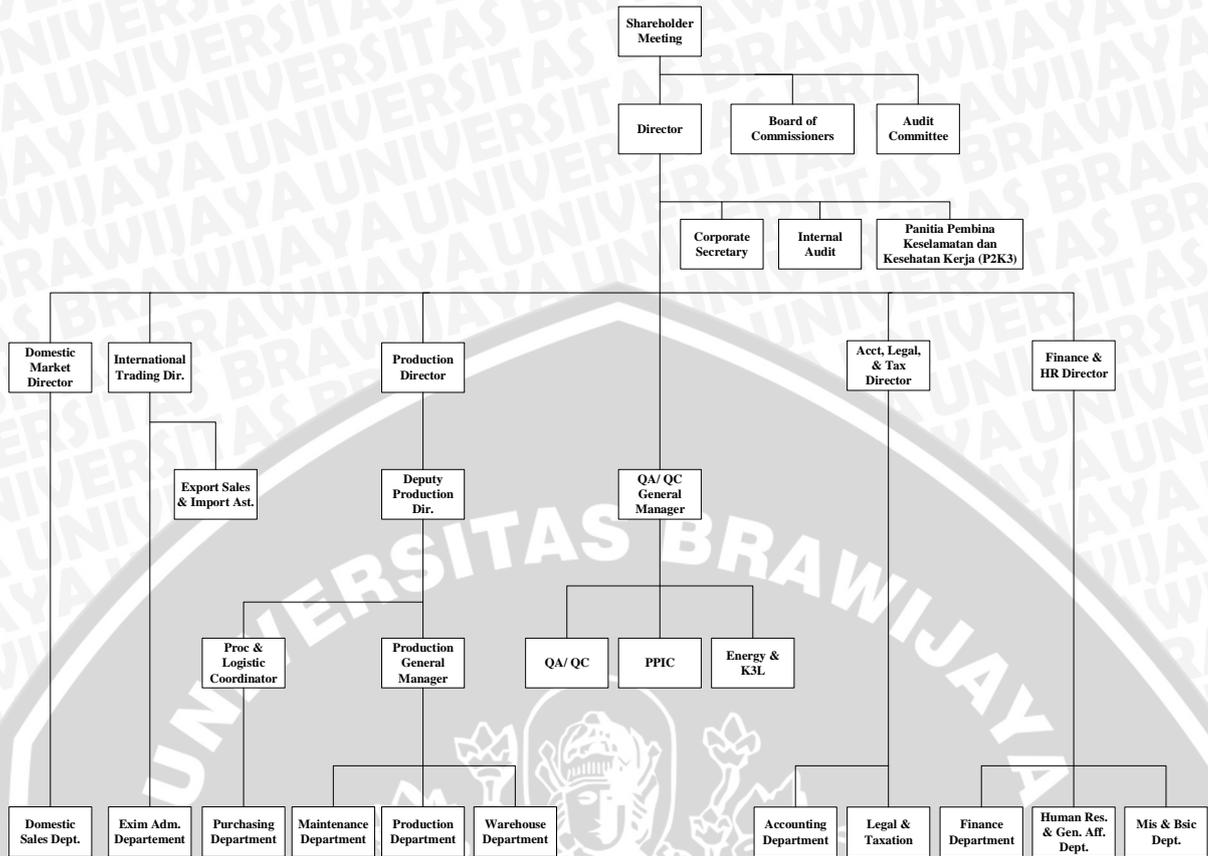
“Menjadi industri *rolling mill* plat baja canai panas terkemuka di lingkungan negara-negara ASEAN yang senantiasa memegang komitmen atas mutu produk dan waktu serah (*delivery time*).”

2. Misi:

“Melalui pengelolaan perseroan yang transparan dan akuntabel disertai dengan peningkatan kompetensi sumber daya manusia dan teknologi produksi yang dilaksanakan secara berkesinambungan dan efisien.”

4.1.3 Struktur Organisasi

Gambar 4.2 merupakan struktur organisasi dari PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk.

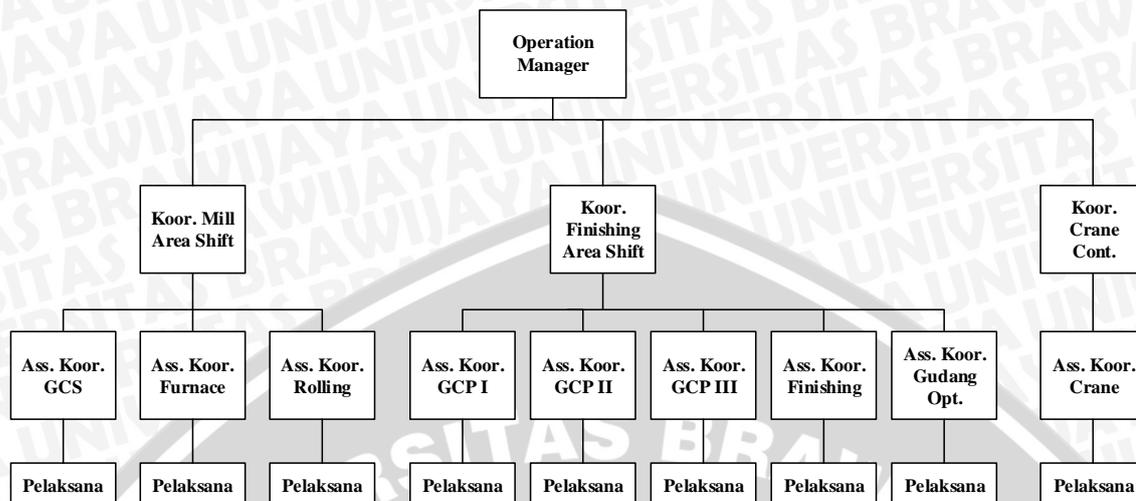


Gambar 4.2 Struktur Organisasi GDS

Sumber: PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk

Pimpinan tertinggi di PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk adalah seorang direktur utama yang membawahi langsung lima direktur dan satu *general manager*. Direktur pertama yaitu direktur *Domestic Market* yang bertanggungjawab terhadap Departemen *Domestic Sales* dan kegiatan yang berhubungan dengan penjualan pelat baja di lingkup dalam negeri. Direktur kedua yaitu direktur *International Trading* yang bertanggungjawab terhadap Departemen *Export-Import Administration* dan kegiatan ekspor impor. Direktur ketiga yaitu direktur Produksi yang membawahi *general manager* Produksi dan koordinator Pengadaan dan Logistik. Direktur keempat yaitu direktur *Accounting, Legal, dan Tax* yang membawahi Departemen *Accounting* dan Departemen *Legal & Tax*, serta bertanggungjawab terhadap kegiatan yang berhubungan dengan pajak dan kelegalan. Direktur kelima yaitu direktur *Finance dan Human Resource* yang membawahi tiga departemen yang berhubungan dengan *finance* dan *human resource*. Satu *general manager* yang dibawah langsung oleh direktur utama yaitu *general manager Quality Control* yang membawahi departemen *Quality Control*, PPIC, dan *Energy & K3L*.

Penelitian ini dilakukan di departemen produksi, tepatnya di *mill section/ mill area*. Struktur organisasi departemen produksi dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Struktur Organisasi Departemen Produksi GDS
Sumber: PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk

Departemen produksi dipimpin oleh seorang *manager* yang membawahi tiga divisi yaitu *mill area*, *finishing area*, dan *crane*. Masing-masing divisi memiliki koordinator yang bertanggung jawab terhadap kegiatan yang ada di divisinya. Koordinator pada divisi *mill area* bertanggungjawab terhadap proses *gas cutting slab* (GCS), *furnace*, dan juga *rolling*. Koordinator *finishing area* bertanggungjawab terhadap proses *gas cutting plate* (GCP), *finishing*, dan juga pergudangan. Koordinator *crane* bertanggungjawab terhadap penggunaan dan pengoperasian *crane* di lantai produksi.

4.1.4 Jumlah Karyawan

PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk memiliki karyawan sebanyak 957 orang dengan tingkat pendidikan mulai dari SD hingga sarjana. Jumlah karyawan tersebut memiliki komposisi sarjana sebanyak 114 orang, diploma sebanyak 16 orang, SMU sebanyak 691 orang, SMP sebanyak 96 orang, dan SD sebanyak 40 orang. Selain itu, untuk kebutuhan penjaga keamanan perseroan menggunakan tenaga kerja kontrak (*outsourcing*) sebanyak 44 orang.

4.1.5 Shift Kerja

Proses produksi pelat baja di GDS berlangsung selama 24 jam. Oleh karena itu, GDS menerapkan sistem *shift* untuk pekerjanya. Terdapat tiga *shift* di GDS, yaitu *shift* pagi, siang, dan malam. Masing-masing *shift* diberi alokasi waktu 8 jam untuk menjalankan proses produksi dan tidak ada ketetapan tersendiri mengenai waktu istirahat.

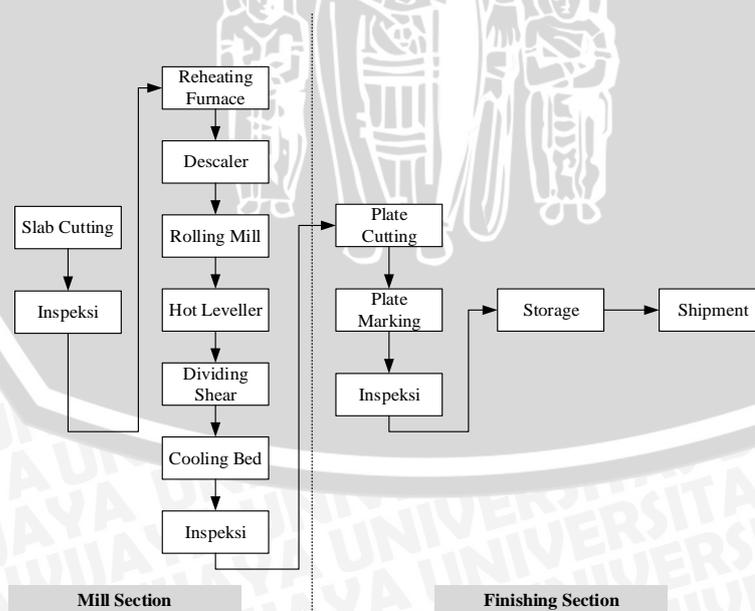
Di GDS, pekerja diberikan kebebasan untuk menentukan kapan mereka dapat beristirahat asalkan proses produksi yang ada tetap berjalan sebagaimana mestinya. Pergantian *shift* di GDS dilakukan setiap minggu. Tabel 4.1 menunjukkan pembagian *shift* kerja pada departemen produksi GDS.

Tabel 4.1 Pembagian *Shift* Kerja GDS

		<i>Shift Pagi</i>	<i>Shift Siang</i>	<i>Shift Malam</i>
<i>Mill Area</i>	GCS	4	4	4
	<i>Furnace</i>	5	5	5
	<i>Rolling</i>	8	7	7
<i>Finishing Area</i>	GCP I	6	6	6
	GCP II	5	5	5
	GCP III	8	8	8
	<i>Finishing</i>	7	7	7
	Gudang Opt	3	3	3
<i>Crane</i>	<i>Crane</i>	11	11	11

4.1.6 Proses Produksi Pelat Baja

Proses produksi di GDS terdiri dari beberapa tahap dan terbagi ke dalam dua bagian, yaitu *mill section* dan *finishing section*. *Mill section* meliputi proses pemotongan slab sampai dengan proses *cooling*. *Finishing section* meliputi proses pemotongan pelat baja sampai dengan pelat baja siap untuk dikirim ke konsumen. Bagan alur proses produksi pelat baja di GDS dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan penjelasan mengenai proses produksinya dapat dilihat pada Tabel 4.2.



Gambar 4.4 Proses Produksi GDS

Pada Tabel 4.2 berikut ini yang merupakan *mill section* yaitu proses-proses yang dijelaskan pada nomor 1-9, sedangkan yang termasuk dalam *finishing section* yaitu proses-proses yang dijelaskan pada nomor 10-14.

Tabel 4.2 Proses Produksi Pelat Baja di GDS

No	Proses	Deskripsi	Gambar
1	<i>Slab Cutting</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Input: Slab panjang • Output: Slab potongan • Proses: Slab panjang yang diimpor perusahaan dipotong menjadi beberapa bagian sesuai rencana pemotongan slab 	
2	Inspeksi	<ul style="list-style-type: none"> • Input: Slab hasil pemotongan • Output: Slab potongan yang sudah dibersihkan dan sudah sesuai dengan rencana pemotongan • Proses: Slab hasil pemotongan diperiksa dimensinya dan dibersihkan sisa-sisa pemotongannya 	
3	<i>Reheating Furnace</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Input: Slab potongan dari gudang • Output: Slab potongan hasil pembakaran • Proses: Slab dibakar dalam <i>furnace</i> selama $\pm 3,5$ jam pada suhu sekitar 1300°C 	
4	<i>Descaling</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Input: Slab hasil pembakaran • Output: Slab yang sudah bersih dari kerak dan kotoran • Proses: Slab dibersihkan dengan cara disemprot dengan air bertekanan tinggi di dalam <i>spray box</i> 	
5	<i>Rolling Mill</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Input: Slab dengan temperatur yang siap diroll ($1.250^{\circ}\text{C} - 1.320^{\circ}\text{C}$) • Output: Pelat panjang • Proses: Slab dirol dengan mesin 4-<i>High Reversing Roughing & Finishing</i> hingga ketebalan tertentu sesuai dengan detail produksi 	

Tabel 4.2 Proses Produksi Pelat Baja di GDS (Lanjutan)

No	Proses	Deskripsi	Gambar
6	<i>Hot Leveling</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Input: Pelat panjang hasil pengerolan • Ouput: Pelat yang sudah diratakan • Proses: Pelat diratakan dengan menghantarkan pelat melalui mesin <i>hot leveler</i> 	
7	<i>Dividing Shear</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Input: Pelat yang sudah rata • Ouput: Pelat yang sudah dipotong sesuai dengan detail produksi • Proses: Pelat dipotong sesuai dengan dimensi yang tertulis pada detail produksi 	
8	<i>Cooling</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Input: Pelat hasil pemotongan • Ouput: Pelat yang suhunya sudah mencapai 100° C untuk pelat tipis dan 500 °C untuk pelat tebal • Proses: Pelat didinginkan pada <i>cooling bed</i> selama beberapa jam 	
9	Inspeksi	<ul style="list-style-type: none"> • Input: Pelat yang sedang didinginkan • Ouput: Pelat yang aspek fisik dan permukaannya sudah sesuai • Proses: Pelat baja diperiksa aspek fisik dan permukaannya secara teliti, baik bagian atas maupun bawah oleh bagian <i>quality control</i> 	
10	<i>Plate Cutting</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Input: Pelat yang kondisi fisiknya sudah sesuai dan sudah dingin • Ouput: Pelat sesuai pesanan • Proses: Slab dipotong sisi sampingnya dengan <i>flame cutting</i> atau pemotongan dengan las campuran LPG dan oksigen apabila ketebalannya ≥ 15 mm. Jika ketebalannya < 15 mm, maka digunakan <i>mechanized side shear</i> atau pemotongan samping dengan mesin pemotong 	

Tabel 4.2 Proses Produksi Pelat Baja di GDS (Lanjutan)

No	Proses	Deskripsi	Gambar
11	Plate Marking	<ul style="list-style-type: none"> • Input: Pelat hasil <i>plate cutting</i> • Ouput: Pelat berlabel • Proses: Pelat diberi label di bagian atasnya 	
12	Inspeksi	<ul style="list-style-type: none"> • Input: Pelat hasil <i>plate cutting</i> • Ouput: Pelat yang sudah diuji • Proses: Pelat diuji dengan <i>ultrasonic test</i> di laboratorium. Inspeksi ini bersifat kondisional tergantung dari permintaan pelanggan 	
13	Storage	<ul style="list-style-type: none"> • Input: Pelat hasil <i>plate marking</i> • Ouput: Pelat baja yang sudah dikelompokkan sesuai dengan dimensinya masing-masing • Proses: Pelat dipindahkan ke bagian gudang produk jadi dengan menggunakan <i>crane</i> 	
14	Shipment	<ul style="list-style-type: none"> • Input: Pelat baja dari gudang • Ouput: Pelat baja sampai di konsumen • Proses: Pelat baja dikirimkan ke pemesan 	

4.2 PENGUMPULAN DATA

Pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data primer dan sekunder. Data primer yang dikumpulkan berupa hasil wawancara dan observasi mengenai aktivitas-aktivitas yang dilakukan operator, *human error* yang dilakukan dan mungkin dilakukan oleh operator, keluhan-keluhan operator, dan penilaian para *experts* untuk kuantifikasi metode *fuzzy HEART*. Wawancara operator dilakukan pada setiap bagian yang ada di *mill section*. Data sekunder yang digunakan berupa profil perusahaan, data *work instructions*, data *defect*, data *shift* kerja, dan data *pass schedule*.

