



Minimasi *Human Error* pada Operator Produksi Alat Kesehatan Menggunakan Pendekatan THERP-HAZOP

Ni Putu Githa Gayatri Prema Mahadevi, Dian Mardi Safitri*, Sucipto Adisuwiryo

Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Industri, Universitas Trisakti
Jl. Kyai Tapa 1, Grogol, Jakarta Barat 11440

Email: niputu063001800007@std.trisakti.ac.id, sc.adisuwiryo@trisakti.ac.id

*) Penulis Korespondensi: dianm@trisakti.ac.id

Abstract

As production quantity increases to fulfill customer's demand, the occupational accident occurs more compared to 2020. The need to use masks increased 20.15 times more in 2021 when the Delta variant of the COVID-19 virus entered Indonesia. This research observed the Manual Welding Machine labor in their process of producing head loop masks and aimed to design mitigation strategies for high error probability tasks. Methods used in this research are the Hierarchical Task Analysis (HTA) to define operator's tasks, the Technique for Human Error Rate Prediction (THERP) to measure HEP, Event Tree Analysis to analyze the worst possibility of an incident, and the Hazard and Operability Study (HAZOP) to collect mitigation strategy. As the result of this research, several activities such as welding process preparation, picking up materials from the container, and materials preparation process have the highest HEP among all the activities. If some errors occur, it may cause light to severe injuries to the operators and the production area near the Manual Welding work station. Several mitigation plans are recommended to handle these problems, such as using warning displays and making SOP for operating Manual Welding Machine.

Keywords: *Human Error, Covid-19, THERP, HAZOP*

Abstrak

Kebutuhan penggunaan masker meningkat menjadi 20,15 kali lebih banyak di tahun 2021 saat varian Delta dari virus COVID-19 masuk ke Indonesia. Seiring meningkatnya produksi masker untuk memenuhi permintaan, jumlah kecelakaan kerja yang disebabkan oleh *human error* pada stasiun kerja *Manual Welding* pun meningkat. Penelitian ini dilakukan pada operator *Manual Welding Machine* yang memproduksi masker headloop dengan tujuan untuk membuat rancangan usulan mitigasi terkait tugas/pekerjaan yang memiliki nilai probabilitas *error* tertinggi. Beberapa metode yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian yaitu HTA untuk menyusun rincian tugas, metode THERP untuk menghitung HEP, event tree untuk analisis dampak terburuk yang dapat terjadi, dan HAZOP untuk menyusun upaya mitigasi. Hasilnya, aktivitas persiapan proses *welding*, pengambilan bahan baku, dan persiapan bahan baku sebelum proses *welding* merupakan 3 aktivitas dengan nilai HEP tertinggi. Jika terjadi *error* pada ketiga aktivitas tersebut maka dapat menyebabkan cedera ringan hingga berat pada operator dan menyebabkan *error* pada sekitar area produksi. Untuk menangani masalah tersebut, beberapa upaya mitigasi yang dapat direkomendasikan yaitu dengan membuat *warning display* untuk proses mematikan mesin serta membuat SOP pengoperasian mesin yang dapat ditempel di sekitar stasiun kerja.

Kata kunci: Human Error, Covid-19, THERP, HAZOP

Pendahuluan

Sejak tahun 2019, pandemi COVID-19 yang melanda seluruh negara di dunia berdampak pada meningkatnya penggunaan alat-alat kesehatan. Salah satu alat kesehatan yang

penggunaannya meningkat secara signifikan adalah masker. Masker dapat melindungi seseorang dari penyebaran virus COVID-19 dan efektivitas masker medis dalam melindungi pemakainya dari droplet mencapai 90%

sehingga di masa pandemi ini sangat dibutuhkan (Atmojo et al., 2020). Permintaan yang terus meningkat selama beberapa bulan terakhir membuka banyak peluang baru bagi industri alat kesehatan. Pemenuhan kebutuhan permintaan terus dilakukan dengan maksimal. Penelitian ini didukung oleh data peningkatan kejadian kecelakaan kerja.

Masker headloop, atau yang lebih sering disebut sebagai masker hijab oleh kebanyakan orang Indonesia, merupakan masker yang talinya melingkar di bagian belakang kepala sehingga lebih sering digunakan oleh para wanita berhijab karena lebih memudahkan mereka untuk memakai ataupun melepas masker.

Kebutuhan penggunaan masker meningkat pesat di tahun 2021 saat varian Delta dari virus COVID-19 masuk ke Indonesia. Berdasarkan data yang diperoleh dari PT Anara Medical Indonesia, penjualan masker headloop di tahun 2020 tercatat sebanyak 10.260 box dan meningkat di tahun 2021 hingga bulan November menjadi sebanyak 206.748 box. Sebagai salah satu perusahaan yang memproduksi masker headloop, PT Anara Medical Indonesia memiliki satu stasiun kerja khusus untuk memproduksi masker headloop. Stasiun kerja ini berisi 16 mesin Manual Welding. Dalam satu menit operator harus memenuhi target welding sebanyak 15 pcs masker headloop.

Terdapat beberapa kondisi di sekitar mesin yang membuat konsentrasi operator menjadi terganggu seperti suara berisik dari mesin pemotong tali, suara lift barang, ajakan mengobrol dari rekan kerja, meja welding terlalu licin, serta suhu ruangan yang terlalu dingin. Selain penyebab dari luar, operator juga merasakan penyebab dari dalam diri yang mengganggu konsentrasi seperti mengantuk dan menahan lapar. Kondisi ini membuat konsentrasi operator menurun sehingga berpotensi melakukan kesalahan saat bekerja. Peran manusia dalam suatu sistem merupakan suatu hal yang sangat penting. Manusia bisa berperan sebagai pembuat keputusan, pendeteksi informasi, pengenalan pola, dan pemecah masalah sekaligus. Oleh karena itu, potensi terjadinya human error di dalam suatu sistem pun sulit untuk dihindari. Diperkirakan bahwa human error merupakan penyebab utama terjadinya kecelakaan di tempat kerja,

yaitu mencapai 90% kejadian (Williamson, 1998).

Berdasarkan data historis kecelakaan kerja PT Anara Medical Indonesia tahun 2020-2021, telah terjadi tiga kali kecelakaan kerja pada stasiun kerja Manual Welding Machine. 60% kecelakaan yang terjadi di mesin Manual Welding termasuk ke dalam kategori ringan dan 40% kecelakaan termasuk ke dalam kategori berat. Kumpulan data sekunder kecelakaan kerja ditampilkan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Data kecelakaan kerja operator manual welding machine

Jenis Kecelakaan	Kriteria Kecelakaan	Frekuensi	Penyebab
Jari terjepit antara stik welding dan tatakan (anvil)	Berat	1	Korban mengejar target produksi dan kurang konsentrasi saat bekerja yang menyebabkan jari operator terjepit stik welding (Desember 2020)
Jari terjepit antara stik welding dan tatakan (anvil)	Ringan	1	Korban tidak berkonsentrasi dan terburu-buru karena mengejar target produksi sehingga jari terjepit pada stik welding (4 Oktober 2021)
Jari terjepit antara stik welding dan tatakan (anvil)	Ringan	1	Korban tidak berkonsentrasi dan terburu-buru karena mengejar target produksi sehingga jari terjepit pada stik welding (1 Oktober 2021)

Kecelakaan kerja yang terjadi saat proses produksi mengakibatkan berbagai kerugian, baik fisik maupun materi. Secara fisik, kecelakaan dapat menyebabkan cedera terhadap operator yang mengalaminya. Secara materi, perusahaan dapat kehilangan satu sumber daya manusia untuk memproduksi masker sehingga berpotensi menurunkan hasil produksi di hari kecelakaan itu terjadi dan di

hari-hari selanjutnya jika operator masih belum bisa melanjutkan pekerjaannya.

