

Analisis Potensi Bahaya dan Rekomendasi Pengendalian *Hazard* Pada Mesin Boiler dengan Metode *Hazop*

Faisal Ramadhan

Abstrak— Manusia sebagai tenaga kerja selalu berhubungan dengan mesin, peralatan, dan tempat kerja yang kemungkinan akan menimbulkan risiko kerja. Pada pengoperasian mesin boiler terdapat temuan-temuan yang dapat menimbulkan bahaya bagi para pekerja dan lingkungan area mesin boiler. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bahaya serta rekomendasi perbaikan pada proses pengoperasian mesin boiler yang memiliki potensi bahaya paling tinggi sehingga bahaya tersebut dapat dikendalikan. Dalam menyelesaikan permasalahan tersebut penelitian ini menggunakan metode OHS Risk Assessment and Control sebagai tahap dalam melakukan identifikasi awal dan perankingan bahaya untuk menentukan prioritas perbaikan dan pengendalian yang harus segera dilaksanakan pada proses pengoperasian boiler. Sedangkan *Hazard and Operability Study* (HAZOP) merupakan metode yang digunakan sebagai identifikasi lanjutan pada tingkat bahaya tertinggi dengan mengklasifikasikan faktor-faktor penyebab kecelakaan pada proses pengoperasian mesin boiler seperti sumber bahaya, penyimpangan, dan penyebab kecelakaan. Lalu dalam melakukan rekomendasi perbaikan dan pengendalian dilakukan dengan metode 5 hierarki pengendalian bahaya yaitu eliminasi, substitusi, rekayasa engineering, pengendalian administrasi, dan APD. Dari hasil analisa dapat disimpulkan bahwa terdapat temuan bahaya dengan kategori extreme sebanyak 5, kategori high sebanyak 5, kategori medium sebanyak 8, dan kategori low sebanyak 2. Prioritas perbaikan dan pengendalian dilakukan pada temuan bahaya dengan kategori extreme karena kategori tersebut merupakan kategori tertinggi sehingga harus segera dilakukan perbaikan dan pengendalian. Perbaikan dan pengendalian pada temuan bahaya dengan kategori extreme yaitu dengan melakukan rekayasa engineering, pengendalian administrasi, dan penggunaan APD.

Kata Kunci— Analisis Kesehatan dan Keselamatan, HAZOP, Ketel Uap, OHS Risk Assessment.

Abstract — *Humans as workers are always in contact with machines, equipment, and workplaces that are likely to pose work risks. In the operation of the boiler machine, there are findings that can pose a danger to workers and the environment of the boiler machine area. This study aims to identify Hazards and recommend improvements to the boiler engine operating process that has the highest potential Hazard so that these Hazards can be controlled. In solving these problems, this research uses the OHS Risk Assessment and Control method as a stage in carrying out initial identification and Hazard ranking to determine repair and control priorities that must be implemented immediately in the boiler operation process. While the Hazard and Operability Study (HAZOP) is a method that is used as a further identification of the highest level of danger by classifying the factors causing accidents in the boiler engine operation process such as sources of danger, deviations, and causes of accidents. Then in making recommendations for improvement and control, it is carried out using 5 hierarchical methods of Hazard control, namely elimination, substitution, engineering, administrative control, and PPE. From the results of the analysis, it can be concluded that there are 5 extreme Hazard findings, 5 high categories, 8 medium categories, and 2 low categories. immediate repair and control. Repair and control of Hazard findings with extreme categories, namely by carrying out engineering engineering, administrative control, and the use of PPE.*

keywords—*Health and Safety Analyst, HAZOP, Boiler, OHS Risk Assessment.*

I. PENDAHULUAN

Pencapaian keselamatan dan kesehatan kerja tidak lepas dari peran ergonomi, karena ergonomi berkaitan dengan orang yang bekerja, selain dalam rangka efektivitas, efisiensi dan produktifitas kerja. Berdasarkan data dari BPJamsostek pada tahun 2020 tercatat 177.000 kasus kecelakaan kerja yang ditimbulkan akibat belum tercapainya keselamatan dan kesehatan kerja.

Hal ini menunjukkan bahwa semakin meningkatnya kejadian-kejadian kecelakaan, baik yang terjadi ditempat kerja, jalan raya atau dirumah. Setiap tahun terdapat lebih dari 100.000 kecelakaan yang menyebabkan kematian dan hampir 11 juta orang menjadi cacat.

PT. MFR merupakan perusahaan yang bergerak dibidang industri gula kristal rafinasi yang dimana proses produksinya menggunakan mesin *boiler* sebagai pasokan tenaga listrik. Dalam pengoperasian mesin *boiler* terdapat proses pengoperasian yang dapat menimbulkan kecelakaan kerja. Hal ini disebabkan karena terdapatnya potensi bahaya-bahaya yang belum teridentifikasi pada

Faisal. R, Universitas Indraprasta PGRI, Jakarta. Saat ini menjadi mahasiswa program studi Teknik Industri, Universitas Indraprasta PGRI. Jakarta (email: saltramadhan911@gmail.com)

pengoperasian mesin boiler dan kurangnya kesadaran akan penerapan K3 dalam aktifitas bekerja terutama dalam aktifitas pengoperasian mesin boiler sehingga menyebabkan kecelakaan ringan hingga berat.

