



Analisis Risiko Keselamatan Kerja pada Unit Boiler dan Steam Menggunakan Metode HIRADC di Industri Farmasi

Ronny Kurniawan¹, Alifah Nurfauziyyah², Nayla Rachma Mutia³, Riny Yolanda Parapat⁴

^{1,2,3,4} Teknik Kimia, Institut Teknologi Nasional Bandung

nayla.rachma@mhs.itenas.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada unit Boiler dan Steam di salah satu industri farmasi menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC). Penelitian dilakukan dengan pendekatan deskriptif melalui observasi lapangan, wawancara dengan pihak terkait, serta studi dokumen perusahaan. Sebanyak 22 aktivitas kerja berhasil diidentifikasi dan dianalisis untuk menentukan potensi bahaya, tingkat risiko, dan tindakan pengendalian yang diterapkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat berbagai potensi bahaya pada aktivitas operasional unit Boiler dan Steam yang meliputi bahaya fisik, kimia, mekanik, listrik, ergonomi, lingkungan, dan psikologis. Bahaya fisik menjadi kategori yang paling dominan karena berkaitan dengan paparan temperatur tinggi, sistem bertekanan, dan kebisingan selama operasional boiler. Hasil penilaian risiko menunjukkan bahwa sebagian besar aktivitas berada pada kategori risiko sedang hingga tinggi (*Moderate* dan *High Risk*), sedangkan aktivitas *unloading* bahan bakar memiliki tingkat risiko tertinggi (*Extreme Risk*) karena berpotensi menimbulkan kebakaran yang dapat menyebabkan cedera serius dan kerugian material. Upaya pengendalian risiko yang diterapkan meliputi pengendalian teknis, administratif, dan penggunaan alat pelindung diri (APD). Pengendalian tersebut antara lain berupa pemasangan *safety valve*, *alarm*, penerapan prosedur operasi standar (SOP), sistem izin kerja (*permit to work*), prosedur *Lock Out Tag Out* (LOTO), serta penggunaan APD sesuai dengan potensi bahaya yang dihadapi pekerja. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode HIRADC efektif digunakan untuk mengidentifikasi bahaya secara sistematis, menilai tingkat risiko, serta menentukan tindakan pengendalian yang sesuai guna mendukung penerapan K3 pada unit Boiler dan Steam di industri farmasi.

Kata Kunci: HIRADC, Keselamatan Dan Kesehatan Kerja, Boiler, Steam, Penilaian Risiko, Industri Farmasi.

1. Pendahuluan

Perusahaan merupakan segala bentuk usaha yang bersifat permanen dan berkelanjutan yang didirikan, dijalankan, serta berdomisili di wilayah Republik Indonesia dengan tujuan memperoleh keuntungan dan/atau manfaat (UU Nomor 3 Tahun, 1982). Dalam perkembangannya, perusahaan menghadapi berbagai tantangan yang semakin kompleks sehingga dituntut tidak hanya menghasilkan kinerja karyawan yang optimal, tetapi juga memastikan penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) yang baik agar kegiatan operasional tetap aman dan berkelanjutan (Najmaei & Kermani, 2011). Hal ini tidak terlepas dari peran Sumber Daya Manusia (SDM) sebagai faktor utama dalam proses produksi yang perlu dilindungi melalui sistem keselamatan kerja yang memadai (Chockalingam et al., 2017). SDM sendiri merupakan komponen penting dalam perusahaan karena kinerja karyawan akan optimal apabila kebutuhan kerja dan lingkungan kerja terpenuhi dengan baik. K3 menjadi aspek penting dalam industri yang bertujuan melindungi tenaga kerja dari risiko kecelakaan kerja maupun penyakit akibat kerja, sekaligus meningkatkan produktivitas dan menciptakan lingkungan kerja yang aman (Ainiyah, 2025). Selain itu, penerapan K3 yang baik dapat meminimalkan kerugian perusahaan akibat kecelakaan kerja, kerusakan peralatan, serta gangguan proses operasional (Ameiliawati, n.d.). Oleh karena itu, penerapan K3 perlu dilakukan secara menyeluruh di seluruh sektor industri, terutama pada industri skala besar.

Industri farmasi merupakan salah satu sektor yang bergerak dalam bidang produksi obat-obatan dan pelayanan kesehatan dengan standar mutu yang tinggi. Untuk menjamin kualitas produk yang dihasilkan, industri farmasi didukung oleh berbagai sistem utilitas yang berperan penting dalam menunjang proses produksi. Salah satu utilitas yang banyak digunakan adalah unit Boiler dan Steam yang berfungsi menghasilkan uap (*steam*) untuk berbagai kebutuhan operasional, seperti proses pemanasan, pencucian peralatan produksi, serta kebutuhan utilitas lainnya. Dalam operasionalnya, unit Boiler dan Steam memiliki berbagai potensi bahaya yang dapat mengancam keselamatan pekerja maupun keandalan peralatan. Sistem boiler bekerja pada kondisi temperatur dan tekanan yang tinggi sehingga berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja apabila tidak dikelola dengan baik. Potensi bahaya yang

dapat terjadi antara lain paparan panas dan uap bertekanan, kebocoran sistem, kebakaran, paparan bahan kimia pada proses *water treatment*, serta risiko yang muncul selama kegiatan inspeksi dan pemeliharaan peralatan. Oleh karena itu, pengelolaan aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada unit boiler menjadi hal yang sangat penting untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja.