4.2.1 Keterlibatan Manusia dalam Proses Produksi

Proses produksi pelat baja dilakukan melalui penggunaan tenaga manusia dimana ada yang bertugas untuk mengoperasikan mesin semi-otomatis dan juga ada yang bekerja

secara manual. Berikut akan dijelaskan mengenai keterlibatan manusia pada proses produksi di bagian *mill section*.

1. Bagian *Gas Cutting Slab* (GCS)

Pada bagian *gas cutting slab* terdapat 5 pekerja pada setiap shiftnya yang terdiri atas 4 pekerja pada proses pemotongan slab dan 1 pekerja untuk mengoperasikan *crane*. Tabel 4.3 merupakan penjelasan tugas dari pekerja-pekerja tersebut.

Tabel 4.3 Tugas Operator Pada *Gas Cutting Slab*

No	Pekerja	Jumlah Pekerja	Tugas
1	Operator GCS	4	Bertanggung jawab terhadap pencarian slab yang akan dipotong, pengukuran, pemberian tanda dan juga identitas pada tiap-tiap bagian slab, serta pemotongan slab.
2	Operator Crane	1	Memindahkan slab panjang ke tempat pemotongan dan memindahkan slab potongan ke gudang slab potongan.

2. Bagian *Furnace*

Pada bagian *furnace* terdapat 6 pekerja pada setiap shiftnya yang terdiri atas 2 pekerja di bagian gudang slab potongan, 1 pekerja di bagian *pusher*, 2 pekerja di bagian *extractor*, dan 1 pekerja untuk mengoperasikan *crane*. Tabel 4.4 merupakan penjelasan tugas dari pekerja-pekerja tersebut.

Tabel 4.4 Tugas Operator Pada *Furnace*

No	Pekerja	Jumlah Pekerja	Tugas
1	Petugas Bagian Gudang Slab Potongan	2	Bertanggung jawab terhadap pencarian slab yang akan dipindahkan ke bagian <i>pusher</i> .
2	Operator <i>Pusher</i>	1	Mendorong slab dan mengecek kesesuaian slab potongan yang akan dimasukkan ke dalam <i>furnace</i> .
3	Operator <i>Extractor</i>	2	Melakukan pemanasan <i>furnace</i> (<i>heating up</i>), mengontrol hal-hal yang berkaitan dengan <i>furnace</i> , serta melakukan pengeluaran slab dari <i>furnace</i> dan penyemprotan slab.
4	Operator Crane	1	Melakukan pemindahan slab potongan ke bagian <i>pusher</i> .

3. Bagian *Rolling*

Pada bagian *rolling* terdapat 8 pekerja pada setiap shiftnya yang terdiri atas 2 pekerja pada *rolling mill*, 2 pekerja pada *hot leveler*, 2 pekerja pada *dividing shear*, dan 2 pekerja pada *cooling bed*. Tabel 4.5 merupakan penjelasan tugas dari pekerja-pekerja tersebut.

Tabel 4.5 Tugas Operator Pada *Rolling*

No	Pekerja	Jumlah Pekerja	Tugas
1	Operator <i>Rolling Mill</i>	2	Melakukan proses pengerolan slab menjadi pelat baja yang disesuaikan dengan detail produksi.
2	Operator <i>Hot Leveler</i>	2	Melakukan pelurusan pelat baja.
3	Operator <i>Dividing Shear</i>	2	Satu orang melakukan pengukuran dan pengecekan dimensi pelat baja. Satu orang yang lain melakukan proses pemotongan slab.
4	Operator <i>Cooling Bed</i>	2	Mengoperasikan <i>cooling bed</i> dan pengecekan dimensi pelat baja dengan detail produksi untuk persiapan pemotongan.

4.3 PENGOLAHAN DATA

Pengolahan data merupakan tahapan untuk mengolah data yang telah diperoleh sesuai dengan metode yang sesuai dan telah dijabarkan pada tinjauan pustaka. Pengolahan data dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan operator produksi di GDS dan juga analisis penyebab *human error* sehingga nantinya dapat digunakan sebagai acuan perbaikan untuk mengurangi *human error* di GDS.

4.3.1 *Hierarchical Task Analysis* (HTA) Operator Produksi

Tahapan pertama untuk mengetahui tingkat keandalan dari operator yaitu dengan melakukan *breakdown* atau menguraikan aktivitas yang dilakukan oleh operator produksi GDS. Pembuatan HTA dilakukan berdasarkan wawancara operator, pengamatan langsung, dan juga *work instruction* masing-masing proses. HTA yang dibuat mencakup proses produksi yang berada di *mill section* yaitu mulai dari proses pemotongan slab ke dalam beberapa bagian yang lebih kecil hingga proses pendinginan pelat baja di *cooling bed*. Pada tiap *task* dan sub *task* hasil *breakdown* juga dianalisis apakah *task* tersebut memiliki risiko kegagalan produk atau tidak. Berikut disajikan HTA untuk masing-masing proses.

a. *Gas Cutting Slab*

Proses *gas cutting slab* merupakan proses pemotongan slab panjang menjadi slab potongan yang lebih kecil. Terdapat beberapa tahapan aktivitas yang perlu dilakukan hingga slab potongan siap untuk diproses lebih lanjut. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada HTA Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Hierarchical Task Analysis Operator di Bagian *Gas Cutting Slab*

<i>Gas Cutting Slab</i>		Risiko Kegagalan Produk	
		Ada	Tidak Ada
1	Mempersiapkan slab yang akan dipotong	-	-
<i>Plan</i>	Lakukan 1.1 – 1.2		
	1.1 Mencari slab panjang yang akan dipindahkan	-	√
	1.2 Memindahkan slab panjang ke tempat pemotongan dengan menggunakan <i>crane</i>	-	√
2	Membagi slab ke dalam beberapa bagian	-	-
<i>Plan</i>	Lakukan 2.1 – 2.2 Satu slab panjang sudah selesai diukur dan ditandai? Ya, maka lakukan 2.3 Tidak, maka lakukan 2.1		
	2.1 Mengukur slab dengan meteran	√	-
	2.2 Menandai bagian yang akan dipotong	-	√
	2.3 Menuliskan identitas pada tiap-tiap bagian slab yang akan dipotong sesuai dengan rencana pemotongan slab	-	√
3	Mempersiapkan mesin potong slab	-	-
<i>Plan</i>	Lakukan 3.1		
	3.1 Mengatur <i>cutting tip</i> dan kecepatan potong	√	-
4	Melakukan proses pemotongan slab	-	-
<i>Plan</i>	Lakukan 4.1 – 4.2		
	4.1 Memposisikan mesin potong di bagian yang telah diberi tanda	-	√
	4.2 Menjalankan mesin potong slab	-	√
5	Mengecek hasil pemotongan slab	-	-
<i>Plan</i>	Lakukan 5.1 – 5.2 – 5.3		
	5.1 Membersihkan bekas sisa pemotongan	√	-
	5.2 Mengukur dan mencatat hasil pemotongan slab ke dalam <i>slab cutting report</i>	-	√
	5.3 Menyerahkan dokumen <i>slab cutting report</i> ke bagian PPIC	-	√
6	Memindahkan slab potongan ke gudang slab	-	-
<i>Plan</i>	Lakukan 6.1 – 6.2 – 6.3 – 6.4		
	6.1 Menentukan slab potongan yang akan dipindahkan sesuai dengan instruksi dari departemen PPIC	-	√
	6.2 Memindahkan dan menumpuk slab di gudang slab potongan	√	-
	6.3 Mencatat hasil penumpukan slab ke dalam <i>form</i> laporan penumpukan slab	-	√
	6.4 Menyerahkan dokumen laporan penumpukan slab ke bagian PPIC	-	√

b. *Furnace*

Pada proses *furnace*, slab potongan akan dipanaskan hingga mencapai suhu 1.300 °C selama $\pm 3,5$ jam. Tahapan aktivitas proses ini akan dijelaskan lebih rinci dengan HTA pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Hierarchical Task Analysis Operator di Bagian *Furnace*

<i>Furnace</i>		Risiko Kegagalan Produk	
		Ada	Tidak Ada
1	Mempersiapkan slab potongan yang akan dimasukkan dalam <i>furnace</i>	-	-
<i>Plan</i>	Lakukan 1.1 – 1.2 – 1.3 – 1.4		
	1.1 Mencari dan menentukan slab potongan yang akan dipindahkan	√	-
	1.2 Memindahkan slab dari gudang slab potongan ke <i>furnace</i>	-	√
	1.3 Membersihkan permukaan slab potongan	-	√
	1.4 Membawa slab potongan ke <i>furnace</i>	-	√
2	Memasukkan slab ke dalam <i>furnace</i>	-	-
<i>Plan</i>	Lakukan 2.1 – 2.2 – 2.3 – 2.4 – 2.5		
	2.1 Mengecek kesesuaian slab dengan detail produksi	√	-
	2.2 Meletakkan slab di meja <i>pusher</i>	-	√
	2.3 Mendorong slab yang baru diletakkan	-	√
	2.4 Mengoperasikan <i>pusher</i> mundur kembali	-	√
	2.5 Memberi tanda dan mencatat waktu pada detail produksi untuk tiap-tiap slab yang sudah masuk <i>furnace</i>	-	√
3	Memanaskan (<i>heating up</i>) <i>furnace</i>	-	-
<i>Plan</i>	<i>Heating up furnace?</i> Ya, maka lakukan 3.1 – 3.2 – 3.3 Tidak, maka lakukan 3.3		
	3.1 Mempersiapkan <i>furnace</i>	√	-
	3.2 Menaikkan temperatur secara bertahap hingga $\pm 1.300^{\circ}\text{C}$	-	√
	3.3 Menjaga/ menahan temperatur tersebut selama produksi berlangsung	-	√
4	Mengirimkan slab ke bagian <i>rolling mill</i>	-	-
<i>Plan</i>	Pengiriman slab pertama kali untuk suatu dimensi? Ya, maka lakukan 4.1 – 4.2 – 4.3 – 4.4 – 4.5 Tidak, maka lakukan mulai dari 4.2		
	4.1 Mengecek kesesuaian nomor urut slab yang akan dikeluarkan dari <i>furnace</i> pada detail produksi dengan bagian <i>rolling mill</i> dan <i>furnace</i> pemasukan slab	-	√
	4.2 Mengeluarkan slab potongan dari <i>furnace</i>	-	√
	4.3 Membersihkan <i>scale</i> dengan <i>spray box</i>	-	√
	4.4 Menjalankan <i>roll table</i> ke arah <i>rolling mill</i>	-	√
	4.5 Mencatat waktu dikeluarkannya slab pada detail produksi	-	√
5	Memastikan kondisi <i>furnace</i> selama proses berlangsung	√	-

c. *Rolling Mill*

Proses *rolling mill* merupakan proses pengerolan slab hingga menjadi pelat dengan ketebalan tertentu. Tahapan aktivitas proses ini akan dijelaskan lebih rinci dengan HTA pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hierarchical Task Analysis Operator di Bagian *Rolling Mill*

<i>Rolling Mill</i>		Risiko Kegagalan Produk	
		Ada	Tidak Ada
1	Melakukan persiapan pengerolan	-	-
<i>Plan</i>	Pengerolan pertama untuk suatu dimensi? Ya, maka lakukan 1.1 – 1.2 – 1.3 – 1.4 – 1.5 – 1.6 Tidak, maka lakukan <i>step</i> 2		
	1.1 Menghubungi seksi <i>furnace</i> untuk mengecek kesesuaian slab yang akan diroll pertama kali (detail produksi no berapa dan no urutan berapa)	-	√
	1.2 Menentukan <i>turning point</i>	√	-
	1.3 Menghubungi operator <i>hot leveler</i> tentang lebar dan tebal pelat yang akan diroll	-	√
	1.4 Membuka celah/ <i>gap work roll</i> sesuai dengan tebal slab yang akan diroll	-	√
	1.5 Menyetel jarak <i>side guard</i> A-B dan C-D sesuai lebar pelat yang akan diroll	-	√
	1.6 Menghubungi seksi <i>furnace</i> agar slab dikeluarkan	-	√
2	Melakukan pengerolan	-	-
<i>Plan</i>	Lakukan 2.1 – 2.2 – 2.3 Kemudian, lakukan 2.4 – 2.5 secara bersamaan Pengerolan pertama untuk suatu dimensi? Ya, maka lakukan mulai dari 2.6 Tidak, maka lakukan 2.7		
	2.1 Menjalankan <i>roll table</i> 4Q ke arah <i>Mill</i>	-	√
	2.2 Pengerolan ke posisi <i>exit side</i> dan juga <i>entry side</i> hingga mencapai ketebalan <i>turning point</i>	-	√
	2.3 Memutar slab dengan menggunakan <i>ingot turner</i>	-	√
	2.4 Melakukan pengerolan hingga mencapai ketebalan pelat sesuai dengan detail produksi	√	-
	2.5 Membersihkan permukaan pelat dengan <i>spray mill</i> pada <i>pass schedule</i> yang telah ditentukan	-	√
	2.6 Mengukur tebal pelat pada satu <i>pass</i> sebelum terakhir	√	-
	2.7 Menaikkan <i>screw down</i> secara otomatis	-	√
3	Mengirimkan pelat ke bagian <i>hot leveler</i>	-	-
<i>Plan</i>	Lakukan 3.1		
	3.1 Menjalankan <i>roll table</i> 10Q ke arah <i>hot leveler</i>	-	√

d. *Hot Leveler*

Pada bagian *hot leveler*, pelat baja hasil *rolling* akan diratakan permukaannya hingga benar-benar lurus. Tahapan aktivitas pada proses ini akan dijelaskan lebih rinci dengan HTA pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Hierarchical Task Analysis Operator di Bagian Hot Leveler

Hot Leveler		Risiko Kegagalan Produk	
		Ada	Tidak Ada
1	Melakukan persiapan pelurusan pelat	-	-
<i>Plan</i>	Perataan pertama untuk suatu dimensi? Ya, maka lakukan 1.1 Tidak, maka lakukan <i>step 2</i>		
	1.1 Mengatur celah/ gap <i>work roll hot leveler</i>	√	-
2	Melakukan pelurusan pelat	-	-
<i>Plan</i>	Lakukan 2.1 – 2.2		
	2.1 Menjalankan mesin <i>hot leveler</i>	-	√
	2.2 Menghantarkan pelat melalui mesin <i>hot leveler</i>	-	√
3	Mengirimkan pelat ke bagian gunting 40 mm (<i>dividing shear</i>)	-	-
<i>Plan</i>	Lakukan 3.1		
	3.1 Menjalankan <i>roll table</i> ke arah <i>dividing shear</i>	-	√

e. *Dividing Shear*

Dividing shear merupakan proses pemotongan pelat baja sesuai dengan ukuran panjang yang tertulis di detail produksi. Tahapan aktivitas pada proses ini akan dijelaskan lebih rinci dengan HTA pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hierarchical Task Analysis Operator di Bagian *Dividing Shear*

Dividing Shear		Risiko Kegagalan Produk	
		Ada	Tidak Ada
1	Memeriksa pelat baja	-	-
<i>Plan</i>	Lakukan 1.1 – 1.2 – 1.3 dalam urutan sembarang Kemudian, lakukan 1.4 – 1.5		
	1.1 Mengecek lebar pelat dengan menggunakan alat ukur lebar pelat	-	√
	1.2 Mengecek ketebalan pelat dengan menggunakan <i>micrometer</i>	-	√
	1.3 Mengecek kondisi permukaan pelat dengan menggunakan mistar/ garis panjang	-	√
	1.4 Membagi pelat ke dalam beberapa bagian	-	√
	1.4.1 Mengukur panjang pelat	√	-
	1.4.2 Memberi tanda pada bagian yang akan dipotong	-	√
	1.4.3 Memberi no urut pelat pada permukaan tiap-tiap bagian pelat	-	√
	1.5 Mencatat hasil pengecekan pelat dalam detail produksi	-	√
2	Melakukan pemotongan pelat	-	-
<i>Plan</i>	Lakukan 2.1		
	2.1 Menurunkan pisau/ gunting sesuai dengan tanda yang diberikan pada pelat	-	√
3	Mengirim pelat ke bagian <i>cooling</i>	-	-
<i>Plan</i>	Lakukan 3.1 – 3.2		
	3.1 Menjalankan <i>roll table</i> ke bagian <i>cooling</i>	-	√
	3.2 Meletakkan pelat pada <i>bed</i>	-	√

f. *Cooling Bed*

Proses *cooling* merupakan proses pendinginan pelat baja sebelum dilakukan proses *finishing*. Proses ini merupakan proses yang paling sederhana diantara kelima proses lainnya karena operator produksi di sini hanya bertugas untuk menggeser *cooling bed* saja. Untuk lebih jelasnya, tahapan aktivitas pada proses ini dapat dilihat pada HTA Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Hierarchical Task Analysis Operator di Bagian *Cooling Bed*

<i>Cooling Bed</i>		Risiko Kegagalan Produk	
		Ada	Tidak Ada
1	Mengoperasikan <i>cooling bed</i>	-	-
<i>Plan</i>	Lakukan 1.1 – 1.2 – 1.3		
	1.1 Menjalankan <i>cooling bed</i>	-	√
	1.2 Meneruskan ke bagian inspeksi untuk dilakukan pemeriksaan oleh Departemen <i>Quality Control</i>	-	√
	1.3 Mengirim pelat ke bagian <i>finishing</i>	-	√

4.3.2 Identifikasi *Possible Errors*

Setelah dilakukan *breakdown* aktivitas dalam bentuk HTA, kemudian dilakukan identifikasi *possible errors*. *Possible errors* merupakan tugas atau pekerjaan pada HTA yang memiliki kemungkinan *error* dan dapat mempengaruhi proses. Pada sub bab ini nantinya akan dipilih tugas-tugas atau pekerjaan yang memiliki risiko kegagalan produk akibat *human error*.