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu untuk mengetahui tingkat bahaya yang harus segera dilakukan perbaikan dan pengendalian dan untuk mengetahui rekomendasi perbaikan dan pengendalian yang tepat untuk dapat dilakukan sehingga tingkat dari bahaya tersebut dapat berkurang.

II. METODE DAN PROSEDUR

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode OHS Risk Assesment dan metode Hazard and Operability Study (HAZOP). Metode OHS Risk Assesment digunakan untuk melakukan identifikasi awal dan penilaian terhadap proses-proses yang terjadi dalam pengoperasian mesin boiler. Identifikasi awal pada pengoperasian mesin boiler dilakukan dengan melihat proses-proses yang terjadi pada mesin boiler serta potensi Hazard dan risiko yang terjadi pada proses pengoperasian mesin boiler. Hal ini dilakukan sebagai tahap awal dalam melakukan penilaian sebagai tahap untuk dilakukannya perancangan tingkat bahaya yang terjadi pada mesin boiler. Lalu metode Hazard and Operability Study (HAZOP) sebagai identifikasi lanjutan terhadap bahaya-bahaya yang memiliki tingkat bahaya dengan kategori tertinggi yaitu extreme dengan memperjelas faktor-faktor yang dapat terjadinya kecelakaan sehingga rekomendasi perbaikan dan pengendalian bahaya pada proses pengoperasian mesin boiler yang memiliki tingkat bahaya dengan kategori extreme dapat dikendalikan secara tepat dengan menggunakan 5 hierarki pengendalian bahaya.

5 hierarki pengendalian adalah cara untuk mengendalikan suatu bahaya berdasarkan skala prioritas yang harus segera dilakukan perbaikan dan pengendalian. Dalam 5 hierarki pengendalian terdapat 5 tahap pengendalian yaitu eliminasi merupakan pengendalian dengan menghilangkan sumber bahayanya, substitusi merupakan pengendalian dengan mengganti sumber bahayanya, rekayasa engineering merupakan pengendalian dengan merancang atau memodifikasi suatu sistem yang diduga sebagai sumber bahaya, pengendalian administrasi merupakan pengendalian dengan melakukan suatu peraturan, dan APD merupakan pengendalian dengan menggunakan alat pelindung diri saat melakukan kegiatan yang berdekatan dengan sumber bahaya.

A. Teknik Analisis Data

OHS Risk Assessment

Berikut langkah-langkah dalam pengolahan data menggunakan metode OHS Risk Assessment :

- a. Penilaian Risiko Penilaian risiko ini berguna untuk mengidentifikasi level dari bahaya yang telah diketahui pada pengoperasian mesin boiler. Berikut langkah-langkah dalam melakukan

penilaian dengan menggunakan metode OHS Risk Assessment sebagai berikut :

Penentuan Estimasi Tingkat Peluang (Likelihood)

Penentuan dilakukan dengan mempertimbangkan frekuensi kejadian kecelakaan berdasarkan tabel berikut:

TABEL I
KRITERIA LIKELIHOOD

Level Criteria	Description		Nilai
	Kualitatif	Kuantitatif	
Jarang Terjadi	Kejadian muncul hanya dalam keadaan tertentu	Kurang dari 1 kali dalam 10 tahun	1
Kemungkinan Kecil	Kejadian dapat muncul pada saat waktu yang sama	Terjadi 1 kali per 10 tahun	2
Mungkin	Kejadiannya seharusnya muncul pada saat yang sama	Terjadi 1 kali per 5 tahun sampai 1 kal pertahun	3
Kemungkinan Besar	Kejadiannya muncul pada kebanyakan situasi	Lebih dari 1 kali dalam pertahun hingga 1 kali perbulan	4
Hampir Pasti	Kejadiannya diharapkan muncul pada kebanyakan situasi	Lebih dari 1 kali perbulan	5

Penentuan Estimasi Tingkat Keperahan (Consequences)

Penentuan tingkat keparahan dilakukan dengan mempertimbangkan akibat dari kejadian kecelakaan tersebut dan kerugian materi yang dialami akibat dari kejadian kecelakaan berdasarkan tabel berikut:

TABEL II
KRITERIA CONSEQUENCES

Level Uraian	Deskripsi		Nilai
	Kualitatif	Kuantitatif	
Tidak Signifikan	Kejadian tidak menimbulkan kerugian atau cedera pada manusia	Tidak menyebabkan kehilangan hari kerja	1
Kecil	Menimbulkan cedera ringan, kerugian kecil dan tidak menimbulkan dampak serius terhadap kelangsungan bisnis	Masih dapat bekerja pada hari/shift yang sama	2
Sedang	Cedera berat dan dirawat dirumah sakit, tidak menimbulkan cacat tetap, kerugian finansial sedang	Kehilangan hari kerja kurang dari 3 hari	3
Berat	Menimbulkan cedera parah dan cacat tetap dan kerugian finansial besar serta menimbulkan dampak serius terhadap	Kehilangan hari kerja 3 hari atau lebih	4

kelangsungan usaha

Bencana	mengakibatkan korban meninggal dan kerugian parah bahkan dapat menghentikan kegiatan usaha selamanya	Kehilangan hari kerja selamanya	5
---------	------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------	---