Penelitian mengenai human error dan manajemen risiko yang telah ada sebelumnya memiliki beberapa peluang untuk diperbaiki. Metode *Technique for Human Error Rate Prediction* (THERP) merupakan salah satu metode HRA yang dapat digunakan sebagai langkah penilaian preventif dari kemungkinan kejadian human error pada suatu siklus pekerjaan. Sebagai pendekatan untuk menilai probabilitas terjadinya human error, metode ini memerlukan pendekatan lain untuk melengkapi kebutuhan mitigasi agar human error dapat dicegah atau diminimalkan. Penelitian ini mengintegrasikan THERP dan Hazard and Operability Study (HAZOP). HAZOP adalah pendekatan yang cukup fleksibel yang dapat membuat Identifikasi variansi atau gap yang dapat menyebabkan human error. Integrasi inilah yang menjadi kebaruan dalam penelitian ini. ruang lingkup penelitian difokuskan pada operator welding masker headloop. Namun, metode yang digunakan bersifat fleksibel dan sangat memungkinkan untuk diaplikasikan pada industri secara umum karena parameter penilaian diperoleh dari rincian tugas yang diamati. Tabel 2 memperlihatkan kebaruan dan posisi penelitian ini dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Penelitian ini mengisi ceruk pada kajian mitigasi human error dengan menggunakan pendekatan THERP-HAZOP.

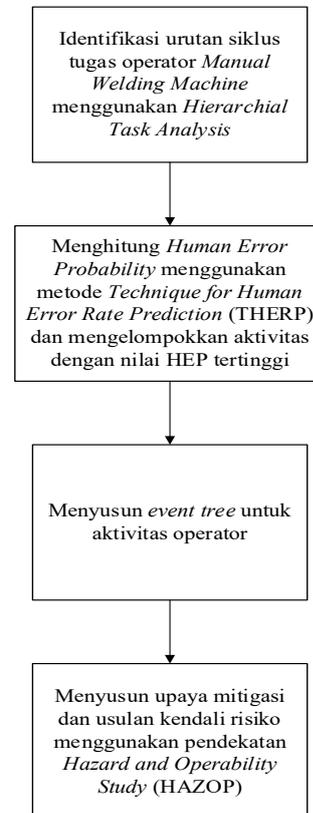
Tabel 2. Kebaruan studi

Literatur	Technique for Human Error Rate Prediction (THERP)	Hazard and Operability Study (HAZOP)
(Sani et al., 2016)	√	
(Zuhri, n.d.)		√
(Hakim, 2018)		√
(Ratriwardhani, 2018)	√	
(Restuputri, Dian Palupi, 2015)		√
(Amin, 2019)	√	
Penelitian ini	√	√

Metodologi

Untuk menganalisis faktor human error yang berkontribusi menjadi penyebab kecelakaan, terdapat beberapa metode yang digunakan.

Sebagai alat untuk menjelaskan tahapan penggunaan metode yang digunakan dalam penelitian, dibuat kerangka penelitian. Urutan metodologi penelitian tersebut digambarkan pada kerangka penelitian pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Kerangka penelitian

Proses pengolahan data dimulai dengan penyusunan *hierarchical task analysis* (HTA) yang bertujuan untuk membuat urutan tugas yang dikerjakan operator. Setelah susunan pekerjaan operator diketahui, nilai HEP dapat dihitung menggunakan rumus yang terdapat pada metode THERP. Dari nilai HEP yang diperoleh untuk masing-masing aktivitas, diurutkan 3 aktivitas dengan nilai HEP terbesar untuk dijadikan prioritas pembuatan *event tree*. Setelah *event tree* disusun maka proses terakhir adalah menyusun strategi mitigasi dari aktivitas-aktivitas dengan nilai HEP tertinggi masing-masing operasi kerja.

Hierarchical Task Analysis (HTA)

Penyusunan *hierarchical task analysis* (HTA) dilakukan sebagai tahap awal penelitian. HTA digunakan untuk mengurutkan siklus tugas operator sebelum dilakukan perhitungan HEP (Astuti et al., 2017). Tujuan penyusunan HTA

adalah untuk mengidentifikasi urutan pekerjaan operator secara detail dan mengidentifikasi potensi *human error* yang dapat terjadi pada suatu aktivitas pada pekerjaan operator *manual welding*.

Technique for Human Error Rate Prediction (THERP)

Technique for Human Error Rate Prediction (THERP) merupakan sebuah metode yang digunakan untuk melakukan *human reliability assessment* (HRA) dengan tujuan mengevaluasi kemungkinan kejadian *human error* dalam suatu siklus tugas/pekerjaan (Simon et al., 2009). Dari analisis tersebut dapat dilakukan pengukuran *human error probabilities* (HEPs), yaitu kemungkinan kesalahan/kegagalan yang terjadi di suatu sistem (Kirwan, 1996). Pengukuran ini kemudian dapat mengarah kepada perbaikan keseluruhan dari tingkat keselamatan sistem tersebut.

Perhitungan nilai HEP menggunakan metode THERP memerlukan beberapa data. Data tersebut diperoleh dengan dua cara yaitu melalui data historis perusahaan dan kuesioner. Kuesioner dilakukan untuk memperoleh nilai probabilitas terjadinya kesalahan pada suatu aktivitas (F_i). Kuesioner dibagikan kepada populasi operator *manual welding machine*. Data-data yang diperoleh akan dihitung menggunakan 2 rumus yaitu rumus P_i (probabilitas kecelakaan per jam) dan rumus Q_i (HEP).

Event Tree Analysis

Nilai HEPs dimodelkan dengan menggunakan pendekatan *Event Tree Analysis* yang bertujuan untuk melakukan suatu penilaian. Di dalamnya, *event tree* menggambarkan langkah demi langkah yang terlibat dalam suatu tugas/pekerjaan dalam urutan yang logis (*Risk Assessment: Tools, Techniques, and Their Applications - ProQuest, n.d.*). Sebelum dimodelkan ke dalam bentuk *event tree* dibuat tabel deskripsi kejadian dari masing-masing aktivitas yang memiliki HEP tertinggi. Tujuan akhir dari penyusunan *event tree* adalah untuk menganalisis dampak terburuk yang dapat terjadi dari suatu kecelakaan.

Hazard and Operability Study (HAZOP)

Setelah dilakukannya analisis terhadap dampak terburuk yang mungkin terjadi dari suatu kecelakaan, pengolahan data dilanjutkan pada pemberian upaya mitigasi. Pemberian upaya mitigasi akan dianalisis menggunakan metode HAZOP (Hazard and Operability Study). Metode HAZOP digunakan untuk mengidentifikasi risiko yang dapat terjadi pada manusia, alat, lingkungan, dan/atau organisasi (Simon et al., 2021). Deskripsi deviasi yang terjadi pada masing-masing aktivitas dilakukan dengan pendekatan *guideword-first*. Pendekatan ini dilakukan dengan menempatkan *guideword* sebelum menentukan parameter untuk dipasangkan. Hasil akhir dari tahap ini adalah rancangan upaya mitigasi yang diusulkan kepada perusahaan beserta dengan kemungkinan implementasinya.

Integrasi antara kedua metode yang digunakan dalam penelitian ini dinilai sesuai untuk diterapkan pada objek penelitian karena metode THERP dan HAZOP merupakan dua metode yang fleksibel untuk dikombinasikan dengan tujuan menilai kemungkinan kejadian *human error* yang akhirnya akan digunakan sebagai dasar penyusunan upaya mitigasi dari kejadian kecelakaan kerja.