Identifikasi *possible errors* dilakukan dengan menganalisa tiap-tiap elemen pekerjaan dari pekerja dan mempertimbangkan hasil wawancara dengan operator produksi GDS di bagian *mill section*. Selain itu, dilakukan juga wawancara dengan manajer produksi dan koordinator bagian *Quality Control* untuk mencocokkan antara elemen kegiatan dan kegagalan kerja (*human error*) dengan akibat atau konsekuensi dari kegagalan tersebut.

Pada HTA yang telah dibuat pada Sub Bab 4.3.1, diketahui bahwa pada bagian *cooling bed* tidak ditemukan adanya risiko kegagalan produk pada setiap *task*-nya, sehingga pada tahapan ini proses *cooling* tersebut tidak diidentifikasi lebih lanjut berkenaan dengan *possible errors*-nya. Proses ini nantinya akan memiliki nilai *Human Error Probability* (HEP) sebesar 0. Rekap *possible errors* yang telah teridentifikasi dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Identifikasi *Possible Errors* Operator Produksi GDS

No Task	Tasks	Possible Error	Risiko Awal	Risiko Akhir
Gas Cutting Slab				
2.1	Mengukur slab dengan meteran	Operator salah melihat ukuran dan salah mengukur	Salah potong	Ukuran slab tidak sesuai
3.1	Mengatur <i>cutting tip</i> dan kecepatan potong	Penentuan <i>cutting tip</i> dan kecepatan potong tidak sesuai dengan tebal slab yang dipotong	Bekas sisa pemotongan susah dibersihkan	Sliver (Pelat terkelupas)
5.1	Membersihkan bekas sisa pemotongan slab	Operator tidak membersihkan sisa pemotongan dengan bersih	Masih terdapat sisa pemotongan pada slab	Sliver (Pelat terkelupas)
6.2	Memindahkan dan menumpuk slab di gudang slab potongan	Operator <i>crane</i> meletakkan slab di daerah yang salah	Slab potongan yang dibawa ke <i>pusher</i> bisa jadi salah	Salah <i>roll</i>
Furnace				
1.1	Mencari dan menentukan slab potongan yang akan dipindahkan	Operator kurang kontrol terhadap jumlah slab potongan yang dipindahkan untuk tiap jenisnya	Slab yang dipindahkan ke <i>pusher</i> tidak sesuai dengan detail produksi	Salah <i>roll</i>
2.1	Mengecek kesesuaian slab dengan detail produksi	Operator salah melihat dimensi yang tertulis di slab	Slab yang dimasukkan salah	Salah <i>roll</i>
3.1	Mempersiapkan <i>furnace</i>	Operator lupa atau melewati sesuatu dalam persiapan <i>furnace</i>	<i>Heating up</i> terganggu	Temperatur slab tidak sesuai
5	Memastikan kondisi <i>furnace</i> selama proses berlangsung	Operator lupa melakukan pengecekan kondisi <i>furnace</i>	Penurunan kondisi <i>furnace</i> tidak diketahui sehingga berpengaruh terhadap slab yang dibakar	Temperatur slab tidak sesuai
Rolling Mill				
1.2	Menentukan <i>turning point</i>	Operator tidak dan salah menghitung <i>turning point</i>	Slab diputar pada ketebalan yang tidak seharusnya	<i>Short width</i> atau <i>short length</i>
2.4	Melakukan pengerolan hingga mencapai ketebalan pelat sesuai dengan detail produksi	Menurunkan <i>work roll</i> tidak sesuai dengan <i>pass schedule</i>	Pelat diroll tidak sesuai dengan ketebalan yang seharusnya	<i>Under gauge</i> atau <i>high gauge</i>
2.6	Mengukur tebal pelat pada satu <i>pass</i> sebelum terakhir	Pengukuran tebal pelat kurang teliti	<i>Pass</i> terakhir tidak tepat	<i>Under gauge</i> atau <i>high gauge</i>

Tabel 4.12 Identifikasi *Possible Errors* Operator Produksi GDS (Lanjutan)

No Task	Tasks	Possible Error	Risiko Awal	Risiko Akhir
Hot Leveler				
1.1	Mengatur celah/ gap <i>work roll hot leveler</i>	Lupa dan salah mengatur celah/ gap <i>work roll hot leveler</i>	Perataan pelat tidak maksimal	Wavey
Dividing Shear				
1.4.1	Mengukur panjang pelat	Salah mengukur	Salah potong	Short length

4.3.3 Kuantifikasi dengan Metode *Fuzzy Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART)

Setelah melakukan *breakdown* aktivitas dengan HTA dan juga identifikasi *possible errors*, selanjutnya dilakukan perhitungan keandalan operator produksi GDS dengan metode *Fuzzy HEART*. Metode *Fuzzy HEART* memiliki beberapa tahapan, yaitu pengklasifikasian *task* sesuai dengan *generic task*, pengidentifikasian *Error Producing Conditions* (EPC), penentuan nilai *Assessed Proportion of Affect* (APOA), perhitungan *assessed effect*, perhitungan *Human Error Probability* (HEP), dan perhitungan *human reliability total*. Berikut adalah penjelasan untuk masing-masing tahapan pada metode *Fuzzy HEART*.

1. Klasifikasi *Task* sesuai dengan *Generic Task*

Pengklasifikasian *task* dilakukan berdasarkan karakteristik atau sifat yang menggambarkan tugas yang dinilai. Klasifikasi *task* ini mengacu pada kategori *generic task* yang ada pada Tabel 2.2 bab sebelumnya. Pengklasifikasian *generic task* dilakukan berdasarkan pengamatan langsung dan juga diskusi dengan manajer produksi. Rekap pengklasifikasian tiap *task* sesuai dengan tabel *generic task* dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Klasifikasi *Task* Sesuai dengan *Generic Task*

Proses	No Task	Task	Deskripsi Task	Kategori <i>Generic Task</i>	Nominal <i>Human Unreliability</i>
Gas Cutting Slab	2.1	Mengukur slab dengan meteran	Operator mengukur slab yang akan dipotong dengan meteran. Dalam satu slab panjang, biasanya slab tersebut akan dibagi ke dalam 4-5 bagian sehingga untuk tiap slab panjang dilakukan pengukuran sebanyak 4-5 kali.	G	0,0004
	3.1	Mengatur <i>cutting tip</i> dan kecepatan potong	Operator memilih nomer <i>cutting tip</i> dan mengatur kecepatan potong pada mesin disesuaikan dengan tebal slab yang akan dipotong	G	0,0004

Tabel 4.13 Klasifikasi Task Sesuai dengan Generic Task (Lanjutan)

Proses	No Task	Task	Deskripsi Task	Kategori Generic Task	Nominal Human Unreliability
Gas Cutting Slab	5.1	Membersihkan bekas sisa pemotongan slab	Operator membersihkan slab hasil pemotongan dengan cara memukul-mukul bagian bekas sisa pemotongan dengan alat hingga tidak ada lagi sisa pemotongan yang dapat menyebabkan sliver. Aktivitas ini dilakukan untuk seluruh slab hasil pemotongan, sehingga operator melakukan aktivitas tersebut selama beberapa kali per jam-nya.	G	0,0004
	6.2	Memindahkan dan menumpuk slab di gudang slab potongan	Pemindahan slab ke gudang pemotongan dilakukan oleh operator <i>crane</i> . Aktivitas ini akan terus dilakukan selama masih ada slab yang harus dipindahkan.	G	0,0004
Furnace	1.1	Mencari dan menentukan slab potongan yang akan dipindahkan	Pencarian slab dilakukan berdasarkan denah peletakkan slab yang tertulis di detail produksi, apakah slab tersebut terletak di bagian timur, tengah, atau barat dan apakah di bagian baris no 1, 2, atau 3. Setelah menemukan slab yang dicari, kemudian operator/pekerja tersebut memandu dan membantu operator <i>crane</i> dalam pemindahan slab-nya yaitu dalam bentuk membantu pemasangan ganco dan mengontrol jumlah slab yang dipindahkan untuk setiap dimensinya.	G	0,0004
	2.1	Mengecek kesesuaian slab dengan detail produksi	Pengecekan dimensi ini merupakan pekerjaan yang cepat dan membutuhkan keterampilan yang rendah karena operator <i>pusher</i> hanya melihat dimensi yang tertulis di slab dan mencocokkannya dengan yang tertulis di detail produksi.	G	0,0004
	3.1	Mempersiapkan <i>furnace</i>	<i>Furnace</i> dipersiapkan dengan cara mengatur air pendingin, tekanan udara, <i>burner</i> , temperatur, dll sesuai dengan langkah-langkah yang tertulis di <i>work instruction</i> .	F	0,003
	5	Memastikan kondisi <i>furnace</i> selama proses berlangsung	Pengecekan kondisi <i>furnace</i> meliputi pengecekan air pendingin, kondisi pendukung <i>furnace</i> , dan mencatat jam-jam trouble. Pengecekan ini dilakukan setiap jam sekali.	G	0,0004

Tabel 4.13 Klasifikasi *Task* Sesuai dengan *Generic Task* (Lanjutan)

Proses	No Task	Task	Deskripsi Task	Kategori Generic Task	Nominal Human Unreliability
Rolling Mill	1.2	Menentukan <i>turning point</i>	Menghitung <i>turning point</i> (titik dimana kapan harus memutar slab saat pengerolan) dengan cara memasukkan dimensi slab dan pelat ke dalam persamaan <i>turning point</i> . Persamaan <i>turning point</i> tergolong sederhana dan ketika melakukan perhitungan juga menggunakan alat bantu kalkulator. Penentuan <i>turning point</i> dilakukan untuk setiap dimensi yang berbeda dari yang dirol sebelumnya.	E	0,02
	2.4	Melakukan pengerolan hingga mencapai ketebalan pelat sesuai dengan detail produksi	Operator yang terlatih dan memiliki keterampilan yang tinggi mengoperasikan mesin <i>rolling mill</i> pada saat pengerolan. Operator dituntut untuk berkonsentrasi terhadap <i>pass</i> yang dilakukan hingga pelat mencapai ketebalan yang tertulis di detail produksi.	C	0,16
	2.6	Mengukur tebal pelat pada satu <i>pass</i> sebelum terakhir	Pengukuran ini dilakukan secara cepat dan hanya pada hasil pengerolan pertama untuk tiap dimensinya.	E	0,02
Hot Leveler	1.1	Mengatur celah/ <i>gap work roll hot leveler</i>	Operator mengatur celah/ <i>gap work roll hot leveler</i> sesuai dengan tebal pelat yang akan diratakan.	F	0,003
Dividing Shear	1.4.1	Mengukur panjang pelat	Operator mengukur panjang pelat untuk membagi pelat ke dalam beberapa bagian yang lebih kecil. Pengukuran ini dilakukan untuk setiap pelat hasil pengerolan.	G	0,0004

Pada Tabel 4.13 dapat dilihat bahwa keseluruhan *task* pada GCS, *furnace* 1.1, *furnace* 2.1, *furnace* 5, dan *dividing shear* 1.4.1 termasuk dalam kategori *generic task* G dimana kategori ini merepresentasikan pekerjaan yang familiar, rutin dilakukan beberapa kali per jam oleh operator yang berpengalaman, dan terdapat waktu untuk memperbaiki *error* potensial. *Task furnace* 3.1, dan *hot leveler* 1.1 termasuk dalam kategori F dimana *task* pada kategori ini merupakan pekerjaan yang berhubungan dengan operasi mengubah atau mengembalikan sistem ke kondisi semula atau baru. *Task rolling mill* 1.2 dan *rolling mill* 2.6 termasuk dalam kategori E dimana kategori ini merepresentasikan pekerjaan yang rutin, cepat, dan sering dilakukan dengan melibatkan keterampilan yang rendah. *Task rolling mill* 2.4 termasuk dalam kategori C dimana kategori ini merepresentasikan pekerjaan yang kompleks dan membutuhkan tingkat pemahaman dan keterampilan yang tinggi.

2. Identifikasi *Error Producing Conditions* (EPC)

Identifikasi *Error Producing Conditions* (EPC) merupakan tahapan pengidentifikasian kondisi-kondisi yang menyebabkan atau menimbulkan *error* untuk setiap *task* yang dilakukan. Identifikasi EPC dilakukan dengan cara wawancara langsung kepada operator, manajer produksi, dan juga menganalisa kondisi yang ada di lapangan. Hasil wawancara dan analisa tersebut kemudian disesuaikan dengan tabel EPC yang ada pada Tabel 2.3 bab sebelumnya. Berikut dijelaskan mengenai EPC yang telah teridentifikasi untuk setiap *task*-nya.

1) Mengukur slab dengan meteran

Pada *task* ini, *possible error* yang ditimbulkan yaitu salah melihat dan salah mengukur. Terdapat dua EPC yang teridentifikasi, yaitu:

a. Sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil

Kondisi *existing*: Operator tidak melakukan pengecekan apakah ukuran dari slab sudah sesuai dengan yang tertulis di detail produksi. Kondisi ini muncul ± 25 kali dalam satu shift.

b. Terganggunya siklus tidur normal

Kondisi *existing*: Operator mengaku terkadang mengantuk ketika melakukan pekerjaan. Kondisi ini muncul ± 5 kali dalam satu shift.

2) Mengatur *cutting tip* dan kecepatan potong

Pada *task* ini, *possible error* yang ditimbulkan yaitu penentuan *cutting tip* dan kecepatan potong tidak sesuai dengan tebal slab yang dipotong. Terdapat satu EPC yang teridentifikasi, yaitu terganggunya siklus tidur normal.

Kondisi *existing*: Operator mengaku terkadang mengantuk ketika melakukan pekerjaan sehingga mengakibatkan kesalahan pengaturan.

3) Membersihkan sisa pemotongan slab

Pada *task* ini, *possible error* yang ditimbulkan yaitu operator tidak membersihkan sisa pemotongan dengan bersih. Terdapat satu EPC yang teridentifikasi, yaitu ketidakjelasan akan standar performansi yang diminta.