Penentuan Skala dan Level Bahaya

Penentuan skala dilakukan dengan mengkalikan nilai likelihood dengan *consequences*. sedangkan penentuan level bahaya dilakukan dengan mempetakan nilai dari skala tersebut berdasarkan tabel risk matrix,

$$S = L \times C$$

Likelihood	Skala	Consequences				
		1	2	3	4	5
5	5	5	10	15	20	25
4	4	4	8	12	16	20
3	3	3	6	9	12	15
2	2	2	4	6	8	10
1	1	1	2	3	4	5

Perangkingan Bahaya

Perangkingan bahaya berdasarkan skor skala bahaya tertinggi atau level risiko serta prioritas tindakan perbaikan dan pengendalian bahaya berdasarkan pada tabel berikut:

TABEL IV
KETERANGAN LEVCL

Level	Uraian	Tindakan
E	Extreme	Memerlukan penanggulangan segera atau penghentian kegiatan atau keterlibatan manajemen puncak. Perbaikan sesegara mungkin.
H	High Risk	Memerlukan pihak pelatihan oleh manajemen, penjadwalan tindakan perbaikan secepatnya.
M	Moderate	Memerlukan perhatian dan penanganan oleh manajemen terkait.
L	Low Risk	Memerlukan pemantauan dan perhatian sesuai prosedur secara rutin.

Hazard and Operability Study (HAZOP)

Berikut langkah-langkah dalam pengolahan data menggunakan metode *Hazard and Operability Study* (HAZOP) :

Penentuan Proses Pengoperasian

Mencatat proses-proses pengoperasian yang teridentifikasi sebagai aktifitas yang menjadi tempat terjadinya insiden kecelakaan.

Pencatatan Frekuensi Bahaya

Pencatatan dilakukan terhadap pengoperasian atau aktifitas yang sering mengalami kecelakaan selama rentang waktu yang ditentukan

Pencatatan Potensi Bahaya

Pencatatan dilakukan berdasarkan potensi-potensi yang mungkin terjadi pada pengoperasian yang diindikasikan dapat menimbulkan kecelakaan.

Pencatatan Risiko

Pencatatan dilakukan berdasarkan risiko-risiko yang mungkin terjadi pada potensi yang ada pengoperasian yang diindikasikan dapat menimbulkan kecelakaan.

Penentuan Guideword

Penentuan *guideword* berdasarkan parameter dengan mengkombinasikan proses atau aktifitas terhadap sumber bahaya yang telah teridentifikasi.

Pencatatan Penyimpangan (Deviation)

Pencatatan penyimpangan ditentukan berdasarkan aktifitas ataupun kegiatan yang tidak sesuai dengan prosedur pengoperasian dengan melihat potensi bahaya dan risiko yang terjadi pada pengoperasian.

Penentuan Penyebab Kecelakaan (Cause)

Penentuan penyebab kecelakaan dilakukan dengan melihat hal-hal yang penyebab kecelakaan berdasarkan aktifitas yang dilakukan secara menyimpang dari prosedur pengoperasian.

Penentuan Rekomendasi Tindakan (Action)

Rekomendasi tindakan perbaikan dan pengendalian bahaya dilakukan dengan menggunakan 5 hierarki pengendalian yang disesuaikan terhadap proses pengoperasian, sumber bahaya, potensi bahaya, risiko, penyimpangan dan penyebab terjadinya kecelakaan.

Penilaian Tingkat Bahaya

Penilaian tingkat bahaya dilakukan setelah adanya rekomendasi perbaikan dan pengendalian pada proses pengoperasian yang memiliki tingkat bahaya tertinggi guna untuk mengetahui apakah rekomendasi tersebut telah berhasil menurunkan tingkat bahaya dari pengoperasian yang memiliki tingkat bahaya tertinggi .

B. Pengumpulan Data

1. Data Kecelakaan Kerja pada Divisi Boiler

Pada pengoperasian mesin boiler yang dilakukan di divisi boiler terdapat proses-proses dan data-data terjadinya insiden kecelakaan. Dimana data tersebut terdiri dari proses pengoperasian mesin boiler, risiko, tahun terjadinya insiden, dan frekuensi jumlah kecelakaan. Adapun tersebut dicatat dalam tabel berikut :

TABEL V
DATA KECELAKAAN KERJA PADA DIVISI BOILER

Proses	Risiko	Tahun					Frekuensi
		2015	2016	2017	2018	2019	
Pengoperasi Furnace	Ledakan			1			1
	Dehidrasi	1	2		2		5
	Tuli	3		2	2	1	8
Pengisian BBM (Solar)	Terpleset	2	2			2	6
	Kebakaran			1			1
Pengoperasian Burner	Luka Bakar			1		1	2

	Terpleset	1	2	1	1	2	7
	Kebakaran		1				1
Pengoperasian Soot Blower	Ledakan	1	1	1		3	6
	Luka Bakar	1					1
Pengoperasian Superheater	Dehidrasi	1	1		4	1	1
	Luka Bakar				1		1
	Kebakaran	1		1			2
Pengoperasian Genset Boiler	Kematian	1	1				2
	Tuli		3	3		3	1
							10
Conveyor Batu Bara	Ledakan					1	1
	Kebakaran	1	1	1		2	5
	Tuli		2	2	2	1	7
Force Draft Fan	Luka Bakar				1		1
	Cidera		3	2		2	7
Total		13	16	14	15	17	7
							82