Hasil dan Pembahasan

Langkah pertama yang dilakukan sebelum melakukan perhitungan HEP adalah dengan menyusun Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan (Niebel & Freivalds, 2014) dari pekerjaan operator *Manual Welding*. Peta ini disusun untuk mengetahui waktu pembuatan 1 produk masker *headloop* beserta urutan kegiatannya secara singkat. Selain itu, dari PTKTK yang dibuat juga dapat memperlihatkan seberapa rumit tugas yang dijalani operator *Manual Welding*. PTKTK dibuat dalam 2 versi yaitu versi operator *right-handed* dan *left-handed* (kidal) dengan tujuan untuk menyesuaikan peta dengan desain kerja yang biasa dilakukan operator. Tabel 3 di bawah ini menunjukkan PTKTK dari operator *right-handed*. Untuk menyesuaikan operator yang kidal (*left-handed*) maka dibuat 1 PTKTK lagi yang ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 3. Peta tangan kiri tangan kanan (right-handed)

PETA TANGAN KIRI TANGAN KANAN							
Pekerjaan	Operator <i>Manual Welding Machine (right-handed)</i>		No. Peta: 1				
Dipetakan Oleh	Ni Putu githa Gayatri Prema Mahadevi		Sekarang ü				
Tanggal Dipetakan	1 Desember 2021		Usulan				
Tangan Kiri	Jarak (cm)	Waktu (detik)	Lambang		Waktu (detik)	Jarak (cm)	Tangan Kanan
Menjangkau masker <i>blank</i>	10	0.4	RE	D	0.4		Menunggu
Memegang masker <i>blank</i>		0.5	G	D	0.5		Menunggu
Memindahkan masker <i>blank</i> ke atas plat <i>welding</i>		0.3	M	D	0.3		Menunggu
Menunggu		0.3	D	RE	0.3	7	Menjangkau tali masker
Menunggu		0.5	D	G	0.5		Memegang tali masker
Menunggu		0.4	D	M	0.4		Memindahkan tali masker ke atas plat <i>welding</i>
Memegang bagian tengah masker <i>blank</i>		0.7	G	G	0.7		Memegang bagian ujung tali masker
Memindahkan bagian masker <i>blank</i> ke sudut kiri bawah		1	M	D	1		Menunggu
Memegang bagian tengah masker <i>blank</i>		0.7	G	G	0.7		Memegang bagian ujung tali masker
Memindahkan bagian masker <i>blank</i> ke sudut sisi kanan atas		1	M	D	1		Menunggu
Memegang bagian tengah masker <i>blank</i>		0.7	G	G	0.7		Memegang bagian ujung tali masker
Memindahkan bagian masker <i>blank</i> ke sudut sisi kanan bawah		1	M	D	1		Menunggu
Menunggu		2	D	M	2		Menyilangkan tali masker
Memegang bagian tengah masker <i>blank</i>		0.7	G	G	0.7		Memegang bagian ujung tali masker
Total	10	10.2			10.2	7	
Ringkasan							
Waktu Tiap Siklus						10.2	
Jumlah Produk Tiap Siklus						1	
Waktu untuk membuat satu produk						10.2	

Setelah pembuatan PTKTK yang ditunjukkan pada Tabel 3 dan Tabel 4 di atas dapat diketahui bahwa waktu yang diperlukan operator untuk membuat 1 buah masker *headloop* adalah 10,2 detik. Berdasarkan catatan perusahaan, rata-rata per orang bisa menghasilkan sebanyak 60 *box* masker *headloop* (3.000 pcs) per hari untuk masing-

masing *shift* kerja. Jika dihitung rata-rata berdasarkan hasil yang diproduksi maka operator hanya memiliki waktu sebesar 9,6 detik untuk membuat 1 masker *headloop*. Kegiatan yang dilakukan operator di atas meja kerja pun tidak sedikit dan banyak pekerjaan yang dilakukan kurang dari 1 detik.

Tabel 4. Peta tangan kiri tangan kanan (left-handed)

PETA TANGAN KIRI TANGAN KANAN							
Pekerjaan	Operator <i>Manual Welding Machine (left-handed)</i>		No. Peta: 1				
Dipetakan Oleh	Ni Putu githa Gayatri Prema Mahadevi		Sekarang ✓				
Tanggal Dipetakan	1 Desember 2021		Usulan				
Tangan Kiri	Jarak (cm)	Waktu (detik)	Lambang		Waktu (detik)	Jarak (cm)	Tangan Kanan
Menunggu		0.4	D	RE	0.4	10	Menjangkau masker <i>blank</i>
Menunggu		0.5	D	G	0.5		Memegang masker <i>blank</i>
Menunggu		0.3	D	M	0.3		Memindahkan masker <i>blank</i> ke atas plat <i>welding</i>
Menjangkau tali masker	7	0.3	RE	D	0.3		Menunggu
Memegang tali masker		0.5	G	D	0.5		Menunggu
Memindahkan tali masker ke atas plat <i>welding</i>		0.4	M	D	0.4		Menunggu
Memegang bagian ujung tali masker		0.7	G	G	0.7		Memegang bagian tengah masker <i>blank</i>
Menunggu		1	D	M	1		Memindahkan bagian masker <i>blank</i> ke sudut kiri bawah
Memegang bagian ujung tali masker		0.7	G	G	0.7		Memegang bagian tengah masker <i>blank</i>
Menunggu		1	D	M	1		Memindahkan bagian masker <i>blank</i> ke sudut sisi kanan atas
Memegang bagian ujung tali masker		0.7	G	G	0.7		Memegang bagian tengah masker <i>blank</i>
Menunggu		1	D	M	1		Memindahkan bagian masker <i>blank</i> ke sudut sisi kanan bawah
Menyilangkan tali masker		2	M	D	2		Menunggu
Memegang bagian ujung tali masker		0.7	G	G	0.7		Memegang bagian tengah masker <i>blank</i>
Total	7	10.2			10.2	10	
Ringkasan							
Waktu Tiap Siklus						10.2	
Jumlah Produk Tiap Siklus						1	
Waktu untuk membuat satu produk						10.2	

Perbedaan dari kedua jenis PTKTK yang dibuat hanya terletak pada penggunaan tangan kiri/kanan untuk melakukan suatu aktivitas. Bagi para operator *right-handed* aktivitas-aktivitas utama seperti memastikan ujung

masker dan tali masker berada pas di atas lingkaran *welding* dilakukan menggunakan tangan kanan. Bagi operator kidal (*left-handed*) akan lebih cenderung melakukan kegiatan utama menggunakan tangan kiri. Terdapat

sebanyak 15% dari jumlah keseluruhan operator *Manual Welding* yang melakukan aktivitas utamanya menggunakan tangan kiri (*left-handed*). Jika PTKTK hanya dibuat menyesuaikan operator *right-handed* maka aktivitas para operator *left-handed* tidak akan tergambarkan dengan baik karena tidak bisa diwakilkan oleh PTKTK *right-handed* saja. Selain itu, jika operator diminta untuk menyesuaikan pengerjaan masker *headloop* seperti yang digambarkan pada PTKTK *right-handed* maka waktu yang dibutuhkan operator untuk beradaptasi akan lebih lama. Kemungkinan yang terburuk jika memaksakan operator *left-handed* untuk menggunakan tangan kanan pada aktivitas utamanya yaitu bisa menjadi sumber potensi kecelakaan yang besar karena ketidakbiasaan penggunaan tangan kanan.

Dari hal tersebut dapat dilihat bahwa pekerjaan operator *Manual Welding* ini memerlukan focus dan konsentrasi yang tinggi. Mesin *Manual Welding* yang digunakan merupakan satu-satunya mesin yang masih manual namun operator tetap harus memenuhi target produksi perharinya. Selain itu, proses *welding* melibatkan bagian mesin yang panas yaitu stik *welding*. Jika operator tidak berkonsentrasi maka pekerjaan tersebut akan membahayakan bahkan dapat menyebabkan kecelakaan kerja. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi konsentrasi operator yaitu faktor internal dan eksternal seperti menahan rasa kantuk dan lapar, suhu ruangan yang terlalu dingin, serta kebisingan dari mesin pemotong tali. Diketahui suhu ruangan area produksi lantai 2 sebesar 23,8°C dan kebisingan sebesar 90 dB.

Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk mengendalikan faktor eksternal yang dapat mempengaruhi konsentrasi operator adalah memberikan usulan penggunaan alat-alat keselamatan. Alat-alat yang dimaksud seperti *ear plug* untuk mencegah penyakit gangguan telinga yang dapat diakibatkan oleh suara bising mesin.

Berdasarkan proses pengolahan data yang telah dilakukan sesuai dengan kerangka penelitian, diperoleh beberapa hasil terkait dengan *human error* yang terjadi di stasiun kerja *Manual Welding*. Tabel 5 di bawah ini menunjukkan ringkasan penyusunan *hierarchical task analysis* (HTA) dari pekerjaan *manual welding*.

Tabel 5. Ringkasan *hierarchical task analysis*

No	Operasi Kerja	No. Task	Elemen Kerja
1	Mengambil masker blank dari container	1.2	Operator mengambil masker <i>blank</i>
2	Mengambil tali masker dari mesin pemotong tali	2.1	Operator berjalan dari stasiun kerja menuju mesin pemotong tali
		2.3	Operator berjalan membawa tali masker kembali ke stasiun kerja
		2.4	Operator menaruh tali masker di atas meja <i>welding</i>
3	Menyalakan mesin Manual Welding	3.2	Operator menyalakan mesin manual <i>welding</i> dengan menekan saklar on/off mesin
		3.3	Operator memastikan apakah mesin sudah menyala dengan memeriksa apakah indikator pada saklar menyala
4	Preparasi proses <i>welding</i> masker hijab	4.3	Operator mengambil tali masker dari atas meja menggunakan tangan yang lain
5	Proses <i>welding</i> masker hijab bagian kiri	5.6	Operator menginjak pedal mesin manual <i>welding</i> hingga <i>welding stick</i> turun
6	Proses <i>welding</i> masker hijab bagian kanan	6.8	Operator menginjak pedal mesin manual <i>welding</i> hingga <i>welding stick</i> turun

Tabel 5 di atas merupakan tabel ringkasan HTA dari aktivitas keseluruhan proses *manual welding*. Proses pembuatan masker *headloop* tidak hanya terdiri dari proses *welding* tetapi dimulai dari proses pengambilan bahan baku. Bahan baku masker *headloop* adalah masker *blank* dan tali masker. Total operasi kerja yang dikerjakan operator dalam proses pembuatan masker *headloop* adalah sebanyak 6 operasi kerja. Keenam operasi kerja ini merupakan tahapan secara garis besar yang dilakukan operator saat memproduksi masker *headloop* pada stasiun kerja *Manual Welding*. Dari

tahapan-tahapan secara garis besar, diurutkan lagi aktivitas-aktivitas operator tersebut ke dalam nomor *task*. Penyusunan HTA penting untuk dilakukan pada penelitian ini karena nilai HEP ditentukan untuk masing-masing aktivitas pada pekerjaan *Manual Welding*.

Perhitungan HEP dilakukan menggunakan 2 rumus untuk menghitung nilai HEP masing-masing Aktivitas (Safitri et al., 2017). Tahapan yang dilakukan untuk memperoleh nilai HEP adalah dengan menentukan potensi *human error* apa yang dapat terjadi pada suatu aktivitas, menghitung nilai P_i (kemungkinan terjadi kecelakaan per jam), lalu menghitung nilai Q_i (HEP). Tabel 6 di bawah ini menampilkan ringkasan hasil perhitungan HEP aktivitas yang memiliki nilai tertinggi pada masing-masing operasi kerja.

Tabel 6. Hasil Perhitungan human error probabilities operator manual welding

Aktivitas dengan Nilai HEP Tertinggi				
No	No. Task	Elemen Kerja	Human Error	HEP
1	1.2	Operator mengambil masker <i>blank</i>	Operator berebutan saat mengambil masker <i>blank</i>	0.004
		Operator berjalan dari stasiun kerja menuju mesin pemotong tali	Operator bertabrakan dengan operator lain saat berjalan	
2	2.3	Operator membawa tali masker kembali ke stasiun kerja	Operator tidak mengatur tali masker dengan baik saat akan menyimpannya di atas meja	0.003
		Operator menaruh tali masker di atas meja welding	Operator <i>shift</i> sebelumnya lupa mematikan saklar mesin sehingga saklar on/off mesin sulit ditekan pada keesokan harinya	
3	3.2	Operator menyalakan mesin manual welding dengan menekan saklar on/off mesin	Operator tidak memeriksa apakah mesin sudah menyala dengan memeriksa	0.002
		Operator memastikan apakah mesin sudah menyala dengan memeriksa		

Aktivitas dengan Nilai HEP Tertinggi				
No	No. Task	Elemen Kerja	Human Error	HEP
		apakah indikator pada saklar menyala		
4	4.3	Operator mengambil tali masker dari atas meja	Operator menjatuhkan tali masker saat akan diambil	0.004
		5.6	Operator tidak memeriksa pengaturan suhu mesin welding sebelum digunakan	
		5.7.3		
5	5.13	Operator menginjak pedal mesin manual welding hingga welding stick turun	sehingga saat pedal diinjak stik terlalu panas dan menyebabkan luka parah apabila tangan operator terjepit	0.004
		5.14.3		
6	6.8	Operator tidak memeriksa pengaturan suhu mesin welding sebelum digunakan	sehingga saat pedal diinjak stik terlalu panas dan menyebabkan luka parah apabila tangan operator terjepit	0.004
		6.9.3		
		6.15	Operator menginjak pedal mesin manual welding hingga welding stick turun	
6	6.16.3	Operator menginjak pedal mesin manual welding hingga welding stick turun	sehingga saat pedal diinjak stik terlalu panas dan menyebabkan luka parah apabila tangan operator terjepit	0.004

Berdasarkan Tabel 6 di atas, dapat diketahui bahwa masing-masing operasi kerja memiliki jumlah aktivitas dengan nilai HEP tertinggi yang berbeda-beda. Operasi kerja 1 hanya memiliki 1 aktivitas dengan nilai HEP tertinggi sedangkan operasi kerja 5 dan 6 memiliki 4 aktivitas dengan nilai HEP tertinggi. Pada operasi kerja 5 dan 6 aktivitas-aktivitas dengan nilai HEP tertinggi juga memiliki elemen kerja, *human error*, dan nilai HEP yang sama karena keempat aktivitas tersebut merupakan aktivitas yang berulang. Faktor yang mempengaruhi persamaan dan perbedaan nilai HEP masing-masing aktivitas adalah nilai F_i . Nilai ini diperoleh dari hasil kuesioner sehingga para operator *Manual Welding* memberikan nilai dengan pengalaman yang sering dialami di lantai produksi. Untuk aktivitas berulang, nilai F_i adalah sama dan untuk aktivitas yang berbeda masih memungkinkan untuk memiliki nilai F_i yang sama.

Setelah nilai HEP diperoleh maka dilakukan penyusunan *event tree* untuk melakukan *event tree analysis* (Guo & Kang, 2015). Analisis ini dilakukan untuk mengetahui dampak terburuk yang dapat terjadi pada suatu urutan kejadian kecelakaan. berdasarkan hal tersebut, tidak semua aktivitas dapat dibuat menjadi *event tree*. Dipilih 3 aktivitas yang memiliki nilai HEP tertinggi dari seluruh operasi kerja untuk diprioritaskan pembuatan *event tree*. Sebelum membuat *event tree*, dibuat tabel deskripsi kejadian kecelakaan untuk mendeskripsikan urutan kejadian kecelakaan dari ketiga aktivitas yang akan dibuatkan *event tree*. Tabel 7 di bawah ini memperlihatkan tabel deskripsi kejadian kecelakaan dari aktivitas operator *Manual Welding* yang memiliki nilai HEP tertinggi.