Kondisi *existing*: Parameter yang tidak jelas dalam mengukur apakah bekas sisa pemotongan sudah bersih.

4) Memindahkan dan menumpuk slab di gudang slab potongan

Pada *task* ini, *possible error* yang ditimbulkan yaitu operator *crane* menumpuk slab di daerah yang salah. Terdapat satu EPC yang teridentifikasi, yaitu kapasitas saluran komunikasi *overload*, terutama yang disebabkan oleh informasi-informasi kecil yang disajikan bersamaan

Kondisi *existing*: Adanya permintaan yang bersamaan untuk memindahkan slab panjang maupun slab potongan membuat operator *crane* kewalahan sehingga memungkinkan operator mengalami kesalahan dalam proses pemindahan slab.

5) Mencari dan menentukan slab potongan yang akan dipindahkan

Pada *task* ini, *possible error* yang ditimbulkan yaitu operator kurang kontrol terhadap jumlah slab potongan yang dipindahkan untuk tiap jenisnya. Terdapat dua EPC yang teridentifikasi, yaitu:

a. Sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil

Kondisi *existing*: Pekerja seringkali tidak melakukan pengecekan terhadap jumlah slab yang dipindahkan; apakah jumlah slab yang untuk dimensi tersebut sudah sesuai dengan yang tertulis di detail produksi. Ketika slab yang dipindahkan jumlahnya melebihi atau kurang, maka perencanaan produksi bisa terganggu dan juga kemungkinan salah *roll* bisa terjadi.

b. Terganggunya siklus tidur normal

Kondisi *existing*: Operator mengaku sering mengantuk ketika melakukan pekerjaan.

6) Mengecek kesesuaian slab dengan detail produksi

Pada *task* ini, *possible error* yang ditimbulkan yaitu operator salah melihat dimensi yang tertulis di slab. Terdapat satu EPC yang teridentifikasi, yaitu lingkungan yang buruk atau tidak mendukung.

Kondisi *existing*: Area kerja *pusher* tergolong panas dan bising karena terletak dekat dengan *furnace*, ditambah lagi tempat kerja operator yang kurang nyaman karena terlalu sempit, tidak adanya fasilitas pendingin ruangan, dan ruangnya tidak tertutup.

7) Mempersiapkan *furnace*

Pada *task* ini, *possible error* yang ditimbulkan yaitu operator lupa atau melewatkan sesuatu dalam persiapan *furnace*. Terdapat satu EPC yang teridentifikasi, yaitu kebutuhan untuk mentransfer pengetahuan yang spesifik dari kegiatan ke kegiatan tanpa kehilangan.

Kondisi *existing*: Dalam melakukan persiapan *furnace*, pengetahuan spesifik yang dimiliki operator yaitu mengenai hal-hal apa saja yang perlu dilakukan seperti mengatur air pendingin, *burner*, tekanan udara, dll. Di lapangan, operator dapat lupa atau melewatkan satu atau beberapa hal tersebut yang mana dapat mempengaruhi temperatur dari slab yang dibakar.

8) Memastikan kondisi *furnace* selama proses berlangsung

Pada *task* ini, *possible error* yang ditimbulkan yaitu operator lupa melakukan pengecekan kondisi *furnace*. Terdapat satu EPC yang teridentifikasi, yaitu adanya konflik antara tujuan jangka pendek dan jangka panjang.

Kondisi *existing*: Operator *extractor*, selain bertugas untuk memastikan kondisi *furnace*, memiliki tugas utama yaitu mengeluarkan slab potongan dari *furnace*. Karena terlalu fokus terhadap pekerjaan utamanya tersebut, operator dapat lupa dalam memastikan kondisi *furnace* yang harus dilakukannya setiap jam sekali.

9) Menentukan *turning point*

Pada *task* ini, *possible error* yang ditimbulkan yaitu operator tidak dan salah menghitung *turning point*. Terdapat satu EPC yang teridentifikasi, yaitu sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil.

Kondisi *existing*: Dalam perhitungan *turning point*, kesalahan penginputan data dapat terjadi sehingga pengecekan terhadap hasil perhitungan perlu dilakukan. Selain itu, operator biasanya juga hanya mengandalkan memori dan kebiasaannya dalam melakukan pemutaran slab.

10) Melakukan pengerolan hingga mencapai ketebalan pelat sesuai dengan detail produksi

Pada *task* ini, *possible error* yang ditimbulkan yaitu menurunkan *work roll* tidak sesuai dengan *pass schedule*. Terdapat dua EPC yang teridentifikasi, yaitu:

- a. Kebutuhan untuk mentransfer pengetahuan yang spesifik dari kegiatan ke kegiatan tanpa kehilangan

Kondisi *existing*: Operator lupa akan *pass* yang harus dilakukan, sehingga operator menurunkan *work roll* sesuai dengan insting dan kebiasaannya yang mana belum tentu sesuai dengan *pass schedule*. Hal ini dapat menyebabkan pelat tidak sesuai ketebalannya (*under gauge* atau *high gauge*).

- b. Tingkat stress yang tinggi

Kondisi *existing*: Proses pengerolan merupakan proses yang memiliki tingkat kesulitan yang tinggi, sehingga operasinya dituntut untuk berkonsentrasi penuh terhadap pekerjaan yang dilakukannya. Hal ini dapat menimbulkan stress yang tinggi jika dilakukan dalam jangka waktu yang cukup lama.

- 11) Mengukur tebal pelat pada satu *pass* sebelum terakhir

Pada *task* ini, *possible error* yang ditimbulkan yaitu pengukuran tebal pelat kurang teliti. Terdapat satu EPC yang teridentifikasi, yaitu adanya bahaya dari keterbatasan kemampuan fisik.

Kondisi *existing*: Pelat baja yang diukur pada satu *pass* sebelum terakhir memiliki suhu sekitar 900°C. Keterbatasan manusia dalam menerima suhu tinggi dan adanya risiko tangan terkena pelat panas membuat operator bekerja secara tidak maksimal.

- 12) Mengatur celah/ gap *work roll hot leveler*

Pada *task* ini, *possible error* yang ditimbulkan yaitu lupa dan salah mengatur celah/ gap *work roll hot leveler*. Terdapat satu EPC yang teridentifikasi, yaitu melewatkan kegiatan karena intervensi dari orang lain.

Kondisi *existing*: Operator terkadang lupa mengatur ulang celah/ gap *work roll hot leveler* dikarenakan menggunakan *handphone* saat bekerja, entah membalas pesan atau sekedar memainkannya saja.

13) Mengukur panjang pelat

Pada *task* ini, *possible error* yang ditimbulkan yaitu salah mengukur panjang pelat. Terdapat satu EPC yang teridentifikasi, yaitu sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil.

Kondisi *existing*: Tidak adanya pengecekan terhadap hasil pengukuran yang dapat mengakibatkan kesalahan pengukuran.

Rekap EPC beserta nilainya pada tiap-tiap *task* dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Rekap EPC untuk Masing-Masing *Task*

Proses	No Task	Task	Possible Error	No EPC	EPCs	Nilai EPC
Gas Cutting Slab	2.1	Mengukur slab dengan meteran	Operator salah melihat ukuran dan salah mengukur	1a	Sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil	3
				1b	Terganggunya siklus tidur normal	1,1
	3.1	Mengatur <i>cutting tip</i> dan kecepatan potong	Penentuan <i>cutting tip</i> dan kecepatan potong tidak sesuai dengan tebal slab yang dipotong	2a	Terganggunya siklus tidur normal	1,1
	5.1	Membersihkan sisa pemotongan slab	Operator tidak membersihkan sisa pemotongan dengan bersih	3a	Ketidakjelasan akan standar performansi yang diminta	5
	6.2	Memindahkan dan menumpuk slab di gudang slab potongan	Operator <i>crane</i> meletakkan slab di daerah yang salah	4a	Kapasitas saluran komunikasi <i>overload</i> , terutama yang disebabkan oleh informasi-informasi kecil yang disajikan bersamaan	6
Furnace	1.1	Mencari dan menentukan slab potongan yang akan dipindahkan	Operator kurang kontrol terhadap jumlah slab potongan yang dipindahkan untuk tiap jenisnya	5a	Sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil	3
				5b	Terganggunya siklus tidur normal	1,1
	2.1	Mengecek kesesuaian slab dengan detail produksi	Operator salah melihat dimensi yang tertulis di slab	6a	Lingkungan yang buruk atau tidak mendukung	1,15
	3.1	Mempersiapkan <i>furnace</i>	Operator lupa atau melewatkan sesuatu dalam persiapan <i>furnace</i>	7a	Kebutuhan untuk mentransfer pengetahuan yang spesifik dari kegiatan ke kegiatan tanpa kehilangan	5,5

Tabel 4.14 Rekap EPC untuk Masing-Masing Task (Lanjutan)

Proses	No Task	Task	Possible Error	No EPC	EPCs	Nilai EPC
<i>Furnace</i>	5	Memastikan kondisi <i>furnace</i> selama proses berlangsung	Operator lupa melakukan pengecekan kondisi <i>furnace</i>	8a	Adanya konflik antara tujuan jangka pendek dan jangka panjang	2,5
<i>Rolling Mill</i>	1.2	Menentukan <i>turning point</i>	Tidak dan salah menghitung <i>turning point</i>	9a	Sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil	3
	2.4	Melakukan pengerolan hingga mencapai ketebalan pelat sesuai dengan detail produksi	Menurunkan <i>work roll</i> tidak sesuai dengan <i>pass schedule</i>	10a	Kebutuhan untuk mentransfer pengetahuan yang spesifik dari kegiatan ke kegiatan tanpa kehilangan	5,5
				10b	Tingkat stress yang tinggi	1,3
	2.6	Mengukur tebal pelat pada satu <i>pass</i> sebelum terakhir	Pengukuran tebal pelat kurang teliti	11a	Adanya bahaya dari keterbatasan kemampuan fisik	1,4
<i>Hot Leveler</i>	1.1	Mengatur celah/ <i>gap work roll hot leveler</i>	Lupa dan salah mengatur celah/ <i>gap work roll hot leveler</i>	12a	Melewatkan kegiatan karena intervensi dari orang lain	1,06
<i>Dividing Shear</i>	1.4.1	Mengukur panjang pelat	Operator salah mengukur panjang pelat	13a	Sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil	3

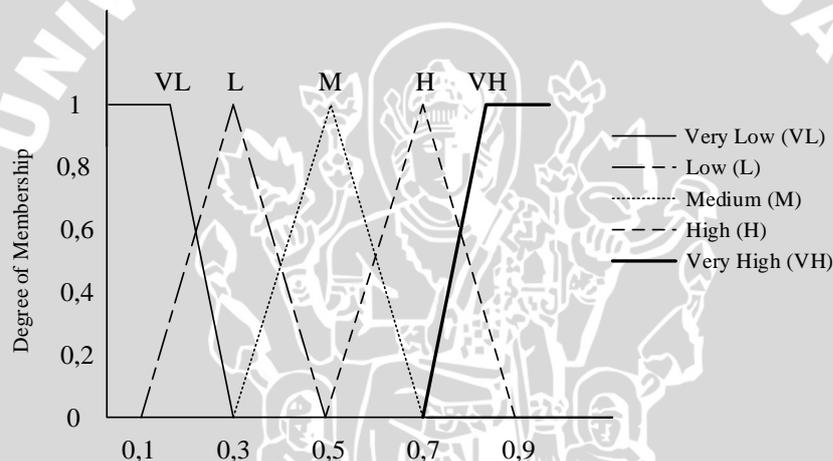
3. Penentuan nilai APOA (*Assessed Proportion of Affect*) dengan pendekatan *fuzzy*.

Assessed Proportion of Affect (APOA) merupakan proporsi dampak atau pengaruh negatif untuk setiap EPC pada setiap *task*. Pada metode HEART tradisional, nilai APOA ditentukan dari penilaian *expert* dimana *expert* diminta untuk menentukan suatu nilai APOA dalam rentang angka 0-1. Kondisi tersebut dinilai cenderung memiliki subjektivitas yang tinggi dikarenakan *expert* harus menentukan nilai APOA dengan memilih besaran tertentu antara 0-1 secara gambling. Kelemahan terhadap HEART tradisional tersebut dapat diatasi dengan menggunakan *fuzzy linguistic expressions* sebagai bentuk representasi proporsi efek yang diberikan oleh *expert*.

Konsep dari *linguistic variable* adalah variabel dengan nilai yang didefinisikan dengan kata-kata, frase, atau kalimat dalam bahasa alami maupun buatan. Variabel linguistik ini sangat berguna ketika dihadapkan pada situasi yang rumit dan sulit untuk dideskripsikan atau dijelaskan dalam *quantitative expressions* (Castiglia dan Giardina, 2013: 1171). Dengan menggunakan *fuzzy linguistic expressions* nantinya akan diperoleh nilai yang lebih tepat dari pendapat yang diungkapkan oleh *experts*.

Pertama, nilai APOA dalam rentang angka 0-1 akan melalui proses fuzzifikasi terlebih dahulu untuk diubah atau dikonversikan ke dalam bentuk himpunan-himpunan *fuzzy* dengan suatu fungsi kenggotaannya masing-masing. Penilaian *expert* yang berupa variabel linguistik akan diolah dan disesuaikan dengan himpunan *fuzzy number* yang ada. Kemudian, untuk memperoleh nilai *crisp* dari pendapat *expert* tersebut dilakukan proses defuzzifikasi dengan metode *triangular center of gravity*.

Variabel linguistik untuk APOA direpresentasikan dengan *fuzzy number* yang terbagi ke dalam lima himpunan *fuzzy*. Himpunan tersebut antara lain *Very Low* (VL), *Low* (L), *Medium* (M), *High* (H) dan *Very High* (VH). *Fuzzy number* setiap himpunan memiliki tiga parameter $\{l_i, m_i, u_i\}$ sehingga variabel linguistik APOA direpresentasikan dengan kurva segitiga atau *triangular fuzzy number*. Gambar 4.5 merupakan *triangular fuzzy number* yang merepresentasikan variabel linguistik APOA.



Gambar 4.5 Kurva Triangular Variabel Linguistik APOA
Sumber: Castiglia & Giardina (2013)

Berikut di bawah ini merupakan persamaan fungsi keanggotaan dari variabel linguistik APOA yang mengacu pada persamaan (2-7).

$$\mu_{VL} = \begin{cases} 0; & x < 0 \text{ atau } x > 0,3 \\ \frac{(0,3-x)}{(0,15)}; & 0,15 < x \leq 0,3 \\ 1; & 0 < x \leq 0,15 \end{cases} \quad (4-1)$$

$$\mu_L = \begin{cases} 0; & x < 0,1 \text{ atau } x > 0,5 \\ \frac{(x-0,1)}{0,2}; & 0,1 < x \leq 0,3 \\ \frac{(0,5-x)}{0,2}; & 0,3 < x \leq 0,5 \end{cases} \quad (4-2)$$

$$\mu_M = \begin{cases} 0; & x < 0,3 \text{ atau } x > 0,7 \\ \frac{(x-0,3)}{0,2}; & 0,3 < x \leq 0,5 \\ \frac{(0,7-x)}{0,2}; & 0,5 < x \leq 0,7 \end{cases} \quad (4-3)$$

$$\mu_H = \begin{cases} 0; & x < 0,5 \text{ atau } x > 0,9 \\ \frac{(x-0,5)}{0,2}; & 0,5 < x \leq 0,7 \\ \frac{(0,9-x)}{0,2}; & 0,7 < x \leq 0,9 \end{cases} \quad (4-4)$$

$$\mu_{VH} = \begin{cases} 0; & x < 0,7 \text{ atau } x > 1 \\ \frac{(x-0,7)}{0,2}; & 0,7 < x \leq 0,85 \\ 1; & 0,85 < x \leq 1 \end{cases} \quad (4-5)$$

Tabel 4.15 Himpunan *Fuzzy* Variabel Linguistik APOA

Himpunan Variabel Linguistik	(li, mi, ui)
Very Low (VL)	(0, 0.15, 0.3)
Low (L)	(0.1, 0.3, 0.5)
Medium (M)	(0.3, 0.5, 0.7)
High (H)	(0.5, 0.7, 0.9)
Very High (VH)	(0.7, 0.85, 1)

Setelah melakukan proses fuzzifikasi yang menghasilkan *fuzzy number* untuk masing-masing nilai linguistik, kemudian dilakukan penilaian oleh *experts*. Dalam penelitian ini, *experts* yang menilai berjumlah dua orang dimana *expert 1* merupakan manajer produksi dan *expert 2* merupakan koordinator area *mill*. Pada Tabel 4.16 pada kolom *Assessed Proportion of Affect* berikut merupakan hasil penilaian dari dua *expert* pada departemen produksi GDS untuk setiap EPC.