2. Identifikasi Sumber Bahaya Pada Divisi Boiler

Pada setiap proses yang ada pada pengoperasian mesin boiler terdapat potensi-potensi bahaya yang dapat menimbulkan risiko yang telah diketahui sumber bahayanya. Dimana dari risiko tersebut terdapat potensi yang dapat membahayakan pekerja, lingkungan kerja, dan aktifitas dari perusahaan tersebut. Sehingga diperlukan pengendalian dan perbaikan pada proses pengoperasian mesin boiler yang memiliki potensi bahaya yang paling tinggi. Oleh karena itu dalam menentukan pengendalian dan perbaikan diperlukan penilaian dari bahaya-bahaya tersebut terlebih dahulu. Adapun potensi bahaya dan sumber bahaya pada pengoperasian mesin boiler sebagai berikut :

TABEL VI
IDENTIFIKASI SUMBER BAHAYA PADA DIVISI BOILER

Proses	Potensi Hazard	Risiko	Sumber bahaya
Pengoperasi Furnace	Tekanan Tinggi	Ledakan	Retakan Pada Dinding Furnace
	Udara Panas	Dehidrasi	Temperature panas sekitar dinding Furnace
	Kebisingan	Tuli	Proses Pembakaran Batu Bara
Pengisian BBM (Solar)	Ceceran Minyak	Terpleset	Kebocoran Pipa Pengisian BBM
	Percikan Api	Kebakaran	Pantulan Cahaya Panas
Pengoperasian Burner	Kebocoran Uap Panas	Luka Bakar	Kebocoran Pipa Udara Burner
	Ceceran Minyak	Terpleset	Kebocoran Pipa Bahan Bakar Burner
	Percikan Api	Kebakaran	Pembakaran Bahan Bakar Boiler
Pengoperasian Soot Blower	Pengendapan Abu	Ledakan	Abu padat yang menempel pada tube exchanger
	Kebocoran Uap Panas	Luka Bakar	Korosi pada Pipa
Pengoperasian Superheater	Udara Panas	Dehidrasi	Temperature panas sekitar Superheater
	Kebocoran Uap Panas	Luka Bakar	Retakan pada Pipa

	Korstleting	Kebakaran	Lonjakan Arus Listrik
Pengoperasian Genset Boiler	Tersengat Listrik	Kematian	Kabel terkelupas
	Kebisingan	Tuli	Proses Pengoperasian Mesin Genset
Conveyor Batu Bara	Slip	Ledakan	Belt Conveyor Yang Aus
	Percikan Api	Kebakaran	Penumpukan Debu Batu Bara
	Kebisingan	Tuli	Pengoperasian Mesin Fan
Force Draft Fan	Kebocoran Uap	Luka Bakar	Korosi pada Pipa Emisi Gas
	Terjepit	Cidera	Putaran Fan pada saat beroperasi

III. HASIL

1. OHS Risk Assessment

Berdasarkan pengumpulan data maka dilakukan penilaian terhadap proses pengoperasian mesin boiler yang menjadi fokus dalam melakukan perbaikan dan pengendalian.

Penilaian tingkat bahaya merupakan penentuan skor dari bahaya yang terjadi pada proses yang memiliki potensi bahaya dengan mengalikan nilai peluang terjadinya kecelakaan dan tingkat keparahan dari kecelakaan tersebut. Sehingga didapatkan hasil skor yang menentukan tingkat bahaya tersebut berdasarkan hasil akhir dari perhitungan tersebut.

TABEL VII
PENENTUAN LIKELIHOOD

Sumber Bahaya	Resiko	L	Keterangan
Retakan Pada Dinding Furnace	Ledakan	2	Muncul hanya dalam keadaan tertentu
Temperature panas sekitar dinding Furnace	Dehidrasi	3	Seharusnya muncul pada kebanyakan situasi
Proses Pembakaran Batu Bara	Tuli	4	Muncul pada kebanyakan situasi
Kebocoran Pipa Pengisian BBM	Terpleset	3	Seharusnya muncul pada kebanyakan situasi
Pantulan Cahaya Panas	Kebakaran	1	Muncul hanya dalam keadaan tertentu
Kebocoran Pipa Udara Burner	Luka Bakar	2	Dapat muncul pada saat suatu waktu
Kebocoran Pipa Bahan Bakar Burner	Terpleset	4	Muncul pada kebanyakan situasi
Pembakaran Bahan Bakar Boiler	Kebakaran	1	Muncul hanya dalam keadaan tertentu
Abu padat yang menempel pada tube exchanger	Ledakan	4	Muncul pada kebanyakan situasi
Korosi pada Pipa	Luka Bakar	1	Muncul hanya dalam keadaan tertentu
Temperature panas sekitar Superheater	Dehidrasi	3	Seharusnya muncul pada kebanyakan situasi
Retakan pada Pipa	Luka Bakar	1	Jarang Terjadi, Kurang perhatian