Persiapan proses *welding* merupakan suatu rangkaian aktivitas yang dilakukan operator sebelum menginjak pedal mesin *welding* untuk menyambungkan masker *blank* dengan tali masker. Aktivitas ini memiliki nilai HEP tertinggi ketika operator tidak memeriksa pengaturan suhu mesin *welding* sebelum digunakan sehingga saat pedal diinjak stik terlalu panas. Untuk mengidentifikasi dampak terburuk dari stik *welding* yang terlalu panas ini, dibuat tabel deskripsi dengan menguraikan urutan-urutan kejadian.

Terdapat 3 kejadian berurutan dalam kecelakaan tersebut. Masing-masing kejadian yang akan dianalisis menggunakan *event tree* memiliki 2 kemungkinan yaitu sukses dan gagal. Berdasarkan hal tersebut, jika suatu kejadian gagal maka kejadian selanjutnya menjadi konsekuensi dari kejadian yang gagal sebelumnya. sebagai contoh kejadian 1 adalah ketika operator menempatkan ujung masker *blank* dan tali masker di atas plat *welding*. Jika aktivitas tersebut gagal maka dapat menyebabkan posisi sudut masker dan ujung tali masker tidak berada pas di bawah lingkaran *welding*. Sebagai konsekuensi dari kegagalan tersebut, pada kejadian selanjutnya operator harus menahan ujung tali masker dan sudut masker *blank* untuk memastikan posisinya lurus dan berada di bagian tengah stik *welding*.

Seluruh urutan kejadian yang telah dibuat dan dianalisis pada tabel deskripsi akan disusun ke dalam *event tree*. Bentuk *event tree* merupakan visualisasi dari urutan kejadian dan kemungkinan sukses dan gagal nya suatu

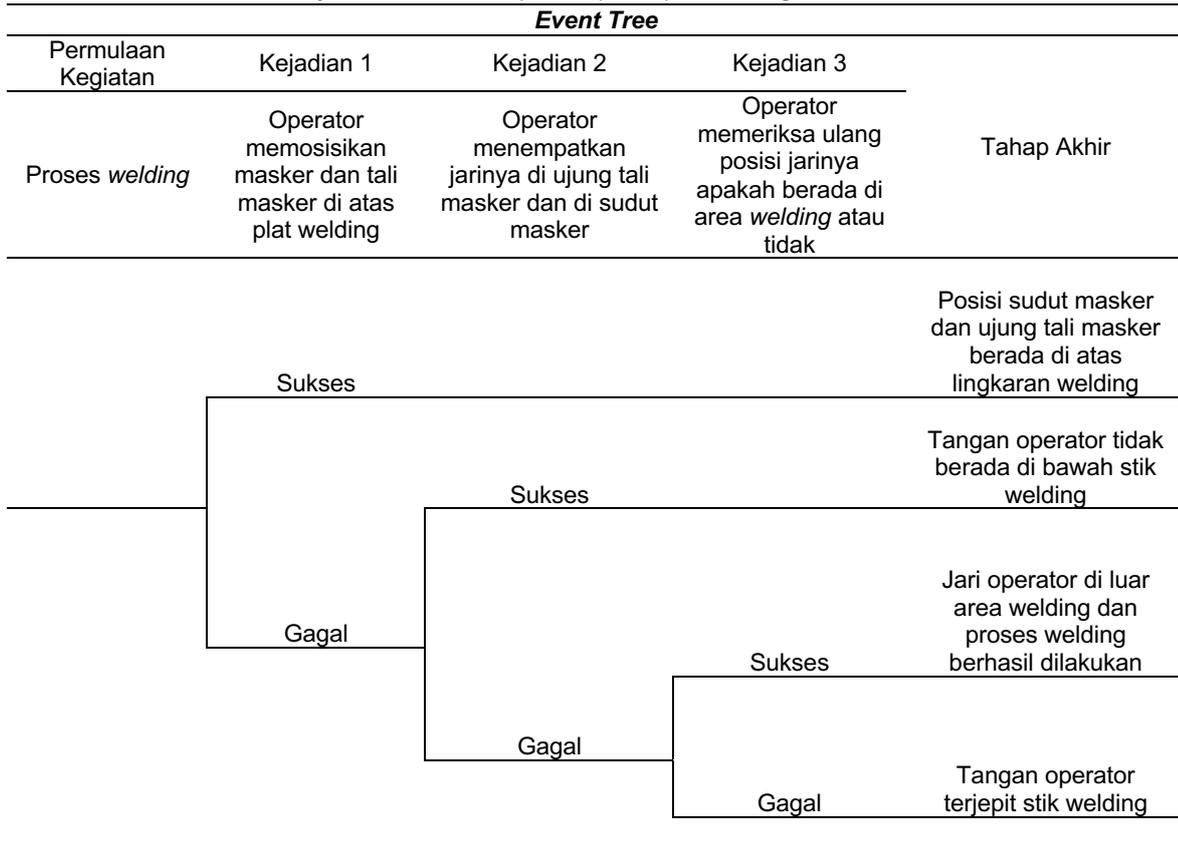
kejadian berikut dengan urutannya dari kejadian awal hingga selesai. *Event tree* aktivitas persiapan proses *welding* diperlihatkan pada Tabel 8 di bawah ini.

Tabel 7. Deskripsi urutan kejadian kecelakaan aktivitas proses persiapan *welding*

Event	Deskripsi	Kemungkinan Hasil
Persiapan proses <i>welding</i>	Permulaan kegiatan	-
Operator memposisikan masker dan tali masker di atas plat <i>welding</i>	Operator berhati-hati dalam memposisikan masker dan tali masker hingga berada di tengah lingkaran <i>welding</i>	Sukses-Posisi sudut masker dan ujung tali masker berada di atas lingkaran <i>welding</i>
		Gagal-Posisi sudut masker dan ujung tali masker tidak berada pas di bawah lingkaran <i>welding</i>
Operator menempatkan jarinya di ujung tali masker dan di sudut masker	Operator berkonsentrasi dan tidak menempatkan jari terlalu dekat dengan stik <i>welding</i>	Sukses-Tangan operator tidak berada di bawah stik <i>welding</i>
		Gagal-Tangan operator berada di area lingkaran stik <i>welding</i>
Operator memeriksa ulang posisi jarinya apakah berada di area <i>welding</i> atau tidak	Operator memeriksa ulang posisi jari sebelum menginjak pedal <i>welding</i>	Sukses-Jari operator di luar area <i>welding</i> dan proses <i>welding</i> berhasil dilakukan
		Gagal-Tangan operator terjepit stik <i>welding</i>

Pada Tabel 8 dapat dilihat bentuk *event tree* dari urutan kejadian kecelakaan yang sudah dideskripsikan dalam tabel deskripsi sebelumnya. berdasarkan *event tree analysis* tersebut dapat diketahui bahwa jika terjadi kecelakaan pada saat proses persiapan *welding* karena operator lupa untuk memperhatikan indikator suhu dapat mengakibatkan tangan operator terjepit stik *welding*. Dari data kecelakaan kerja yang pernah terjadi di PT Anara Medical Indonesia, terjepit stik *welding* merupakan kecelakaan yang paling mengakibatkan dampak yang cukup parah pada operator. Jari operator dapat terluka akibat terjepit dan pada beberapa kasus operator harus dirujuk ke klinik terdekat karena peralatan P3K tidak cukup untuk menangani luka di jari operator.

Tabel 8. Event tree urutan kejadian kecelakaan proses persiapan welding



Aktivitas kedua yang memiliki nilai HEP tertinggi adalah proses pengambilan bahanbaku (masker *blank*) dari *container*. Pada aktivitas ini kemungkinan *human error* yang sering terjadi adalah operator yang saling bertabrakan saat mengambil masker *blank*. Tabel 9 di bawah ini menunjukkan hasil deskripsi urutan kejadian kecelakaan.