Tabel 4.16 Penilaian *Expert* untuk APOA

Proses	No Task	Possible Error	No EPC	EPCs	Assessed Proportion of Affect	
					Expert 1	Expert 2
Gas Cutting Slab	2.1	Operator salah melihat ukuran dan salah mengukur	1a	17. Sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil	Low	Very Low
			1b	35. Terganggunya siklus tidur normal	Medium	Low
	3.1	Penentuan <i>cutting tip</i> dan kecepatan potong tidak sesuai dengan tebal slab yang dipotong	2a	35. Terganggunya siklus tidur normal	Very Low	Very Low

Tabel 4.16 Penilaian *Expert* untuk APOA (Lanjutan)

Proses	No Task	Possible Error	No EPC	EPCs	Assessed Proportion of Affect	
					Expert 1	Expert 2
Gas Cutting Slab	5.1	Operator tidak membersihkan sisa hasil pemotongan dengan bersih	3a	11. Ketidakjelasan akan standar performansi yang diminta	Low	Medium
	6.2	Operator <i>crane</i> meletakkan slab di daerah yang salah	4a	8. Kapasitas saluran komunikasi <i>overload</i> , terutama yang disebabkan oleh informasi-informasi kecil yang disajikan bersamaan	High	Medium
Furnace	1.1	Operator kurang kontrol terhadap jumlah slab potongan yang dipindahkan untuk tiap jenisnya	5a	17. Sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil	High	High
			5b	35. Terganggunya siklus tidur normal	Medium	Low
	2.1	Operator salah melihat dimensi yang tertulis di slab	6a	33. Lingkungan yang buruk atau tidak mendukung	Low	Medium
	3.1	Mempersiapkan <i>furnace</i>	7a	10. Kebutuhan untuk mentransfer pengetahuan yang spesifik dari kegiatan ke kegiatan tanpa kehilangan	Low	Very Low
	5	Operator lupa melakukan pengecekan kondisi <i>furnace</i>	8a	18. Adanya konflik antara tujuan jangka pendek dan jangka panjang	Very Low	Very Low
Rolling Mill	1.2	Salah menghitung <i>turning point</i>	9a	17. Sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil	Very Low	Very Low
	2.4	Menurunkan <i>work roll</i> tidak sesuai dengan <i>pass schedule</i>	10a	10. Kebutuhan untuk mentransfer pengetahuan yang spesifik dari kegiatan ke kegiatan tanpa kehilangan	Low	Very Low
			10b	29. Tingkat stress yang tinggi	Very High	High
	2.6	Pengukuran tebal pelat kurang teliti	11a	27. Adanya bahaya dari keterbatasan kemampuan fisik	High	Medium
Hot Leveler	1.1	Operator lupa dan salah mengatur celah/ gap <i>work roll hot leveler</i>	12a	36. Melewatkan kegiatan karena intervensi dari orang lain	Very Low	Low
Dividing Shear	1.4.1	Salah mengukur panjang pelat	13a	17. Sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil	Low	Medium

Setelah mendapatkan nilai linguistik untuk APOA dari penilaian *expert*, kemudian nilai tersebut dikonversikan ke dalam *fuzzy number* sesuai dengan himpunannya. Hasil konversi variabel linguistik penilaian *expert* untuk APOA ke dalam *fuzzy number* dapat dilihat pada Tabel 4.17 dan Tabel 4.18.

Tabel 4.17 Fuzzy Number untuk Penilaian *Expert 1*

EPCs															
<i>Expert 1</i>	1a			1b			2a			3a			4a		
	L			M			VL			L			H		
	<i>li</i>	<i>mi</i>	<i>ui</i>												
	0,1	0,3	0,5	0,3	0,5	0,7	0	0,15	0,3	0,1	0,3	0,5	0,5	0,7	0,9
	5a			5b			6a			7a			8a		
	H			M			L			L			VL		
	<i>li</i>	<i>mi</i>	<i>ui</i>												
	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0,1	0,3	0,5	0,1	0,3	0,5	0	0,15	0,3
	9a			10a			10b			11a			12a		
	VL			L			VH			H			VL		
	<i>li</i>	<i>mi</i>	<i>ui</i>												
	0	0,15	0,3	0,1	0,3	0,5	0,7	0,85	1	0,5	0,7	0,9	0	0,15	0,3
	13a														
	L														
<i>li</i>	<i>mi</i>	<i>ui</i>													
0,1	0,3	0,5													

Tabel 4.18 Fuzzy Number untuk Penilaian *Expert 2*

EPCs															
<i>Expert 2</i>	1a			1b			2a			3a			4a		
	VL			L			VL			M			M		
	<i>li</i>	<i>mi</i>	<i>ui</i>												
	0	0,15	0,3	0,1	0,3	0,5	0	0,15	0,3	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7
	5a			5b			6a			7a			8a		
	H			L			M			VL			VL		
	<i>li</i>	<i>mi</i>	<i>ui</i>												
	0,5	0,7	0,9	0,1	0,3	0,5	0,3	0,5	0,7	0	0,15	0,3	0	0,15	0,3
	9a			10a			10b			11a			12a		
	VL			VL			H			M			L		
	<i>li</i>	<i>mi</i>	<i>ui</i>												
	0	0,15	0,3	0	0,15	0,3	0,5	0,7	0,9	0,3	0,5	0,7	0,1	0,3	0,5
	13a														
	M														
<i>li</i>	<i>mi</i>	<i>ui</i>													
0,3	0,5	0,7													

Selanjutnya, penilaian dari kedua *expert* yang telah dikonversikan ke dalam *fuzzy number* tersebut dirata-rata dengan menggunakan perhitungan rata-rata aritmatik pada persamaan (4-6). Rekap hasil perhitungan rata-rata aritmatik tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.19.

$$\bar{X}_a = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots + x_n) \tag{4-6}$$

Sumber: Steiner (2012)

Dengan:

\bar{X}_a = rata-rata aritmatik

n = banyak data (total *expert*)

X_n = skor yang diberikan atau besar data

Tabel 4.19 Rata-Rata Aritmatik Penilaian *Expert*

EPCs															
Rata-Rata Aritmatik	1a			1b			2a			3a			4a		
	<i>li</i>	<i>mi</i>	<i>ui</i>												
	0,05	0,23	0,4	0,2	0,4	0,6	0	0,15	0,3	0,2	0,4	0,6	0,4	0,6	0,8
	5a			5b			6a			7a			8a		
	<i>li</i>	<i>mi</i>	<i>ui</i>												
	0,5	0,7	0,9	0,2	0,4	0,6	0,2	0,4	0,6	0,05	0,23	0,4	0	0,15	0,3
	9a			10a			10b			11a			12a		
	<i>li</i>	<i>mi</i>	<i>ui</i>												
	0	0,15	0,3	0,05	0,23	0,4	0,6	0,78	0,95	0,4	0,6	0,8	0,05	0,23	0,4
	13a														
<i>li</i>	<i>mi</i>	<i>ui</i>													
0,2	0,4	0,6													

Contoh perhitungan nilai *lower (li)* fuzzy number pada EPC nomor 1a:

$$X_1 = \text{Fuzzy number untuk } li \text{ pada expert 1} = 0,1$$

$$X_2 = \text{Fuzzy number untuk } li \text{ pada expert 2} = 0$$

$$\bar{X}_a = \frac{1}{2} (0,1 + 0) = 0,05$$

Selanjutnya, dilakukan proses defuzzifikasi untuk mendapatkan angka *crisp* APOA yang nantinya digunakan pada perhitungan *assessed effect*. Metode defuzzifikasi yang digunakan yaitu metode *triangular center of gravity* yang formulasinya dapat dilihat pada persamaan (4-7). Hasil defuzzifikasi dapat dilihat pada Tabel 4.20.

$$F_i = \frac{(u_i - l_i) + (m_i - l_i)}{3} + l_i \quad (4-7)$$

Sumber: Peng-cheng, Guo-hua, Li-cao, & Li (2010: 905)

Dimana:

F_i = hasil defuzzifikasi

l_i = nilai *li* pada *triangular fuzzy number*

m_i = nilai *mi* pada *triangular fuzzy number*

u_i = nilai *ui* pada *triangular fuzzy number*

Tabel 4.20 Nilai *Crisp* APOA

No. EPCs	APOA	No. EPCs	APOA
1a	0,225	7a	0,225
1b	0,400	8a	0,150
2a	0,150	9a	0,150
3a	0,400	10a	0,225
4a	0,600	10b	0,775
5a	0,700	11a	0,600
5b	0,400	12a	0,225
6a	0,400	13a	0,400

Contoh perhitungan nilai APOA untuk EPC nomor 1a:

$l_{1a} = 0,05$; $m_{1a} = 0,23$; $u_{1a} = 0,4$ (hasil perhitungan rata-rata aritmatik)

$$F_{1a} = \frac{(0,4 - 0,05) + (0,23 - 0,05)}{3} + 0,05 = 0,225$$

4. Perhitungan AEi (*Assessed Effect*)

Setelah mengetahui nilai APOA, kemudian dilakukan perhitungan *assessed effect*. Perhitungan ini dilakukan pada masing-masing EPCs. Perhitungan *assessed effect* mengacu pada persamaan (2-1). Rekap perhitungan *assessed effect* dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Rekap Perhitungan *Assessed Effect*

No	Nilai EPC	APOA	(B-1)	(DxC)	<i>Assessed Effect</i> (E+1)
[A]	[B]	[C]	[D]	[E]	[F]
1a	3	0,225	2	0,450	1,450
1b	1,1	0,400	0,1	0,040	1,040
2a	1,1	0,150	0,1	0,015	1,015
3a	5	0,400	4	1,600	2,600
4a	6	0,600	5	3,000	4,000
5a	3	0,700	2	1,400	2,400
5b	1,1	0,400	0,1	0,040	1,040
6a	1,15	0,400	0,15	0,060	1,060
7a	5,5	0,225	4,5	1,013	2,013
8a	2,5	0,150	1,5	0,225	1,225
9a	3	0,150	2	0,300	1,300
10a	5,5	0,225	4,5	1,013	2,013
10b	1,3	0,775	0,3	0,233	1,233
11a	1,4	0,600	0,4	0,240	1,240
12a	1,06	0,225	0,06	0,014	1,014
13a	3	0,400	2	0,800	1,800

5. Perhitungan *Human Error Probability* (HEP)

Human Error Probability (HEP) merupakan probabilitas kesalahan atau kegagalan yang dilakukan oleh manusia. Tabel 4.22 sampai dengan Tabel 4.32 merupakan perhitungan HEP untuk masing-masing *task* pada tiap bagian. Perhitungan HEP mengacu pada persamaan (2-2) bab sebelumnya.

a. *Gas Cutting Slab*

Pada *Gas Cutting Slab* (GCS) terdapat tiga *task* yang memiliki nilai HEP masing-masing. Tabel 4.22 sampai dengan Tabel 4.25 merupakan rincian perhitungan HEP untuk masing-masing *task* pada bagian GCS.

Tabel 4.22 *Human Error Probability* Operator Salah Melihat Ukuran dan Salah Mengukur

Operator salah melihat ukuran dan salah mengukur						
<i>Task</i>	<i>Generic Task Unreliability</i>	EPCs	Nilai EPC	APOA	<i>Assessed Effect</i>	HEP
Mengukur slab dengan meteran	0,0004	Sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil	3	0,225	1,45	0,0006
		Terganggunya siklus tidur normal	1,1	0,4	1,04	

Tabel 4.23 *Human Error Probability* Penentuan Penentuan *Cutting Tip* dan Kecepatan Potong Tidak Sesuai dengan Tebal Slab yang Dipotong

Penentuan <i>cutting tip</i> dan kecepatan potong tidak sesuai dengan tebal slab yang dipotong						
<i>Task</i>	<i>Generic Task Unreliability</i>	EPCs	Nilai EPC	APOA	<i>Assessed Effect</i>	HEP
Mengatur <i>cutting tip</i> dan kecepatan potong	0,0004	Terganggunya siklus tidur normal	1,1	0,15	1,015	0,00041

Tabel 4.24 *Human Error Probability* Operator Tidak Membersihkan Sisa Pemotongan dengan Bersih

Operator tidak membersihkan sisa pemotongan dengan bersih						
<i>Task</i>	<i>Generic Task Unreliability</i>	EPCs	Nilai EPC	APOA	<i>Assessed Effect</i>	HEP
Membersihkan bekas sisa pemotongan slab	0,0004	Ketidakjelasan akan standar performansi yang diminta	5	0,4	2,6	0,00104

Tabel 4.25 *Human Error Probability* Operator Crane Meletakkan Slab di Daerah yang Salah

Operator crane meletakkan slab di daerah yang salah						
<i>Task</i>	<i>Generic Task Unreliability</i>	EPCs	Nilai EPC	APOA	<i>Assessed Effect</i>	HEP
Memindahkan dan menumpuk slab di gudang slab potongan	0,0004	Kapasitas saluran komunikasi <i>overload</i> , terutama yang disebabkan oleh informasi-informasi kecil yang disajikan bersamaan	6	0,6	4	0,0016

b. *Furnace*

Pada *furnace* juga terdapat tiga *task* yang memiliki nilai HEP masing-masing. Tabel 4.26 sampai dengan Tabel 4.29 merupakan rincian perhitungan HEP untuk masing-masing *task* pada bagian *furnace*.

Tabel 4.26 *Human Error Probability* Operator Kurang Kontrol Terhadap Jumlah Slab Potongan yang Dipindahkan

Operator kurang kontrol terhadap jumlah slab potongan yang dipindahkan						
Task	Generic Task Unreliability	EPCs	Nilai EPC	APOA	Assessed Effect	HEP
Mencari dan menentukan slab potongan yang akan dipindahkan	0,0004	Sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil	3	0,7	2,4	0,001
		Terganggunya siklus tidur normal	1,1	0,4	1,04	

Tabel 4.27 *Human Error Probability* Operator Salah Melihat Dimensi yang Tertulis di Slab

Operator salah melihat dimensi yang tertulis di slab						
Task	Generic Task Unreliability	EPCs	Nilai EPC	APOA	Assessed Effect	HEP
Mengecek kesesuaian slab dengan detail produksi	0,0004	Lingkungan yang buruk atau tidak mendukung	1,15	0,4	1,06	0,00042

Tabel 4.28 *Human Error Probability* Operator Lupa atau Melewatkan Sesuatu dalam Persiapan *Furnace*

Operator lupa atau melewatkan sesuatu dalam persiapan <i>furnace</i>						
Task	Generic Task Unreliability	EPCs	Nilai EPC	APOA	Assessed Effect	HEP
Mempersiapkan <i>furnace</i>	0,003	Kebutuhan untuk mentransfer pengetahuan yang spesifik dari kegiatan ke kegiatan tanpa kehilangan	5,5	0,225	2,013	0,00604

Tabel 4.29 *Human Error Probability* Operator Lupa Melakukan Pengecekan Kondisi *Furnace*

Operator lupa melakukan pengecekan kondisi <i>furnace</i>						
Task	Generic Task Unreliability	EPCs	Nilai EPC	APOA	Assessed Effect	HEP
Memastikan kondisi <i>furnace</i> selama proses berlangsung	0,0004	Adanya konflik antara tujuan jangka pendek dan jangka pendek	2,5	0,150	1,225	0,00049

c. *Rolling Mill*

Pada *rolling mill* terdapat tiga *task* yang memiliki nilai HEP masing-masing. Tabel 4.30 sampai dengan Tabel 4.32 merupakan rincian perhitungan HEP untuk masing-masing *task* pada bagian *rolling mill*.