Lonjakan Arus Listrik	Kebakaran	2	Dapat muncul pada saat suatu waktu
Kabel terkelupas	Kematian	2	Dapat muncul pada saat suatu waktu
Proses Pengoperasian Mesin Genset	Tuli	4	Muncul pada kebanyakan situasi
Belt Conveyor Yang Aus	Ledakan	1	Muncul hanya dalam keadaan tertentu
Penumpukan Debu Batu Bara	Kebakaran	3	Seharusnya muncul pada kebanyakan situasi
Pengoperasian Mesin Fan	Tuli	4	Muncul pada kebanyakan situasi
Korosi pada Pipa Emisi Gas	Luka Bakar	1	Muncul hanya dalam keadaan tertentu
Putaran Fan pada saat beroperasi	Cidera	4	Muncul pada kebanyakan situasi

Putaran Fan pada saat beroperasi	Cidera	2	Menimbulkan cedera ringan, kerugian kecil
----------------------------------	--------	---	-------------------------------------------

Setelah dilakukannya penentuan nilai *likelihood* dan nilai *consequences* maka dapat dilakukan perhitungan tingkat bahaya dari proses pengoperasian mesin *boiler*. tingkat bahaya dapat diketahui dengan mengkalikan nilai *likelihood* dengan nilai *consequences*.

TABEL VIII

PENENTUAN CONSEQUENCES

Sumber Bahaya	Resiko	C	Keterangan
Retakan Pada Dinding Furnace	Ledakan	5	Mengakibatkan korban meninggal dan kerugian parah
Temperature panas sekitar dinding Furnace	Dehidrasi	1	Tidak menimbulkan kerugian atau cedera pada manusia
Proses Pembakaran Batu Bara	Tuli	1	Tidak menimbulkan kerugian atau cedera pada manusia
Kebocoran Pipa Pengisian BBM	Terpleset	2	Menimbulkan cedera ringan, kerugian kecil
Pantulan Cahaya Panas	Kebakaran	4	Menimbulkan cedera parah dan cacat tetap dan kerugian besar
Kebocoran Pipa Udara Burner	Luka Bakar	3	Cidera berat dan dirawat dirumah sakit
Kebocoran Pipa Bahan Bakar Burner	Terpleset	2	Menimbulkan cedera ringan, kerugian kecil
Pembakaran Bahan Bakar Boiler	Kebakaran	4	Menimbulkan cedera parah dan cacat tetap dan kerugian besar
Abu padat yang menempel pada tube exchanger	Ledakan	5	Mengakibatkan korban meninggal dan kerugian parah
Korosi pada Pipa	Luka Bakar	3	Cidera berat dan dirawat dirumah sakit
Temperature panas sekitar Superheater	Dehidrasi	1	Tidak menimbulkan kerugian atau cedera pada manusia
Retakan pada Pipa	Luka Bakar	3	Cidera berat dan dirawat dirumah sakit
Lonjakan Arus Listrik	Kebakaran	5	Mengakibatkan korban meninggal dan kerugian parah
Kabel terkelupas	Kematian	5	Mengakibatkan korban meninggal dan kerugian parah
Proses Pengoperasian Mesin Genset	Tuli	1	Tidak menimbulkan kerugian atau cedera pada manusia
Belt Conveyor Yang Aus	Ledakan	5	Mengakibatkan korban meninggal dan kerugian parah
Penumpukan Debu Batu Bara	Kebakaran	5	Menimbulkan cedera parah dan cacat tetap dan kerugian besar
Pengoperasian Mesin Fan	Tuli	1	Tidak menimbulkan kerugian atau cedera pada manusia
Korosi pada Pipa Emisi Gas	Luka Bakar	3	Cidera berat dan dirawat dirumah sakit

TABEL IX
HASIL PERHITUNGAN SKALA BAHAYA

Proses	Potensi Hazard	Risiko	Frekuensi	L	C	S	Risk Level
Pengoperasi Furnace	Tekanan Tinggi	Ledakan	1	2	5	10	Extreme
	Udara Panas	Dehidrasi	5	3	1	3	Low
	Kebisingan	Tuli	8	4	1	4	Medium
Pengisian BBM (Solar)	Ceceran Minyak	Terpleset	6	3	2	6	Medium
	Percikan Api	Kebakaran	1	1	4	4	High
Pengoperasian Burner	Kebocoran Uap Panas	Luka Bakar	2	2	3	6	Medium
	Ceceran Minyak	Terpleset	7	4	2	8	High
	Percikan Api	Kebakaran	1	1	4	4	High
Pengoperasian Soot Blower	Pengendapan Abu	Ledakan	6	4	5	20	Extreme
	Kebocoran Uap Panas	Luka Bakar	1	1	3	3	Medium
Pengoperasian Superheater	Udara Panas	Dehidrasi	8	3	1	3	Low
	Kebocoran Uap Panas	Luka Bakar	1	1	3	3	Medium
Pengoperasian Genset Boiler	Korstleting	Kebakaran	2	2	5	10	Extreme
	Tersengat Listrik	Kematian	2	2	5	10	Extreme
	Kebisingan	Tuli	10	4	1	4	Medium
Conveyor Batu Bara	Slip	Ledakan	1	1	5	5	High
	Percikan Api	Kebakaran	5	3	5	15	Extreme
Force Draft Fan	Kebisingan	Tuli	7	4	1	4	Medium
	Kebocoran Uap	Luka Bakar	1	1	3	3	Medium
	Terjepit	Cidera	7	4	2	8	High