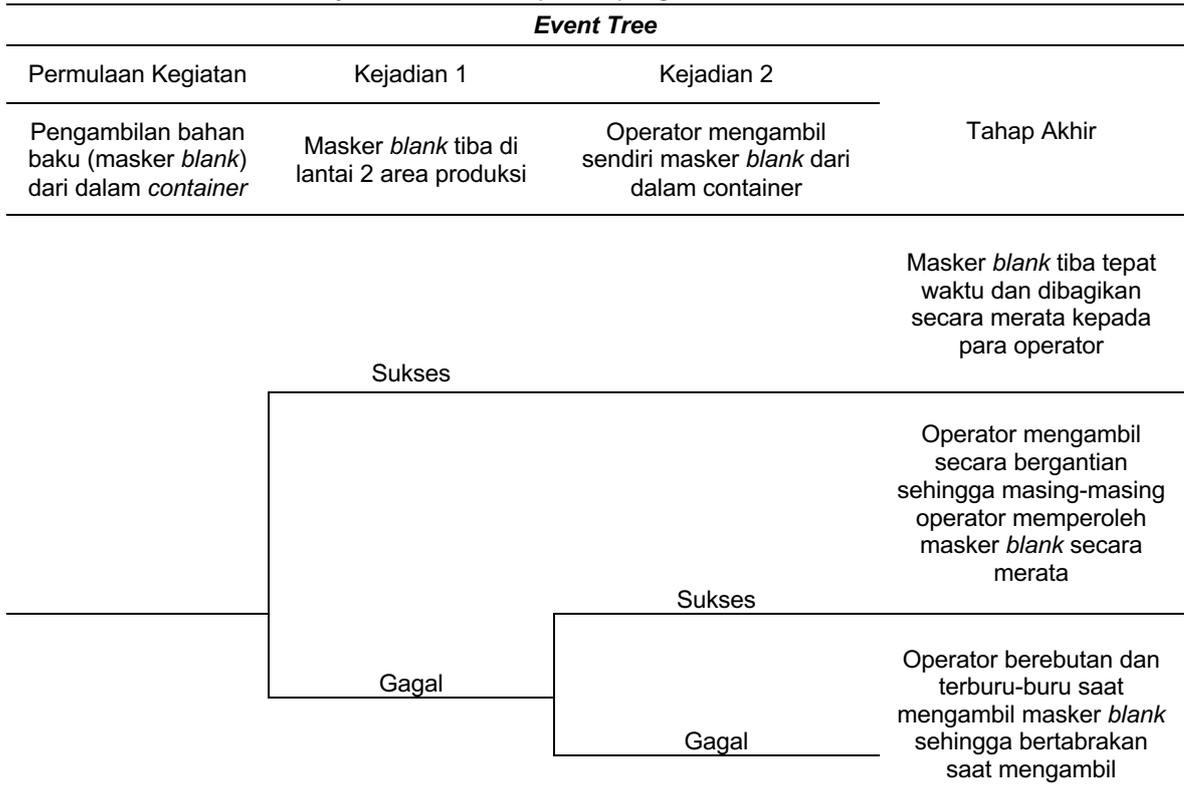
Tabel 9. Deskripsi urutan kejadian kecelakaan proses pengambilan masker blank

Event	Deskripsi	Kemungkinan Hasil
Pengambilan bahan baku (masker <i>blank</i>) dari dalam <i>container</i>	Permulaan kegiatan	-
Masker <i>blank</i> tiba di lantai 2 area produksi	Bahan baku masker <i>blank</i> ditransfer dari lantai 1 ke lantai 2 untuk dibagikan kepada operator <i>manual welding</i>	Sukses-Masker <i>blank</i> tiba tepat waktu dan dibagikan secara merata kepada para operator Gagal-Masker <i>blank</i> terlambat dan banyak operator yang sudah kehabisan masker sehingga tidak sempat

Event	Deskripsi	Kemungkinan Hasil
Operator mengambil sendiri masker <i>blank</i> dari dalam <i>container</i>	Operator mengambil masker <i>blank</i> secara bergantian	menunggu helper mengambil masker <i>blank</i> dan harus mengambilnya sendiri Sukses-Operator mengambil secara bergantian sehingga masing-masing operator memperoleh masker <i>blank</i> secara merata Gagal-Operator berebutan dan terburu-buru saat mengambil masker <i>blank</i> sehingga bertabrakan saat mengambil

Berdasarkan tabel deskripsi di atas, jika terjadi kecelakaan pada proses pengambilan masker *blank* maka dapat mengakibatkan beberapa dampak seperti bertabrakannya para operator saat mengambil masker *blank*. *Event tree* aktivitas tersebut ditunjukkan pada Tabel 10.

Tabel 10. Event tree urutan kejadian kecelakaan proses pengambilan masker blank



Aktivitas ketiga dengan nilai HEP tertinggi adalah proses pengambilan tali masker pada saat akan disambungkan. Urutan kejadian *human error* pada aktivitas ini dibuat ke dalam tabel deskripsi pada Tabel 11.

Tabel 11. Deskripsi urutan kejadian kecelakaan proses pengambilan tali masker

Event	Deskripsi	Kemungkinan Hasil
Persiapan bahan baku proses <i>welding</i>	Permulaan kegiatan	-
Operator menyimpan tali masker di atas meja tanpa menggunakan wadah	Operator menaruh tali masker dengan rapih di atas meja	Sukses-Tali masker tersimpan dengan baik di atas meja <i>welding</i> Gagal-Tali masker berserakan di atas meja <i>welding</i>
Operator mengambil tali masker secara tidak beraturan untuk diproses <i>welding</i>	Operator mengambil tali masker menggunakan satu tangan	Sukses-Tali masker berhasil diambil oleh operator menggunakan satu tangan Gagal-Operator sulit mengambil tali masker menggunakan satu tangan dan tidak sengaja menyanggol tali masker lainnya

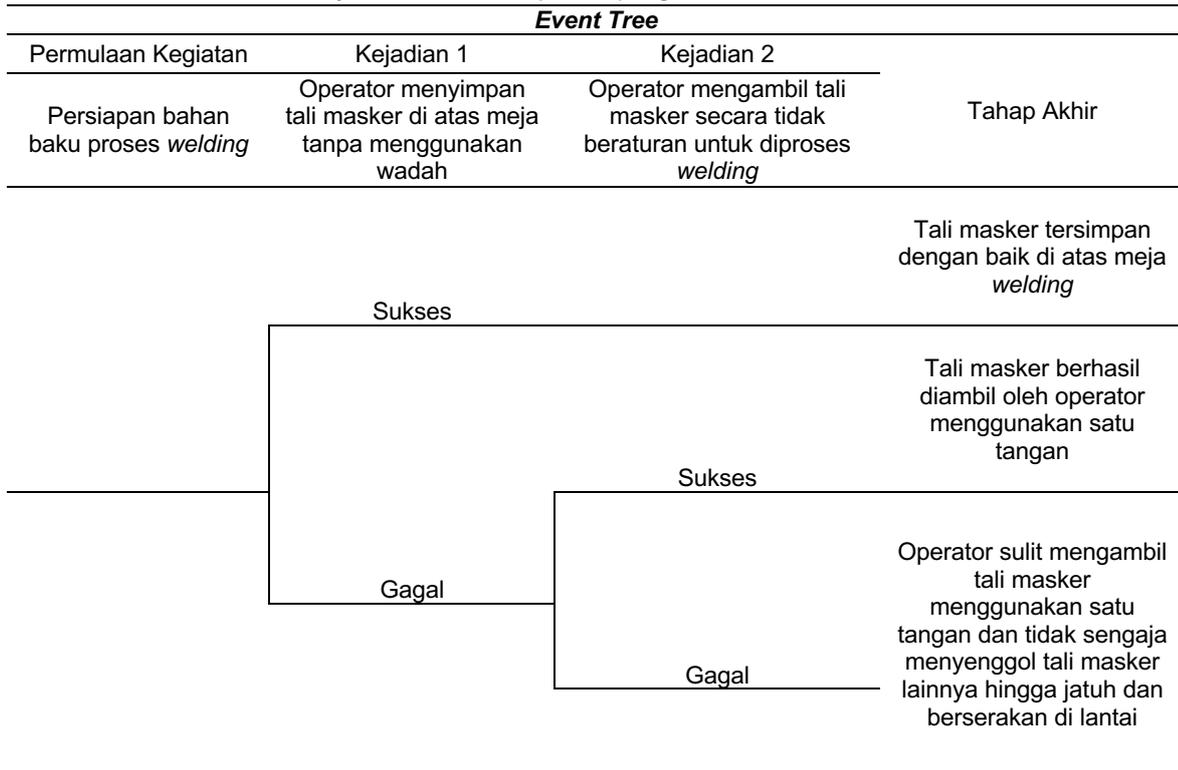
Event	Deskripsi	Kemungkinan Hasil
		hingga jatuh dan berserakan di lantai