Tabel 4.30 *Human Error Probability* Operator Tidak dan Salah Menghitung *Turning Point*

Tidak dan salah menghitung <i>turning point</i>						
Task	Generic Task Unreliability	EPCs	Nilai EPC	APOA	Assessed Effect	HEP
Menentukan <i>turning point</i>	0,02	Sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil	3	0,150	1,300	0,026

Tabel 4.31 *Human Error Probability Operator Menurunkan Work Roll Tidak Sesuai dengan Pass Schedule*

Menurunkan work roll tidak sesuai dengan pass schedule						
Task	Generic Task Unreliability	EPCs	Nilai EPC	APOA	Assessed Effect	HEP
Melakukan pengerolan hingga mencapai ketebalan pelat sesuai dengan detail produksi	0,16	Kebutuhan untuk mentransfer pengetahuan yang spesifik dari kegiatan ke kegiatan tanpa kehilangan	5,5	0,225	2,013	0,39687
		Tingkat stress yang tinggi	1,3	0,775	1,233	

Tabel 4.32 *Human Error Probability Pengukuran Tebal Pelat Kurang Teliti*

Pengukuran tebal pelat kurang teliti						
Task	Generic Task Unreliability	EPCs	Nilai EPC	APOA	Assessed Effect	HEP
Mengukur tebal pelat pada satu pass sebelum terakhir	0,02	Adanya bahaya dari keterbatasan kemampuan fisik	1,4	0,6	1,24	0,0248

d. *Hot Leveler*

Pada *hot leveler* hanya terdapat satu *task* yang memiliki nilai HEP. Tabel 4.33 merupakan rincian perhitungan HEP untuk *task* pada bagian *hot leveler*.

Tabel 4.33 *Human Error Probability Operator Lupa dan Salah Mengatur Celah/ Gap Work Roll Hot Leveler*

Operator lupa dan salah mengatur celah/ gap work roll hot leveler						
Task	Generic Task Unreliability	EPCs	Nilai EPC	APOA	Assessed Effect	HEP
Mengatur celah/ gap work roll hot leveler	0,003	Melewatkan kegiatan karena intervensi dari orang lain	1,06	0,225	1,014	0,00304

e. *Dividing Shear*

Pada *dividing shear* hanya terdapat satu *task* yang memiliki nilai HEP. Tabel 4.34 merupakan rincian perhitungan HEP untuk *task* pada bagian *dividing shear*.

Tabel 4.34 *Human Error Probability Operator Salah Mengukur Panjang Pelat*

Operator salah mengukur panjang pelat						
Task	Generic Task Unreliability	EPCs	Nilai EPC	APOA	Assessed Effect	HEP
Mengukur panjang pelat	0,0004	Sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil	3	0,4	1,8	0,00072

6. Perhitungan *Human Reliability Total*

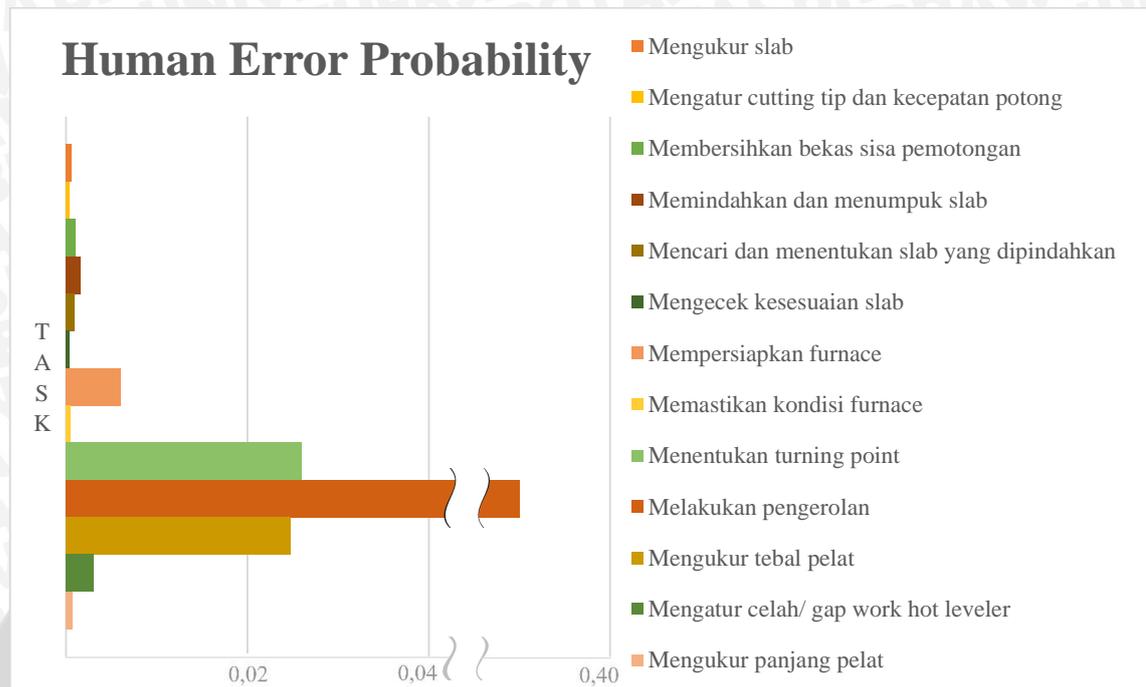
Setelah mengetahui nilai HEP untuk masing-masing *task*, maka dapat dicari nilai *reliability* atau keandalan dari operator pada bagian *mill*. Nilai *reliability* diperoleh dari 1- total *failure* dimana total *failure* merupakan hasil penjumlahan HEP dari keseluruhan *possible error* pada tiap-tiap prosesnya. *Reliability* sistem merupakan nilai keandalan operator pada sistem yang diperoleh dari hasil perkalian nilai *reliability* pada setiap bagian/ proses. Pada proses *cooling*, dikarenakan tidak terdapat risiko kegagalan produk, maka analisis *human error* pada proses ini tidak dilakukan lebih lanjut dan proses ini dianggap memiliki HEP sebesar nol dan memiliki tingkat keandalan sebesar 1. Pada Tabel 4.35 berikut dapat dilihat rekap hasil perhitungan keandalan tersebut.

Tabel 4.35 Hasil Perhitungan Keandalan Operator

No	Bagian	Possible Error	HEP	F	R	R Sistem
1	<i>Gas Cutting Slab</i>	Operator salah melihat ukuran dan salah mengukur	0,00060	0,00365	0,99635	0,54389
		Penentuan <i>cutting tip</i> dan kecepatan potong tidak sesuai dengan tebal slab yang dipotong	0,00041			
		Operator tidak membersihkan sisa pemotongan dengan bersih	0,00104			
		Operator <i>crane</i> meletakkan slab di daerah yang salah	0,00160			
2	<i>Furnace</i>	Operator kurang kontrol terhadap jumlah slab potongan yang dipindahkan untuk tiap jenisnya	0,00100	0,00795	0,99205	
		Operator salah melihat dimensi yang tertulis di slab	0,00042			
		Operator lupa atau melewatkan sesuatu dalam persiapan <i>furnace</i>	0,00604			
		Operator lupa melakukan pengecekan kondisi <i>furnace</i>	0,00049			
3	<i>Rolling Mill</i>	Salah menghitung <i>turning point</i>	0,02600	0,44767	0,55234	
		Menurunkan <i>work roll</i> tidak sesuai dengan <i>pass schedule</i>	0,39687			
		Pengukuran tebal pelat kurang teliti	0,02480			
4	<i>Hot Leveler</i>	Operator lupa dan salah mengatur celah/ <i>gap work roll hot leveler</i>	0,00304	0,00304	0,99696	
5	<i>Dividing Shear</i>	Operator salah mengukur panjang pelat	0,00072	0,00072	0,99928	
6	<i>Cooling Bed</i>	(Tidak terdapat <i>possible error</i>)	0	0	1	

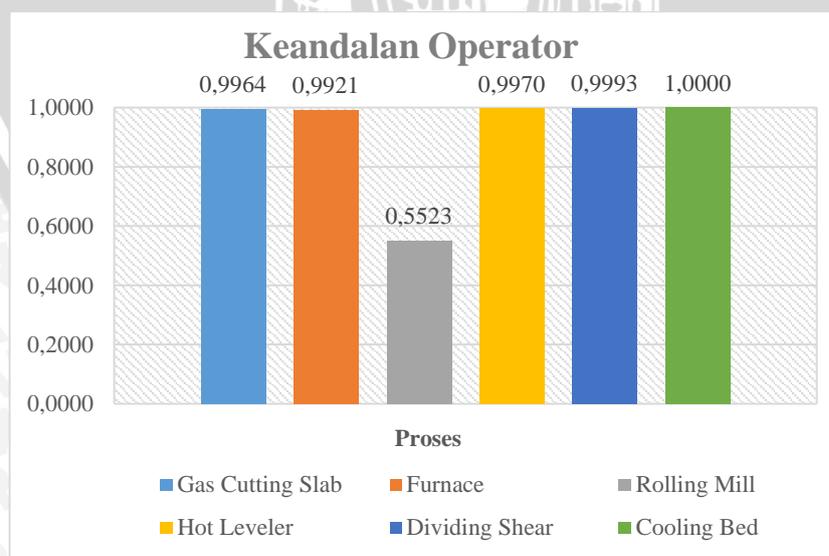
Pada Tabel 4.35 di atas dapat dilihat bahwa nilai keandalan terendah terdapat pada operator *rolling mill* yaitu sebesar 0,55234 dan keandalan tertinggi terdapat pada operator *cooling bed* dengan nilai sebesar 1. *Human Error Probability* (HEP) tertinggi terdapat pada *possible error* menurunkan *work roll* tidak sesuai dengan *pass schedule* dengan probabilitas sebesar 0,39687. Untuk keandalan operator pada sistem, dapat dilihat bahwa nilainya tergolong cukup rendah yaitu sebesar 0,54389. Nilai tersebut merepresentasikan bahwa secara keseluruhan proses, kegagalan akibat *human error* masih tergolong tinggi.

Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat diagram HEP untuk masing-masing *task* pada Gambar 4.6 dan tingkat keandalan operator untuk tiap bagian pada Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Human Error Probability Pada Mill Section

Sesuai dengan grafik yang ditampilkan pada Gambar 4.6, dapat dilihat bahwa HEP terbesar terdapat pada *task* melakukan pengerolan dengan nilai sebesar 0,3968. HEP tertinggi kedua yaitu *task* menentukan *turning point* dengan nilai sebesar 0,026. Lalu, HEP tertinggi ketiga yaitu *task* mengukur tebal pelat pada satu *pass* sebelum terakhir dengan nilai sebesar 0,0248. Ketiga *task* tersebut merupakan *task-task* pada proses *rolling mill*.



Gambar 4.7 Grafik Keandalan Operator

Gambar 4.7 menunjukkan tingkat keandalan operator produksi di GDS, khususnya di *mill section*. Dari gambar tersebut, dapat disimpulkan bahwa *rolling mill* memiliki keandalan yang paling rendah dengan nilai keandalan sebesar 0,5523. Hal ini dapat terjadi karena berdasarkan Gambar 4.6 *task-task* pada proses *rolling mill* merupakan *task* yang memiliki nilai HEP tertinggi dimana nilai HEP mempengaruhi nilai keandalan operator dari suatu proses. Semakin tinggi nilai HEP, maka semakin tinggi tingkat *failure*-nya dan semakin rendah keandalannya, begitu pula sebaliknya. Sedangkan untuk proses atau bagian yang lain, keandalan operator yang dimiliki tergolong baik karena memiliki nilai keandalan di atas 0,9. Sehingga, rekomendasi perbaikan nantinya akan difokuskan pada *task* yang berada pada *rolling mill*.

4.3.4 *Fault Tree Analysis* untuk Kegagalan Produk

Fault Tree Analysis pada penelitian ini digunakan untuk mengetahui pola kegagalan dari suatu jenis cacat; *human error* apa saja yang dilakukan operator dari masing-masing bagian yang dapat menyebabkan jenis cacat tertentu. Pembuatan FTA ini mengacu pada hasil identifikasi *possible errors* dan juga kuantifikasi dengan metode HEART. *Fault Tree Analysis* kegagalan produk dapat dilihat pada Lampiran 1.

Pada FTA kegagalan produk pada Lampiran 1, dapat dilihat bahwa terdapat 7 jenis kegagalan produk yang dapat ditimbulkan oleh operator selama proses di *mill section*. Kegagalan tersebut berupa ketidaksesuaian slab dan juga ketidaksesuaian pada produk atau cacat produk. Kegagalan produk tersebut yaitu ukuran slab tidak sesuai, temperatur slab tidak sesuai, *sliver* (terkelupasnya pelat), salah *roll*, *under gauge* atau *high gauge* (kurang atau terlalu tebal), *short width* atau *short length* (kurang lebar atau panjang), dan *wavey* (pelat tidak rata). Dari 7 jenis kegagalan yang ada, beberapa diantaranya dihasilkan akibat *human error* pada lebih dari satu *task* atau pekerjaan.

Probabilitas kegagalan produk tertinggi terdapat pada jenis cacat *under gauge* atau *high gauge* dengan nilai sebesar 0,412. Cacat ini disebabkan oleh tugas-tugas atau pekerjaan pada *rolling mill*, yaitu *task 2.4* melakukan pengerolan hingga mencapai ketebalan sesuai dengan detail produksi dan *task 2.6* mengukur tebal pelat pada satu *pass* sebelum terakhir. Probabilitas dari keseluruhan kegagalan produk yaitu sebesar 0,4335 yang berarti kemungkinan kegagalan tergolong sering.

4.4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada sub bab pengolahan data, telah dilakukan pengukuran keandalan operator produksi dengan menggunakan metode *fuzzy* HEART dan juga pembuatan FTA untuk mengetahui pola kegagalan produk yang dihasilkan pada *mill section*. Pada sub bab ini, akan dilakukan pembahasan lebih lanjut untuk memberikan solusi atau rekomendasi perbaikan terhadap hasil pengukuran yang telah dilakukan.

Pengukuran keandalan operator produksi dengan metode *fuzzy* HEART dilakukan untuk mengetahui tingkat keandalan operator dalam melakukan tugasnya. Dalam perhitungan ini diperoleh nilai probabilitas *human error* atau HEP untuk setiap *task*. *Task* atau pekerjaan-pekerjaan mana saja yang memiliki nilai HEP yang tertinggi dan terendah dapat diketahui. Pekerjaan atau *task* dengan nilai HEP tertinggi dianggap sebagai pekerjaan yang memiliki kemungkinan *human error* yang tinggi dan memiliki tingkat keandalan manusia yang rendah. Oleh karena itu, *task* dengan nilai HEP tertinggi perlu diberikan perhatian khusus dan dilakukan perbaikan-perbaikan sehingga dapat meminimasi *human error* yang nantinya juga dapat meminimasi produk cacat yang dihasilkan.

Dalam melakukan pengukuran keandalan operator, yang pertama kali dilakukan yaitu menguraikan aktivitas atau melakukan *breakdown* aktivitas menjadi sub-*task* dengan menggunakan *Hierarchical Task Analysis* (HTA) dari proses *gas cutting slab* hingga *cooling bed*. Kemudian, dilakukan identifikasi *possible errors* terhadap *task* hasil HTA. Dari identifikasi tersebut, ditemukan sebanyak 13 *task* yang memiliki *error* atau *error* potensial. Tiga belas *task* yang memiliki *error* atau *error* potensial tersebut yaitu 4 *task* dari proses *gas cutting slab*, 4 *task* dari proses *reheating furnace*, 3 *task* dari proses *rolling mill*, 1 *task* dari proses *hot leveling*, dan 1 *task* dari proses *dividing shear*. Selanjutnya, pengolahan data dilanjutkan dengan menggunakan metode *fuzzy* HEART untuk memperoleh nilai *Human Error Probability* (HEP). HEP ini merupakan nilai probabilitas *human error* pada suatu *task* yang nantinya digunakan untuk mencari nilai keandalan operator pada setiap prosesnya.

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan, diketahui bahwa proses *rolling mill* memiliki tingkat keandalan operator terendah dibandingkan dengan kelima proses lainnya. Nilai keandalan operator pada proses ini yaitu sebesar 0,55234, sedangkan kelima proses lainnya memiliki nilai rata-rata di atas 0,9. Rentang nilai keandalan yang cukup jauh tersebut disebabkan karena adanya *task* atau pekerjaan pada proses *rolling mill* yang memiliki tingkat kesulitan yang tinggi sehingga memberikan kontribusi besar

terhadap ketidakandalan pada proses tersebut. Semakin tinggi tingkat kesulitan dari suatu pekerjaan, maka semakin tinggi pula nilai ketidakandalan manusianya. Nilai ketidakandalan tersebut digambarkan oleh adanya *generic task*.