Setelah hasil nilai tingkat bahaya pada pengoperasian mesin *boiler* maka tahap selanjutnya yaitu melakukan perangkaan dengan mengurutkan tingkat bahaya tertinggi hingga terendah untuk mengetahui proses pengoperasian mesin *boiler* yang akan diprioritaskan untuk dilakukan rekomendasi perbaikan dan pengendalian bahaya

TABEL X
HASIL PERHITUNGAN SKALA BAHAYA

Proses	Potensi Hazard	Risiko	Frekuensi	L	C	S	Risk Level
Pengoperasian Soot Blower	Pengendapan Abu	Ledakan	6	4	5	20	Extreme
Conveyor Batu Bara	Percikan Api	Kebakaran	5	3	5	15	Extreme

Pengoperasi Furnace	Tekanan Tinggi	Ledakan	1	2	5	10	Extreme
Pengoperasian Genset Boiler	Korstleting	Kebakaran	2	2	5	10	Extreme
Pengoperasian Genset Boiler	Tersengat Listrik	Kematian	2	2	5	10	Extreme
Pengoperasian Burner	Ceceran Minyak	Terpleset	7	4	2	8	High
Force Draft Fan	Terjepit	Cidera	7	4	2	8	High
Conveyor Batu Bara	Slip	Ledakan	1	1	5	5	High
Pengisian BBM (Solar)	Percikan Api	Kebakaran	1	1	4	4	High
Pengoperasian Burner	Percikan Api	Kebakaran	1	1	4	4	High
Pengisian BBM (Solar)	Ceceran Minyak	Terpleset	6	3	2	6	Medium
Pengoperasian Burner	Kebocoran Uap Panas	Luka Bakar	2	2	3	6	Medium
Pengoperasian Genset Boiler	Kebisingan	Tuli	10	4	1	4	Medium
Force Draft Fan	Kebisingan	Tuli	7	4	1	4	Medium
Pengoperasi Furnace	Kebisingan	Tuli	8	4	1	4	Medium
Pengoperasian Soot Blower	Kebocoran Uap Panas	Luka Bakar	1	1	3	3	Medium
Pengoperasian Superheater	Kebocoran Uap Panas	Luka Bakar	1	1	3	3	Medium
Force Draft Fan	Kebocoran Uap	Luka Bakar	1	1	3	3	Medium
Pengoperasi Furnace	Udara Panas	Dehidrasi	5	3	1	3	Low
Pengoperasian Superheater	Udara Panas	Dehidrasi	8	3	1	3	Low

2. Hazard and Operability Study (HAZOP)

Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan dengan metode OHS Risk Assessment untuk menentukan pengoperasian mesin boiler yang memiliki tingkat bahaya tertinggi dan harus segera dilakukan perbaikan dan pengendalian. Maka tahap selanjutnya yaitu melakukan rekomendasi perbaikan dan pengendalian berdasarkan analisa dengan menggunakan metode HAZOP dimana hasil analisa tersebut yaitu penentuan proses dan sumber bahaya, pencatatan frekuensi incident kecelakaan, pencatatan potensi Hazard dan risiko, penentuan guideword, penentuan dan pencatatan penyimpangan, penentuan penyebab kecelakaan, penentuan rekomendasi perbaikan dan pengendalian.

TABEL XI
PENENTUAN PROSES DAN SUMBER BAHAYA

Proses	Sumber Bahaya
Pengoperasian Soot Blower	Abu padat yang menempel pada tube exchanger
Conveyor Batu Bara	Penumpukan Debu Batu Bara
Pengoperasi Furnace	Retakan Pada Dinding Furnace
Pengoperasian Genset Boiler	Lonjakan Arus Listrik
Pengoperasian Genset Boiler	Kabel terkelupas

TABEL XII
FREKUENSI TERJADINYA KECELAKAAN

Proses	Sumber Bahaya	Frekuensi
Pengoperasian Soot Blower	Abu padat yang menempel pada tube exchanger	6
Conveyor Batu Bara	Penumpukan Debu Batu Bara	5
Pengoperasian Furnace	Retakan Pada Dinding Furnace	1

Pengoperasian Genset Boiler	Lonjakan Arus Listrik	2
Pengoperasian Genset Boiler	Kabel terkelupas	2

TABEL XIII
POTENSI HAZARD DAN RISIKO KECELAKAAN

Proses	Sumber Bahaya	Potensi Hazard	Risiko
Pengoperasian Soot Blower	Abu padat yang menempel pada tube exchanger	Pengendapan Abu	Ledakan
Conveyor Batu Bara	Penumpukan Debu Batu Bara	Percikan Api	Kebakaran
Pengoperasi Furnace	Retakan Pada Dinding Furnace	Tekanan Tinggi	Ledakan
Pengoperasian Genset Boiler	Lonjakan Arus Listrik	Korstleting	Kebakaran
Pengoperasian Genset Boiler	Kabel terkelupas	Tersengat Listrik	Kematian

TABEL XIV
PENENTUAN GUIDEWORD

Proses	Sumber Bahaya	Guideword	Keterangan
Pengoperasian Soot Blower	Abu padat yang menempel pada tube exchanger	None	Tidak adanya aliran saat perpindahan gas emisi
Conveyor Batu Bara	Penumpukan Debu Batu Bara	Other Than	Adanya debu batu bara pada roller
Pengoperasi Furnace	Retakan Pada Dinding Furnace	More	Peningkatan suhu selama pengoperasian
Pengoperasian Genset Boiler	Lonjakan Arus Listrik	More	Kelebihan beban daya saat pengoperasian
Pengoperasian Genset Boiler	Kabel terkelupas	As Well As	Kabel penghubung generator dengan genset terbuka