Berdasarkan Tabel 11, terdapat 2 urutan kejadian dari *human error* yang terjadi pada aktivitas pengambilan tali masker. Jika operator menyimpan tali masker di atas meja tanpa menggunakan wadah dan menyebabkan tali masker berserakan di atas meja *welding* maka konsekuensi yang didapatkan adalah operator harus mengambil tali masker yang dibutuhkan dalam posisi yang tidak beraturan. Tabel 12 menunjukkan *event tree* dari aktivitas tersebut.

Pada Tabel 12 dapat dilihat bahwa dampak terburuk dari operator yang harus mengambil tali masker dalam posisi yang tidak beraturan (berantakan) adalah kemungkinan tali-tali tersebut jatuh ke lantai akan lebih tinggi. Hal ini dapat menyebabkan lantai pada area produksi menjadi kotor dan berantakan akibat tali yang berserakan.

Dari *event tree analysis* yang telah dilakukan untuk 3 aktivitas dengan nilai HEP terbesar, masing-masing aktivitas tersebut perlu disusun upaya mitigasi baik untuk penanganan maupun

Tabel 12. Event tree urutan kejadian kecelakaan proses pengambilan tali masker



pengecehan agar meminimalisir *human error* yang terjadi di kemudian hari. Pemberian rancangan upaya mitigasi ini akan dilakukan untuk seluruh aktivitas yang memiliki nilai HEP tertinggi pada masing-masing operasi kerja. Upaya mitigasi yang dirancang dituliskan pada Tabel 13 di bawah ini menggunakan pendekatan HAZOP. Pendekatan HAZOP

merupakan salah satu metode yang digunakan untuk identifikasi *hazard*, penyebabnya, beserta perbaikannya. Cara melakukan identifikasi *hazard* menggunakan metode ini adalah dengan memasang *guideword* dan *parameter* untuk mendeskripsikan deviasi yang terjadi.

Tabel 13. Rancangan upaya mitigasi menggunakan pendekatan HAZOP

Task	Deviation	Cause	Consequence	Failure Mechanism/Influences	Recovery	Kebutuhan Implementasi
1.2 Operator berebutan saat mengambil masker blank	Tidak ada komunikasi	Masker <i>blank</i> terlambat datang sehingga <i>stock</i> masker di atas meja <i>welding</i> operator menipis	Operator tidak dapat memenuhi target produksi, operator berisiko terjatuh karena berebutan	Pembagian yang tidak merata, masker <i>blank</i> yang datang terlalu lama	Helper membagikan masker <i>blank</i> secara berkala	Bisa diimplementasikan
					Perusahaan mempertimbangkan penambahan <i>helper</i>	Belum bisa diimplementasikan karena jumlah <i>helper</i> saat ini dinilai masih mencukupi
2.1 Operator bertabrakan dengan operator lain saat berjalan	Kurang waktu	Operator ingin cepat sampai ke tujuan	Operator terjatuh saat berjalan, operator mencelakai operator lain karena bertabrakan	Ruang untuk berjalan sempit, Operator dikejar waktu	Bagian produksi dapat memperjelas alur perpindahan orang dan barang untuk mengurangi tabrakan saat mengambil masker <i>blank</i>	Belum bisa diimplementasikan karena membutuhkan persiapan dan proses yang panjang

Task	Deviation	Cause	Consequence	Failure Mechanism/Influences	Recovery	Kebutuhan Implementasi
					Perusahaan menggunakan material handling seperti conveyor sehingga tidak ada operator yang harus bergerak	Belum bisa diimplementasikan karena membutuhkan persiapan dan proses yang panjang
2.4 Tali masker berserakan di atas meja <i>welding</i>	Kurang kendali	Operator tidak menaruh/mengambil tali masker dengan hati-hati	Operator kesulitan menemukan tali, ujung tali masker menjadi tidak lurus saat akan diproses <i>welding</i>	Tidak ada tempat untuk menyimpan tali di atas meja	Perusahaan menyediakan tempat untuk menyimpan tali yang disesuaikan dengan desain meja <i>welding</i>	Bisa diimplementasikan
3.2 Saklar on/off mesin sulit untuk ditekan	Tidak ada kendali	Operator <i>shift</i> sebelumnya lupa untuk mematikan saklar mesin sebelum <i>unplug</i> kabel	Operator kehabisan waktu untuk mengerjakan proses <i>welding</i>	Mesin kurang pemeliharaan, ada komponen mesin yang bermasalah	Bagian maintenance membuat display untuk mengingatkan operator agar tidak lupa mematikan mesin Bagian maintenance menambah frekuensi pemeriksaan mesin	Bisa diimplementasikan
3.3 Lampu indikator menyala tetapi mesin <i>welding</i> tidak bisa digunakan	Tidak beroperasi	Operator tidak memeriksa saklar mesin saat akan dinyalakan	Perusahaan harus melakukan perbaikan, operator harus beralih ke mesin lain jika mesin lain ada yang tidak terpakai	Mesin kurang pemeliharaan, ada komponen mesin yang bermasalah	Bagian produksi membuat SOP yang lebih lengkap mengenai urutan pengoperasian mesin	Bisa diimplementasikan
4.3 Tali masker terjatuh saat ditaruh di atas meja menggunakan satu tangan	Tidak ada konreol	Operator tidak menaruh tali masker dengan hati-hati	Tali masker berserakan di lantai, operator membutuhkan waktu untuk mengambil tali yang jatuh	Tidak ada tempat untuk operator membawa tali masker ke atas meja	Perusahaan memberikan pembatas pada ujung meja	Belum bisa diimplementasikan karena ada kemungkinan mempersempit ruang gerak operator
5.6 Stik <i>welding</i> terlalu panas sehingga membuat cedera parah jika tangan operator terjepit	Kurang pengawasan	Operator tidak menyadari bahwa tangannya berada pada posisi stik <i>welding</i>	Operator cedera parah sampai harus dirujuk ke klinik	Operator kurang berhati-hati, operator dikejar waktu	Bagian produksi membuat SOP yang lebih lengkap mengenai urutan pengoperasian mesin	Bisa diimplementasikan

Tabel 13 di atas merupakan tabel hasil rancangan upaya mitigasi yang dibuat menggunakan metode HAZOP. Terdapat 7

aktivitas yang merupakan aktivitas-aktivitas dengan potensi *human error* tertinggi secara keseluruhan. Masing-masing aktivitas ini

memiliki deviasi yang digambarkan menggunakan penggabungan antara *guideword* dan *parameter*. Penentuan deskripsi deviasi dilakukan menggunakan teknik *guideword-first* yaitu dengan menentukan *guideword* sebelum *parameter*. Kurang dan Tidak Ada merupakan beberapa contoh *guideword* yang terdapat pada metode HAZOP. *Parameter* yang dipasangkan dengan *guideword* juga merupakan *parameter* yang terdapat pada tabel penyusunan metode HAZOP.