Selain *generic task*, penentuan nilai HEP juga dipengaruhi oleh adanya *Error Production Conditions* (EPC). Masing-masing *task* pada suatu proses memiliki satu atau lebih EPC-nya masing-masing. Pada proses *rolling mill*, terdapat tiga *task* yang memiliki kemungkinan terjadinya *human error*. *Task* tersebut yaitu *task* 1.2 menentukan *turning point*, *task* 2.4 melakukan pengerolan hingga mencapai ketebalan pelat sesuai dengan detail produksi, dan *task* 2.6 mengukur tebal pelat pada satu *pass* sebelum terakhir. Ketiga *task* tersebut merupakan tiga *task* dengan nilai HEP tertinggi dari keseluruhan proses.

4.4.1 Analisa Task Melakukan Pengerolan Hingga Mencapai Ketebalan Pelat Sesuai dengan Detail Produksi

Task melakukan pengerolan hingga mencapai ketebalan pelat sesuai dengan detail produksi merupakan *task* 2.4 pada proses *rolling mill*. *Task* ini memiliki nilai HEP paling tinggi dari keseluruhan *task* yang ada pada *mill section* dengan nilai sebesar 0,39687. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kemungkinan kegagalan tinggi karena memiliki nilai probabilitas lebih dari 0,1.

Pada *task* ini, *possible error* yang dapat ditimbulkan yaitu menurunkan *work roll* tidak sesuai dengan *pass schedule*. Faktor utama yang menyebabkan *human error* ini yaitu kebutuhan untuk mentransfer pengetahuan yang spesifik dari kegiatan ke kegiatan tanpa kehilangan. Dalam hal ini, bentuk pengetahuan spesifik yang ditransfer yaitu informasi mengenai *pass schedule* yang direkam di memori selama pengerolan berlangsung. Operator dapat mengalami kehilangan atau lupa akan *pass* yang harus dilakukan pada saat itu dikarenakan terlalu banyaknya informasi mengenai *pass schedule* untuk setiap jenis slab dan juga setiap dimensi pelat baja yang diproduksi. Sehingga, ketika melakukan pengerolan operator banyak menggunakan insting dan kebiasaannya dalam menurunkan *work roll* dimana hal ini belum tentu sesuai dengan *pass schedule* yang ada. Untuk beberapa jenis pelat yang memang sering diproses mungkin operator tidak mengalami masalah saat melakukan pengerolan tetapi untuk jenis pelat tertentu seperti pelat dengan dimensi 50 mm x 2438 mm x 6096 mm yang jarang ada permintaan, kesalahan pengerolan bisa saja terjadi sehingga menyebabkan cacat *under gauge* atau *high gauge*.

Berdasarkan artikel yang dikeluarkan oleh *Parliamentary Office of Science and Technology* (2001: 2) tentang pengelolaan *human error*, dikatakan bahwa kapasitas memori jangka pendek manusia sangat terbatas. Tetapi, apabila individu sudah terlatih, maka individu tersebut dapat mengingat dan menampung lebih banyak informasi. Meskipun demikian, manusia terkadang kesulitan dalam mengakses informasi tersebut sehingga informasi penting yang diperlukan perlu diletakkan di sekitar area kerja untuk membantu dalam penyelesaian pekerjaan yang kompleks. Dalam konteks pada *task* melakukan pengerolan ini, maka informasi yang berupa *pass schedule* perlu diletakkan di sekitar area kerja *rolling mill*. Operator perlu membawa dan mengecek daftar *pass schedule* ketika mereka akan bertugas. Kelemahan dari daftar *pass schedule* yang dimiliki GDS yaitu sistem penyajian informasinya tidak terkomputerisasi dengan baik, sehingga pencarian *pass schedule* untuk setiap dimensi slab dan pelat menjadi kurang efektif dan efisien. Hal ini dapat diatasi dengan pembuatan *database* yang berisi tentang *pass schedule* untuk seluruh dimensi pelat baja yang diproses di bagian *rolling mill*.

Faktor lain yang menyebabkan *human error* menurunkan *work roll* tidak sesuai dengan *pass schedule* yaitu tingkat stress yang tinggi. Pada dasarnya, aktivitas pengerolan pelat memang membutuhkan konsentrasi yang tinggi. Operator *rolling mill* dituntut untuk tetap fokus pada pekerjaannya dalam waktu yang cukup lama. Dari sanalah *stress* terbentuk dan mengakibatkan kelelahan yang dapat mempengaruhi performansi operator. Hal ini dapat dicegah dengan memperpendek waktu rotasi atau pergantian antar operator *rolling mill* dan memberikan jeda untuk mengistirahatkan tubuh dan pikiran sejenak di saat mulai terasa kelelahan.

4.4.2 Analisa Task Menentukan *Turning Point*

Task menentukan *turning point* ini merupakan *task* 1.2 pada proses *rolling mill*. *Task* ini memiliki nilai HEP tertinggi kedua dengan nilai sebesar 0,026. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kemungkinan kegagalan pada *task* ini tergolong sedang karena memiliki nilai probabilitas lebih dari 0,01 dan kurang dari 0,1.

Pada *task* ini, kemungkinan *error* yang terjadi yaitu salah menghitung *turning point*. Kesalahan ini dapat mengakibatkan *short length* maupun *short width*. Faktor yang menyebabkan *human error* ini yaitu sedikit atau tidak ada pengecekan independen pada hasil. Operator cenderung melakukan perhitungan *turning point* tanpa melakukan pengecekan pada hasil atau tanpa melakukan perhitungan ulang dikarenakan perhitungan *turning point* tergolong cukup sederhana. Padahal, kesalahan penginputan angka pada

kalkulator bisa saja terjadi. Selain itu, biasanya operator tidak melakukan perhitungan *turning point* dikarenakan mereka beranggapan bahwa mereka sudah paham kapan harus memutar slab saat melakukan pengerolan. Hal tersebut tentu berisiko terhadap dimensi pelat baja yang dihasilkan. Oleh karena itu, meskipun perhitungan *turning point* tergolong sederhana dan beberapa *turning point* untuk dimensi slab tertentu juga sudah di luar kepala bagi operator, rekomendasi perbaikan yang diberikan berupa pembuatan aplikasi perhitungan *turning point* dikarenakan dampak dari kesalahan perhitungan atau ketidaksesuaian *turning point* tergolong cukup besar. Nantinya, aplikasi ini akan terintegrasi dengan *database pass schedule* yang merupakan rekomendasi perbaikan untuk *task 2.4* pada *rolling mill*.

4.4.3 Analisa Task Mengukur Tebal Pelat Pada Satu Pass Sebelum Terakhir

Task mengukur tebal pelat pada satu *pass* sebelum terakhir ini merupakan *task 2.6* pada proses *rolling mill*. *Task* ini memiliki nilai HEP tertinggi ketiga dengan nilai sebesar 0,0248. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kemungkinan kegagalan pada *task* ini tergolong sedang karena memiliki nilai probabilitas lebih dari 0,01 dan kurang dari 0,1.

Task ini memiliki kemungkinan *human error* yaitu pengukuran tebal pelat yang kurang teliti. Kesalahan ini dapat mengakibatkan *pass* terakhir menjadi tidak tepat yang mana berdampak terhadap ketebalan hasil pengerolan (*under gauge* atau *high gauge*). Faktor yang menyebabkan *human error* ini adalah adanya bahaya dari keterbatasan kemampuan fisik. Operator diharuskan untuk mengukur tebal pelat baja saat pelat tersebut masih memiliki temperatur yang cukup tinggi, yaitu sekitar 850-950°C. Keterbatasan kemampuan manusia dalam menerima suhu tinggi tersebut dan juga adanya risiko tangan terkena pelat (luka bakar) membuat operator bekerja secara kurang maksimal. Dalam hal ini, penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) merupakan hal yang mutlak. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan, APD yang digunakan oleh operator yang bertugas masih belum cukup melindungi dirinya sehingga rekomendasi yang diberikan yaitu berupa rekomendasi Alat Pelindung Diri (APD) yang wajib digunakan saat melakukan pengukuran pelat baja.

4.5 REKOMENDASI PERBAIKAN

Setelah dilakukan analisa pada sub bab 4.4 terhadap *task* yang memiliki nilai HEP tertinggi, maka dapat diketahui lebih lanjut mengenai EPC atau penyebab-penyebab dari *human error* yang dilakukan oleh operator *rolling mill*. Usulan-usulan perbaikan pun telah diberikan sesuai dengan pembahasan yang telah dijelaskan lebih rinci pada sub bab sebelumnya. Rekap dari rekomendasi perbaikan yang diberikan dapat dilihat pada Tabel 4.36.

Tabel 4.36 Rekomendasi Perbaikan

No Task	Task	Possible Error	EPC	Nilai HEP	Rekomendasi Perbaikan
1.2	Menentukan <i>turning point</i>	Salah menghitung <i>turning point</i>	Sedikit atau tidak ada pengecekan independen atau percobaan pada hasil	0,026	Membuat aplikasi perhitungan <i>turning point</i> untuk meminimalisir kesalahan perhitungan yang dilakukan
2.4	Melakukan pengerolan hingga mencapai ketebalan pelat sesuai dengan detail produksi	Menurunkan <i>work roll</i> tidak sesuai dengan <i>pass schedule</i>	Kebutuhan untuk mentransfer pengetahuan yang spesifik dari kegiatan ke kegiatan tanpa kehilangan	0,3968	Meletakkan informasi <i>pass schedule</i> di sekitar area kerja dalam bentuk <i>database pass schedule</i>
			Tingkat <i>stress</i> yang tinggi		Memperpendek waktu rotasi atau pergantian antar operator <i>rolling mill</i>
2.6	Mengukur tebal pelat pada satu <i>pass</i> sebelum terakhir	Pengukuran tebal pelat kurang teliti	Adanya bahaya dari keterbatasan kemampuan fisik	0,0248	Alat Pelindung Diri (APD) yang wajib digunakan saat melakukan pengukuran pelat baja

4.5.1 Pembuatan *Database Pass Schedule*

Database pass schedule merupakan suatu alat bantu untuk memudahkan operator *rolling mill* dalam memeriksa *pass schedule* yang akan dilakukan karena penyajian informasinya lebih terkomputerisasi dengan baik. *Database pass schedule* ini dibuat dengan harapan dapat membantu operator dalam mengakses informasi mengenai *pass schedule* ketika operator tersebut lupa akan *pass schedule* yang harus dilakukan. *Database* ini nantinya dapat diakses melalui *personal computer* atau *tablet computer* yang diletakkan di sekitar area kerja.

Selain informasi mengenai *pass schedule*, *database* ini nantinya juga dilengkapi dengan informasi mengenai *turning point* sehingga kesalahan dalam penentuan *turning*

point dapat dihindari. Pembuatan *database* ini menggunakan bantuan *Excel VBA*. *Database* ini nantinya dapat menampilkan daftar *pass schedule* dan juga *turning point* dengan cara menginputkan dimensi slab dan dimensi pelat yang akan diproses. Berikut cara penggunaan *database pass schedule* ini:

1. Membuka file *Microsoft Excel Database Pass Schedule GDS*.
2. Membuka *worksheet* "HOME" yang ada pada *workbook* sehingga akan terlihat tampilan awal seperti pada Gambar 4.8.

Gambar 4.8 Tampilan Awal *Database Pass Schedule GDS*

3. Menginputkan data dimensi slab dan pelat dengan cara klik tombol "Input Dimensi Slab & Plate". Setelah itu, akan muncul tampilan "Input Dimensi" seperti pada Gambar 4.9 berikut ini.

Gambar 4.9 Tampilan Input Dimensi

4. Setelah menginputkan data dimensi slab maupun pelat, misalnya untuk dimensi slab (250 x 1550 x 2484 mm) dan untuk dimensi pelat (19 x 2438 x 18288 mm) dan klik "Masukkan Data", maka akan muncul informasi mengenai *pass schedule* dan *turning point* seperti pada Gambar 4.10 berikut.

The screenshot shows a software interface for PT GUNAWAN DIANJAYA STEEL, Tbk. It contains several data entry fields and a table:

- DIMENSI SLAB:**

Tebal	Lebar	Panjang
250	1550	2484
- DIMENSI PELAT:**

Tebal	Lebar	Panjang
19	2438	18288
- TURNING POINT:** 154
- Input Dimensi Slab & Plate:** (Text input field)
- Clear Data:** (Button)
- PASSES Schedule Table:**

No.	PASSES
1	245.P
2	235
3	225
4	215
5	205
6	195
7	185
8	175
9	165
10	155
11	145
12	135
13	125
14	115

Gambar 4.10 Tampilan Hasil Daftar Pass Schedule dan Turning Point

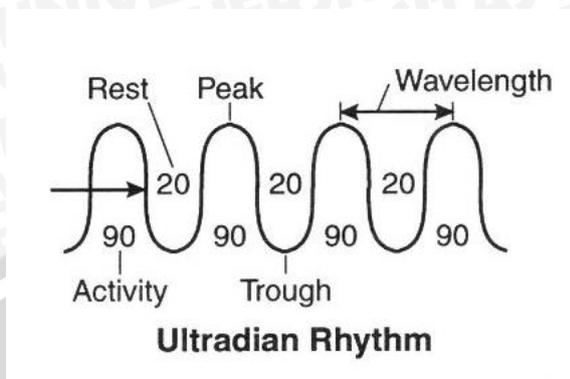
4.5.2 Memperpendek Waktu Rotasi atau Pergantian Antar Operator

Rekomendasi memperpendek waktu rotasi atau pergantian antar operator merupakan salah satu cara untuk mereduksi *stress* pada operator *rolling mill*. Menurut French dan Caplan (1972), ada beberapa hal yang dapat menyebabkan *stress* pada manusia dimana salah satunya yaitu *overload*. *Overload* dapat terjadi ketika melakukan pekerjaan yang berlebihan atau di luar kemampuan seseorang, seperti bekerja terlalu lama, kurangnya sumber daya manusia yang melakukan pekerjaan tersebut, dan lain lain. Pada penelitian ini, tepatnya pada *task* 2.4 melakukan pengerolan, operator dirasa mengalami sedikit *overload* pada pekerjaannya karena terlalu lama berkonsentrasi ketika melakukan pengerolan.

Ada beberapa pendapat mengenai batas maksimum manusia dapat berkonsentrasi atau bekerja secara optimal. Menurut Karabatov (2015), waktu optimal untuk satu sesi “bekerja” adalah 20 – 40 menit dan sesi untuk “bermain” adalah 5 – 10 menit. Kemudian, berdasarkan artikel yang ditulis oleh Thompson (2014), dikatakan bahwa *DeskTime*, sebuah aplikasi produktivitas yang dapat menelusuri penggunaan komputer dari karyawan, menggunakan datanya untuk melakukan studi tingkah laku (*study of behaviour*) dari karyawannya yang paling produktif. Dari studi tersebut, diketahui bahwa karyawan dengan performansi tertinggi cenderung bekerja selama 52 menit dan diikuti dengan 17 menit istirahat. Selanjutnya, menurut Vrabie (2013), dikatakan bahwa sebenarnya manusia dapat fokus terhadap pekerjaan apapun sampai selama 2 jam. Sedangkan, jika melihat dari ritme tubuh manusia sendiri, dikenal adanya istilah *ultradian rhythm*.

Ultradian rhythm merupakan suatu ritme biologis yang siklusnya lebih pendek dari *circadian rhythm* (Hedge, 2013). *Ultradian rhythm* memiliki periode siklus 90 – 110 menit yang merupakan periode “*high energy*” dan diikuti 20 – 30 menit yang merupakan

periode “*low energy*”. Selama periode 90 menit tersebut, otak manusia dapat fokus dan berkonsentrasi dengan baik, dan pada periode 20 menit tersebut, manusia cenderung akan merasa mengantuk dan sulit untuk berkonsentrasi dan juga fokus.