TABEL XV
PENYIMPANGAN PENGOPERASIAN MESIN BOILER

Proses	Sumber Bahaya	Guideword	Penyimpangan (Deviation)
Pengoperasian Soot Blower	Abu padat yang menempel pada tube exchanger	None	Tidak adanya perawatan dan inspeksi pada tube exchanger
Conveyor Batu Bara	Penumpukan Debu Batu Bara	Other Than	Tidak ada perlakuan pembersihan pada conveyor
Pengoperasi Furnace	Retakan Pada Dinding Furnace	More	Pengoperasian yang dilakukan tanpa jeda hingga suhu melebihi batas suhu standar operasi
Pengoperasian Genset Boiler	Lonjakan Arus Listrik	More	Beban arus listrik yang dialirkan melebihi kapasitas
Pengoperasian Genset Boiler	Kabel terkelupas	As Well As	Tata letak kabel tidak pada tempatnya

TABEL XVI
PENYEBAB KECELAKAAN

Sumber Bahaya	Guideword	Penyimpangan (Deviation)	Penyebab (Cause)
Abu Padat yang Menempel pada Tube Exchanger	None	Tidak adanya perawatan dan inspeksi pada tube exchanger	Instruksi perawatan dan inspeksi tidak diterapkan
Penumpukan Debu Batu Bara	Other Than	Tidak ada perlakuan pembersihan pada conveyor	Penjadwalan pembersihan conveyor tidak diberlakukan
Retakan Pada Dinding Furnace	More	Pengoperasian yang dilakukan tanpa jeda hingga suhu melebihi batas suhu standar operasi	Pengawasan pengoperasian tidak diatur dalam SOP
Lonjakan Arus Listrik	More	Beban arus listrik yang dialirkan melebihi kapasitas	Prosedur pengoperasian tidak dibuat dalam SOP

Kabel terkelupas	As Well As	Tata letak kabel tidak pada tempatnya	Ruangan tidak cukup untuk menempatkan kabel
------------------	------------	---------------------------------------	---------------------------------------------

Dari tabel-tabel diatas dapat diketahui bahwa proses pengoperasian mesin *boiler* yang memiliki tingkat bahaya tertinggi mempunyai faktor-faktor bahaya yang dapat menyebabkan kecelakaan dan kerugian yang cukup besar bagi perusahaan sehingga harus segera dilakukan tindakan perbaikan dan pengendalian yang cukup efektif untuk mengurangi tingkat bahaya dari proses pengoperasian mesin *boiler*.

Tindakan yang dilakukan untuk dilakukannya rekomendasi perbaikan pada proses pengoperasian mesin *boiler* dengan menggunakan metode 5 hierarki pengendalian yaitu eliminasi, substitusi, rekayasa *engineering*, pengendalian administrasi, dan penggunaan APD (Alat Pelindung Diri). Tetapi pada penelitian ini pengendalian hanya dilakukan dengan melakukan rekayasa *engineering*, pengendalian administrasi, dan penggunaan APD (Alat Pelindung Diri). Hal ini dikarenakan apabila dilakukan tahap eliminasi yaitu menghilangkan sumber bahaya pada pengoperasian *boiler* sangat tidak memungkinkan karena setiap pengoperasian mesin *boiler* selalu berinteraksi dengan sumber bahaya yang ada. Sedangkan apabila dilakukan tahap substitusi dengan mengganti alat atau komponen pada mesin *boiler* yang terdapat sumber bahaya juga dirasa sangat tidak memungkinkan karena alat dan komponen yang ada pada mesin *boiler* merupakan *part* yang saling terhubung dan apabila diganti dengan komponen yang lain maka mesin *boiler* tidak akan berfungsi secara optimal.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang dilakukan pada pengoperasian mesin *boiler* terdapat 8 proses pengoperasian yang memiliki potensi *Hazard* dan risiko yang berbeda-beda sehingga dapat dikategorikan berdasarkan tingkat bahayanya yaitu terdapat 5 bahaya dengan tingkat bahaya *extreme*, 5 bahaya dengan tingkat bahaya *high*, 8 bahaya dengan tingkat bahaya *medium*, dan 2 bahaya dengan tingkat bahaya *low*.

Rekomendasi perbaikan dan pengendalian yang dilakukan pada pengoperasian mesin *boiler* yang memiliki tingkat bahaya tertinggi dapat dikendalikan dengan cukup efektif. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan rekomendasi perbaikan dan pengendalian dilakukan dengan tujuan untuk mengurangi tingkat peluang terjadinya kecelakaan dan tingkat keparahan dari kecelakaan tersebut.