Hasil akhir dari penyusunan upaya mitigasi menggunakan pendekatan HAZOP ini terdapat 7 aktivitas yang diprioritaskan untuk disusun upaya mitigasinya. 7 aktivitas ini merupakan aktivitas dengan HEP tertinggi untuk masing-masing operasi kerja. Ketujuh aktivitas ini termasuk 3 aktivitas yang dianalisis menggunakan *event tree* pada tahap sebelumnya.

Untuk aktivitas dengan potensi *human error* tertinggi terdapat pada operasi kerja 5 yaitu operator lupa memeriksa pengaturan suhu sehingga suhu stik *welding* terlalu panas. Deviasi pada keadaan ini adalah Kurang Pengawasan karena tidak ada kewajiban atau prosedur tertulis untuk memastikan adanya pemeriksaan pengaturan suhu mesin sebelum digunakan. Hal ini terjadi karena operator kurang waspada dan kurang memperhatikan secara detail suhu mesin yang akan mereka gunakan. Terlebih lagi, belum ada pengingat dari SOP yang telah ada. salah satu faktor eksternal lainnya yang membuat kurangnya focus operator adalah karena kondisi lingkungan kerja dan orientasi terhadap target yang cukup ketat sehingga mengharuskan para operator menaruh focus lebih pada *output* masker yang dihasilkan.

Pelaksanaan penelitian pada objek operator *welding* masker *headloop* dengan metode THERP-HAZOP ini digunakan sebagai dasar pertimbangan prioritas perbaikan pada stasiun kerja yang diamati. Bahkan, hasil dari metode ini dapat diterima dan dijadikan sebagai salah satu dasar dalam pengambilan keputusan terkait perbaikan lingkungan kerja. Berdasarkan hasil tersebut, hal yang dapat diusulkan untuk mengurangi kecelakaan di waktu yang akan datang adalah membuat pengingat untuk para operator agar tidak lupa memeriksa pengaturan suhu mesin sebelum digunakan. Pengingat ini dibuat dalam bentuk SOP yang berisikan tulisan

singkat dan jelas mengenai prosedur pengoperasian mesin yang baik.

Kesimpulan

Secara keseluruhan terdapat 7 aktivitas yang tersebar pada masing-masing operasi kerja dalam pekerjaan *manual welding* memiliki risiko pekerjaan yang lebih tinggi dari aktivitas lainnya. Hasil perhitungan HEP menunjukkan bahwa 3 terbesar nilai HEP terdapat pada operasi kerja 5, 1, dan 4 dengan nilai HEP masing-masing 0,0044; 0,0043; dan 0,004. Selain aktivitasnya yang berpotensi menyebabkan terjadinya error, faktor lain seperti faktor lingkungan dan faktor dari diri operator juga mempengaruhi pekerjaan operator. Beberapa faktor menjadi pengganggu konsentrasi para operator seperti suhu ruangan yang rata-rata setiap harinya adalah 23,8°C, kebisingan ruangan sebesar 90 dB yang harus dihadapi selama 8 jam kerja, serta meja kerja yang terlalu licin. Jumlah masker *headloop* rata-rata yang dihasilkan per operator setiap harinya sebanyak 3.000 pcs. Berdasarkan hal tersebut, salah satu usulan upaya mitigasi yang dapat direkomendasikan implementasinya pada stasiun kerja *manual welding* adalah memperbanyak pengingat seperti *display* dan SOP. Kedua media ini dapat ditempel di area produksi *Manual Welding* agar bisa dibaca operator sehingga menjadi salah satu upaya mengurangi potensi terjadinya faktor *human error* seperti lupa.

Daftar Pustaka

- Amin, D. S. (2019). Analisa Human Error Untuk Mengurangi Potensi Bahaya Dengan Metode THERP. *Jurnal Teknik Industri*.
- Astuti, P., Azmi, N., Safitri, D. M., & Aryani, A. D. (2017). Analisis Human Error Pramudi Bus Transjakarta dan Usulan Rekomendasi Keselamatan Transportasi. *National Conference on Industrial Engineering*, 34–37.
- Atmojo, J. T., Iswahyuni, S., Rejo, R., Setyorini, C., Puspitasary, K., Ernawati, H., Syujak, A. R., Nugroho, P., Putra, N. S., Nurrochim, N., Wahyudi, W., Setyawan, N., Susanti, R. F., Suwanto, S., Haidar, M., Wahyudi, W., Iswahyudi, A., Tofan, M., Bintoro, W. A., ... Mubarak, A. S. (2020). Penggunaan Masker Dalam Pencegahan Dan Penanganan Covid-19: Rasionalitas, Efektivitas, Dan Isu

- Terkini. *Avicenna: Journal of Health Research*, 3(2), 84–95. <https://doi.org/10.36419/avicenna.v3i2.420>.
- Guo, L., & Kang, J. (2015). An extended HAZOP analysis approach with dynamic fault tree. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 38, 224–232. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2015.10.003>.
- El Hakim, A. A. (2018). *Analisis Resiko Kegagalan Operasi Menggunakan Metode HAZOP Analysis Pada Onshore Pipeline PT. X* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Kirwan, B. (1996). The validation of Three Human Reliability Quantification techniques - THERP, HEART and JHEDI: part 1- Technique description and validation issues. *Applied Ergonomics*, 27(6), 359–373.
- Niebel, B., & Freivalds, A. (2014). *Methods, Standards, and Work Design*. McGraw-Hill.
- Ratriwardhani, R. A. (2018). Identifikasi Kesalahan Manusia Dengan Pendekatan Technique for Human Error Rate Prediction (Therp). *Heuristic*, 15(02). <https://doi.org/10.30996/he.v15i02.2141>.
- Restuputri, Dian Palupi, R. P. D. S. (2015). Analisis Kecelakaan Kerja Dengan Menggunakan Metode Hazard and Operability Study (Hazop). *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 14(1), 24–35.
- Risk Assessment: Tools, Techniques, and Their Applications - ProQuest. (n.d.). Retrieved November 18, 2021, from <https://www.proquest.com/docview/2131184634/bookReader?accountid=49910>.
- Safitri, D. M., Oktaviasari, A., Astuti, P., Azmi, N., Industri, J. T., & Trisakti, U. (2017). Analisis Human Error pada Pramudi Transjakarta dengan Pendekatan HEART dan Fault Tree Analysis. *Prosiding SNTI Dan SATELIT 2017*, 2017, B131-136.
- Sani, C. D., Handoko, L., & Setiani, V. (2016). *Analisis Human Error pada Pekerjaan Gerinda Menggunakan Metode THERP (Technique for Human Error Rate Prediction) (Studi Kasus pada Pekerja Workshop di Perusahaan Peleburan Baja)*. 2581, 34–38.
- Simon, F., Adhikari, S., Bayley, C., Bedford, T., Busby, J., Cliffe, A., Devgun, G., Eid, M., Keshvala, R., Pollard, S., Soane, E., Tracy, D., & Wu, S. (2009). Human Reliability Analysis: A Review and Critique. *Manchester Business School Research Paper*, 589. <https://papers.ssrn.com/abstract=1541951>.
- Williamson, A. M. F. and A. M. (1998). *Human Factors in Accident Modelling. Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*, Fourth Ed (Geneva: Safety International Labour Organization).
- Zuhri, M. S. (2017). *Mitigasi Risiko Kecelakaan Kerja Pada Packing Plant PT Semen Gresik (Persero) Tbk* (Doctoral dissertation, Universitas Internasional Semen Indonesia).

This page is intentionally left blank.