Gambar 4.11 *Ultradian Rhythm* Manusia
Sumber: Bolinjar (2014)

Berdasarkan beberapa pendapat yang telah dijelaskan di atas, dapat disimpulkan bahwa untuk dapat bekerja secara optimal dan menghindari adanya *overload* yang dapat menyebabkan *stress*, manusia dianjurkan untuk bekerja tidak lebih dari 2 jam dan beristirahat sekitar 20 menit untuk mengistirahatkan pikiran dan tubuh sejenak sebelum kembali lagi melakukan pekerjaannya. Dalam konteks *task 2.4* melakukan pengerolan pada proses *rolling mill* ini, konsep tersebut tidak dapat murni diterapkan karena proses produksi di GDS merupakan proses kontinyu yang harus tetap berjalan sehingga batas bekerja selama 2 jam tersebut digunakan sebagai acuan dalam pergantian operator.

Dalam penentuan waktu pergantian operator, selain mengacu dari beberapa pendapat yang telah dijelaskan sebelumnya, kesulitan dari *task* tersebut juga dijadikan pertimbangan. *Task 2.4* melakukan pengerolan merupakan *task* yang membutuhkan konsentrasi dan fokus yang tinggi, maka dari itu operator *rolling mill* yang biasanya melakukan pergantian setiap 2 jam sekali dirasa masih kurang sesuai. Sehingga, rekomendasi yang diberikan yaitu memperpendek waktu pergantian menjadi 1,5 jam saja tergantung dari kondisi yang dirasakan oleh operator. Selain itu, operator juga disarankan untuk memberikan jeda untuk mengistirahatkan tubuh dan pikiran sejenak di saat mulai terasa kelelahan.

4.5.3 Alat Pelindung Diri (APD)

Alat Pelindung Diri (APD) yang direkomendasikan pada penelitian ini yaitu APD saat melakukan pengukuran tebal pelat satu *pass* sebelum *pass* terakhir. Rekomendasi berupa APD diberikan karena pada saat pengukuran berlangsung terdapat bahaya yang

dapat terjadi seperti tangan terkena pelat panas. Tabel 4.37 merupakan rekomendasi Alat Pelindung Diri (APD) yang wajib digunakan saat melakukan pengukuran pelat baja.

Tabel 4.37 Alat Pelindung Diri Operator Pengukur Pelat Baja

No.	Jenis Alat Pelindung Diri	Gambar	Fungsi
1	Helm <i>face shield</i>		Melindungi kepala dari benda keras dan wajah dari radiasi panas
2	<i>Cattle pack</i>		Melindungi tubuh dari panas pelat baja
3	<i>Safety gloves</i>		Melindungi tangan dari panas pelat baja
4	<i>Safety shoes</i>		Melindungi kaki dan mencegah kaki dari bahaya listrik dan tergelincir

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian yang telah ditujukan untuk menjawab rumusan masalah dan saran-saran yang mengacu pada analisis dan pembahasan.

5.1 KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian keandalan operator produksi dengan metode *fuzzy Human Error Assessment and Reduction Technique* (HEART) pada PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk adalah sebagai berikut:

1. *Human error* terjadi pada setiap proses yang ada pada *mill section*, kecuali pada proses *cooling*. Berikut *human error* yang terjadi pada masing-masing proses:
 - a. *Gas cutting slab*: salah melihat dan mengukur, penentuan *cutting tip* dan kecepatan potong yang tidak sesuai, tidak membersihkan sisa pemotongan dengan bersih, dan meletakkan slab di daerah yang salah.
 - b. *Furnace*: kurang kontrol terhadap jumlah slab yang dipindahkan, salah melihat dimensi yang tertulis di slab, melewatkan sesuatu saat mempersiapkan *furnace*, dan lupa melakukan pengecekan kondisi *furnace*.
 - c. *Rolling mill*: salah menghitung *turning point*, menurunkan *work roll* tidak sesuai dengan *pass schedule*, dan pengukuran tebal pelat yang kurang teliti.
 - d. *Hot leveler*: lupa dan salah mengatur celah/ gap *work roll hot leveler*.
 - e. *Dividing shear*: salah mengukur panjang pelat.
2. Risiko kegagalan produk yang ditimbulkan akibat adanya *human error* berupa ketidaksesuaian slab dan juga ketidaksesuaian pada produk baik dari segi dimensi maupun kondisi pelat baja. Kegagalan produk tersebut yaitu ukuran slab yang tidak sesuai, temperatur slab yang tidak sesuai, sliver (terkelupasnya pelat), salah *roll*, *under gauge* atau *high gauge*, *short width* atau *short length*, dan *wavey*.
3. Keandalan operator produksi GDS secara keseluruhan (keandalan sistem) yaitu sebesar 0,54389 dimana proses yang memberi kontribusi terbesar terhadap *failure* yaitu proses *rolling mill*. *Task-task* pada proses *rolling mill* tersebut yaitu *task 1.2* menentukan *turning point* dengan HEP sebesar 0,026, *task 2.4* melakukan pengerolan hingga mencapai ketebalan pelat sesuai dengan detail produksi dengan

HEP sebesar 0,3968, dan *task* 2.6 mengukur tebal pelat pada satu *pass* sebelum terakhir dengan HEP sebesar 0,0248.

4. Pola kegagalan dan probabilitas kegagalan produk akibat *human error* dapat dilihat pada FTA di Lampiran 1. Berdasarkan FTA yang telah dibuat, diketahui bahwa probabilitas kegagalan produk akibat *human error* yaitu sebesar 0,4335 dengan cacat *under gauge* atau *high gauge* yang memiliki kemungkinan terjadi paling besar.
5. Rekomendasi perbaikan diberikan kepada *task-task* yang memiliki nilai HEP tertinggi, yaitu *task-task* yang berada pada proses *rolling mill*. Rekomendasi perbaikan yang diberikan berupa *database pass schedule* yang juga dilengkapi informasi mengenai *turning point* yang harus dilakukan, memperpendek waktu pergantian operator *rolling mill*, dan juga penggunaan APD secara lengkap saat melakukan aktivitas pengukuran tebal pelat satu *pass* sebelum terakhir.

5.2 SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, berikut merupakan saran yang dapat diberikan untuk perusahaan dan juga untuk penelitian selanjutnya:

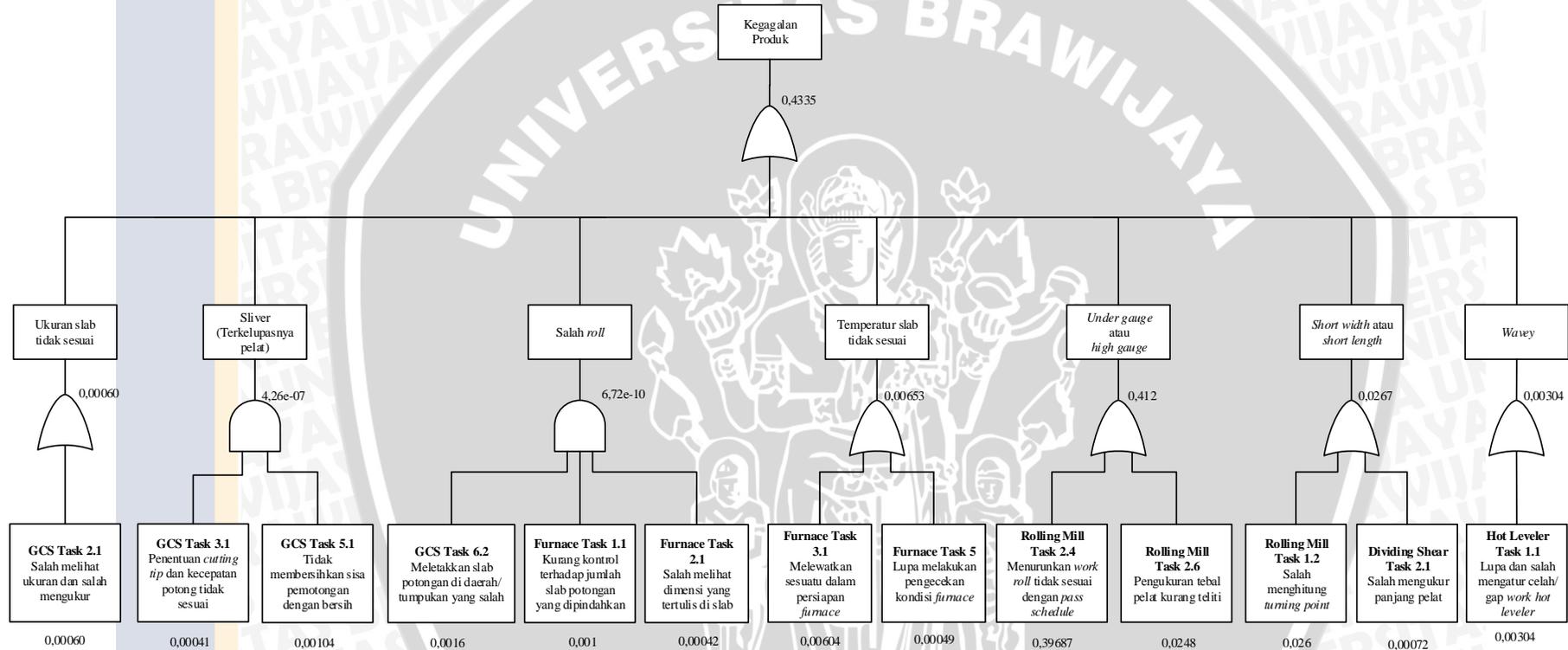
1. PT. Gunawan Dianjaya Steel, Tbk sekiranya dapat mempertimbangkan rekomendasi perbaikan yang diberikan pada penelitian ini sehingga dapat meminimalkan potensi *human error* selama proses produksi berlangsung.
2. Kedepannya, dapat dilakukan penelitian lebih lanjut untuk *Human Reliability Assessment* (HRA) pada bagian atau departemen lain, seperti pada bagian *finishing (finishing section)* atau pada departemen *maintenance*.
3. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai penjadwalan operator pada proses *rolling mill* dan juga *human error* yang berkenaan dengan Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2001, *Managing Human Error*, Dalam *POSTNOTE*, London: Parliamentary Office of Science and Technology.
- Anonim, 2011, *Hierarchical Task Analysis in Your Activity and Your Life*, Surabaya: Laboratorium Ergonomi dan Perancangan Sistem Kerja ITS, <http://aplikasiergonomi.wordpress.com/2011/12/27/hierarchical-task-analysis-in-your-activity-and-your-life> (diakses pada 3 November 2014).
- Arifin, J., 2012, *Perancangan Alat Ukur Human Reliability Analysis Pada Proses Administrasi Obat di Rumah Sakit Haji*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Bell, J. & Holroyd, J., 2009, *Review of Human Reliability Assessment Method*, Derbyshire: Health and Safety Executive.
- Bolinjkar., V, 2014, *Hack Your Productivity Using The Ultradian Rhythm*, California: LinkedIn, <https://www.linkedin.com/pulse/20140612155804-42566308-hack-your-productivity-using-the-ultradian-rhythm> (diakses pada 24 Juni 2015).
- Callan, K., Siemieniuch, C., et al., 2004, Review of Task Analysis Techniques for Use with Human Error Assessment Techniques within the ATC Domain, Dalam Paul T. McCabe (Editor), *Contemporary Ergonomics*: 293, Loughborough: CNC Press.
- Castiglia, F. & Giardina, M., 2013, Analysis of Operator Human Errors in Hydrogen Refuelling Stations: Comparison Between Human Rate Assessment Techniques, Dalam *International Journal of Hydrogen Energy*, Volume: 38, Hlm: 1166-1176, Cambridge: Elsevier.
- Findiastuti, W., 2002, *Analisa Human Error pada Kecelakaan Kereta Api di Persilangan Kereta Api (Studi Kasus: Persilangan No. 25 Jemur Andayani Surabaya)*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- French, J. R. P., Jr., & Caplan., R. D., 1972, Organizational Stress and Individual Strain, Dalam A. J. Marrow (Editor), *The Failure of Success*, New York: AMACOM.
- Gall, B., 2011, Task Analysis, Dalam Stuart King (Editor), *Human Factors Briefing Notes*, London: Energy Institute.
- Harahap, F. A., 2012, *Reliability Assessment Sebagai Upaya Pengurangan Human Error Dalam Penerapan Kesehatan dan Keselamatan Kerja*, Jakarta: Universitas Indonesia.
- Hedge, A., 2013, *Biological Rhythm*, New York: Cornell University.
- Karabatov, Y., 2015, *Concentration Burnout*, Moscow: Yuri Karabatov, <http://semanticvictory.com/concentration-burnout/> (diakses pada 24 Juni 2015).
- Kirwan, B., 1994, *A Guide To Practical Human Reliability Assessment*, London: CRC Press.

- Yu, F., Hwang, S., Huang, Y., & Lee, J., 2000, Application of Human Error Criticality Analysis for Improving The Initiator Assembly Process, Dalam *International Journal of Industrial Ergonomics*, Volume: 26, Hlm: 87-99, Amsterdam: Elsevier.
- Kusumadewi, S. & Purnomo, H., 2004, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Mendukung Keputusan*, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Madan, K., Tanpa Tahun, *Ultradian Rhtym & Work Efficiency*, Bangalore: Laughter Yoga International, <http://laughteryoga.org/english/business/details/4> (diakses pada 24 Juni 2015).
- Mandasari, T., 2014. *Analisa Beban Kerja Perawat UGD Menggunakan Maslach Burnout Inventory dan Modifikasi HEART (Studi Kasus: RSUD X)*, Malang: Universitas Brawijaya.
- Okti, F. P., 2008, *Identifikasi Penyebab Dasar Kecelakaan Kerja dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA) di Unit Produksi IV PT. Semen Padang Sumatera Barat*, Skripsi Tidak Dipublikasikan, Jakarta: Universitas Indonesia.
- Pandia, B. A. S., 2010, *Introduction to Human Reliability*, Jakarta: Budi Andryan S, <http://excellent-personal-development-center.blogspot.com/2010/11/introduction-to-human-reliability.html> (diakses pada 3 November 2014).
- Peng-cheng, L., Guo-hua, C., Li-cao, D., Li, Z., 2010, Fuzzy Logic-Based Approach for Identifying The Risk Importance of Human Error, Dalam *Safety Science*, Volume: 48, Hlm: 902-913, Cambridge: Elsevier.
- Peters G. A. & Peters B. J., 2006, *Human Error Causes and Controls*, London: CRC Press.
- Rausand, M., 2005, *System Analysis: Fault Tree Analysis*, Norwegia: Norwegian University of Science and Technology, <http://frigg.ivt.ntnu.no/ross/slides/fta.pdf> (diakses pada 23 Desember 2014).
- Sanders, M. S. & McCormick, E. J., 1993, *Human Factors in Engineering and Design*, New York: McGraw-Hill.
- Steiner, B., 2012, *Mastering Financial Calculations: A Step-by-Step Guide to The Mathematics of Financial Market Instruments*, London: FT Prentice Hall.
- Swain, A. D. & Guttman, H. E., 1983, *Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plants Applications*, Washington: NUREG.
- Thompson, D., 2014, *A Formula for Perfect Productivity: Work for 52 Minutes, Break for 17*, Washington: The Atlantic, <http://www.theatlantic.com/business/archive/2014/09/science-tells-you-how-many-minutes-should-you-take-a-break-for-work-17/380369/> (diakses pada 24 Juni 2015).
- Vrabie, A., 2013, *The Science Behind Concentration and Improved Focus*, Toronto: Sandglaz, <http://blog.sandglaz.com/the-science-behind-concentration/> (diakses pada 24 Juni 2015).

Lampiran 1. Fault Tree Analysis (FTA) Kegagalan Produk



Contoh perhitungan untuk logika *AND-gate* cacat produk sliver:

$$\begin{aligned} Q_0 &= \text{GCS 3.1 (0,00041)} \cap \text{GCS 5.1 (0,00104)} \\ &= 0,00041 \times 0,00104 \\ &= 4,26 \times 10^{-7} \end{aligned}$$

Contoh perhitungan untuk logika *OR-gate* cacat produk *under gauge* atau *high gauge*:

$$\begin{aligned} Q_0 &= \text{Rolling Mill 2.4 (0,39687)} \cap \text{Rolling Mill 2.6 (0,0248)} \\ &= 1 - ((1 - 0,39687) \times (1 - 0,0248)) \\ &= 1 - 0,5881 = 0,412 \end{aligned}$$

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