REFERENCES

- [1] Abbas, Hammada., dkk. (2019). *Analisa Pembangkit Tenaga Listrik Dengan Tenaga Uap Di PLTU*. Jurnal ILTEK. Vol. 14 (1). Hlm 2024-2028.
- [2] Anwar, Choirul dkk. (2019). *Analisis Kesehatan Dan Keselamatan Kerja (K3) Dengan Metode Hazard And Operability Study (HAZOP)*. Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics. Vol. 4 (2). Hlm 61-70.
- [3] Badrun, Ahmad., & Katharina Oginawati. (2019). *Analisis Risiko Dengan Metode Hazard And Operability Study (Hazops) Dalam*

Penentuan Safety Integrity Level (Sil) Berbasis Risk Graph Dan Quantitative Method Pada Unit Boiler PT X. Jurnal Teknik Lingkungan. Vol. 25 (2). Hlm 53-66.

- [4] Busyairi, Muhammad., dkk. (2017). *Identifikasi Potensi Bahaya Kerja Dan Pengukuran Fisik Bangunan Kerja Di Laboratorium PLTU Embalut*. Jurnal IENACO. Vol. 1 (1). Hlm 1-13.
- [5] Darmawi, Herman. (2010). *Manajemen Risiko*. Jakarta: Bumi Aksara.
- [6] Djati, Ismoyo. (2012). *Bagaimana Mencapai Zero Accident di Perusahaan*. Jakarta: UI Press.
- [7] Ervianto, Randy., dkk. (2020). *Analisis Risiko Kesehatan Dan Keselamatan Kerja Pada PG. Pesantren Baru Menggunakan Metode HAZOP*. Jurnal IMTIUK. Vol. 2 (1). Hlm 11-21.
- [8] Ghaisani, H. (2014). *Kesehatan Kerja di perusahaan*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- [9] Haslindah, Andi., dkk. (2019). *Analisis Risiko Bahaya Produksi Berdasarkan Faktor Lingkungan Kerja Menggunakan Metode Hazard And Operability (HAZOP)*. Jurnal: ILTEK. Vol. 14 (1). Hlm 2016-2019.
- [10] Hasnah, Nur., dkk. (2018). *Studi Penilaian Risiko Keselamatan Kerja di Bagian Boiler PT. Indonesia Power UPJP Bali Sub Unit PLTU Barru*. Jurnal: HIGIENE. Vol. 4 (2). Hlm 82-92.
- [11] Healey, B.J, dan Walker K.T. (2011). *Introduction to Occupational Health in Puclic Health Practice*. San Fransisco: Jossey-Bass.
- [12] ILO (International Labour Organization). (1998). *Statistics of Occupational Injuries*. Geneva: International Labour Office Geneva.
- [13] Juliana, Anda Ivana. (2013). *Implementasi Metode Hazops dalam Proses Identifikasi Bahaya dan Analisa Risiko Pada Feedwater System di Unit Pembangkitan Paiton PT. PJB*. Surabaya: Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
- [14] Khamid, Abdul., dkk. (2019). *Analisa Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Terhadap Kecelakaan Kerja Serta Lingkungan dengan Menggunakan Metode Hazard and Operability Study (HAZOP) pada Proses Scrapping Kapal di Bangkalan Madura*. Jurnal Teknik ITS. Vol. 7 (2). Hlm 138-143.
- [15] Munawir, A. (2010). *HAZOP, HAZID, VS JSA*. Migas Indonesia.
- [16] R.A, Akbar Rahma., & Achmad Hasanudin. (2019). *Penilaian Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Di Sentra Industri Gamelan Menggunakan Metode HAZOP dan Wise*. Jurnal K3L2. Vol. 5 (2). Hlm 152-167.
- [17] Raharjo, W. D dan Karnowo. (2010). *Mesin Konversi Energi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang Press.
- [18] Ramli, S. (2010). *Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja OHSAS 18001*. Jakarta: PT. Dian Rakyat
- [19] Ridley, John. (2013). *Kesehatan dan Keselamatan Kerja, Edisi Ketiga*. Jakarta: Erlangga
- [20] Riyanto, (2018). *Pedoman Praktis Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan (K3L) Industri Kontruksi*. Jakarta: Mitra Wacana Medika.
- [21] Salami, dkk, I.R.S., (2016). *Kesehatan dan Keselamatan Lingkungan Kerja*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [22] Soehatman, Ramli. (2010). *Pedoman Praktis MANAJEMEN RISIKO dalam Perspektif K3 OHS Risk Management*. Jakarta : PT. Dian Rakyat.
- [23] Suma'mur, (2011). *Keselamatan Kerja Dan Pencegahan Kecelakaan*. Jakarta: CV Haji Masagung
- [24] Supriyadi., & Fauzi Ramdan. (2017). *Identifikasi Bahaya Dan Penilaian Risiko Pada Divisi Boiler Menggunakan Metode Hazard Identification Risk Assesment And Risk Control (HIRARC)*. Jurnal: JIHOH. Vol. 1 (2). Hlm 161-17
- [25] Tarwaka, (2010). *Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Surakarta: Harapan Press.
- [26] Team Informasi., (2017). *Sepuluh Konsep K3. UPBJ Pelaksana Penyebarluasan Informasi Hukum dan K3*. Jakarta.
- [27] OHSAS 18001:2007. *Occupational Health and Safety Management System- Requirements*.
- [28] Wibowo. A.D. (2016). *Manajemen Risiko Keselamatan dan Kesehatan Kerja Dengan Metode Hazard Identification Risk Assesment dan Risk Control (HIRARC) dalam Upaya Mencapai Zero Accident*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [29] Winarsunu, T. (2011). *Psikologi Keselamatan Kerja*. Malang: UMM Press.