Berdasarkan data *International Labour Organization* (ILO), kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja masih menjadi permasalahan yang signifikan di berbagai sektor industri, termasuk industri kecil dan menengah (International Labour Organization, 2014.). Kondisi tersebut umumnya dipengaruhi oleh masih rendahnya penerapan keselamatan kerja, kurangnya penggunaan alat pelindung diri, serta rendahnya kesadaran pekerja terhadap pentingnya K3 yang menjadi faktor utama tingginya angka kecelakaan kerja (Syuhada et al., 2025). Selain itu, Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2012 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja menegaskan bahwa setiap perusahaan wajib menerapkan sistem K3 untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman, efisien, dan produktif ((Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012). Oleh karena itu, identifikasi bahaya serta pengendalian risiko perlu dilakukan secara berkelanjutan guna menekan potensi terjadinya kecelakaan kerja di lingkungan industri.

Salah satu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bahaya dan menilai risiko kerja adalah *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC). Metode ini digunakan untuk mengenali potensi bahaya di tempat kerja, melakukan penilaian tingkat risiko, serta menentukan tindakan pengendalian yang (Yuri Prastowo et al., 2024). HIRADC terdiri dari tiga tahapan utama yaitu identifikasi bahaya, penilaian risiko berdasarkan tingkat kemungkinan dan dampak, serta penentuan pengendalian risiko dengan mengacu pada hirarki pengendalian yang meliputi eliminasi, substitusi, rekayasa teknik, pengendalian administratif, dan penggunaan alat pelindung diri (Ramadani & Pulansari, 2025). Metode ini banyak digunakan di berbagai sektor industri karena dapat membantu perusahaan dalam mengidentifikasi potensi bahaya secara sistematis dan menentukan prioritas pengendalian sehingga risiko kecelakaan kerja dapat diminimalkan (Tewari & Paiva, 2022).

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode HIRADC efektif digunakan untuk mengidentifikasi bahaya, menilai risiko, dan menentukan pengendalian risiko di berbagai sektor industri. Penelitian oleh (Mawardani, A. dan Herbawani., 2022) menunjukkan bahwa penerapan HIRADC di tempat kerja didominasi oleh bahaya fisik seperti terjatuh, terjepit, dan tertimpa alat kerja, dengan tingkat risiko yang umumnya berada pada kategori rendah hingga sedang serta pengendalian yang paling banyak digunakan berupa pengendalian administratif dan penggunaan APD. Nurraudah & Yuamita, (2023) yang mengidentifikasi bahwa aktivitas kerja manual seperti pemotongan, penggunaan mesin, dan proses produksi memiliki potensi kecelakaan kerja seperti tergores, tersayat, dan terjepit sehingga memerlukan pengendalian berdasarkan hirarki risiko. Selain itu, beberapa penelitian lain juga menunjukkan bahwa aktivitas kerja yang melibatkan penggunaan mesin dan interaksi langsung dengan peralatan produksi merupakan sumber utama bahaya kerja yang dapat diminimalkan melalui penerapan HIRADC secara sistematis (Muhamad Ilham & Maharani Suyono, n.d.)

Meskipun kajian K3 di industri farmasi telah berkembang, penelitian yang berfokus pada identifikasi potensi bahaya kerja di area pendukung proses produksi seperti boiler masih terbatas. Sebagian besar studi sebelumnya lebih menitikberatkan pada area produksi utama, sehingga aspek keselamatan kerja pada sistem utilitas yang memiliki risiko tinggi belum banyak dibahas secara mendalam (Damayanti & Alifin, 2024). Oleh karena itu, diperlukan kajian lebih lanjut mengenai potensi bahaya kerja di area boiler. Berdasarkan research gap yang telah diidentifikasi, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji potensi bahaya kerja serta risiko kecelakaan kerja pada area boiler di industri farmasi, khususnya di salah satu plant produksi di Jawa Barat. Penelitian ini juga bertujuan untuk menilai tingkat risiko serta menentukan upaya pengendalian risiko yang sesuai menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih spesifik mengenai aspek keselamatan kerja pada area utilitas boiler yang memiliki karakteristik risiko tinggi dalam industri farmasi. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi bagi perusahaan dalam meningkatkan penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan analisis risiko pada area utilitas di industri farmasi..

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di unit Boiler dan Steam Industri Farmasi sebagai bagian dari kegiatan kunjungan industri. Unit boiler dipilih karena merupakan salah satu utilitas utama yang berfungsi menghasilkan steam untuk mendukung berbagai aktivitas produksi, seperti pemanasan produk, pencucian peralatan, serta pengkondisian suhu dan kelembaban ruangan produksi. Pengambilan data dilakukan melalui observasi lapangan, wawancara dengan Kepala Divisi K3 internal, dan Supervisor boiler.

2.2 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan studi kasus. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi aktual penerapan keselamatan dan kesehatan kerja pada unit Boiler dan Steam berdasarkan hasil observasi, wawancara, dan dokumen perusahaan. Studi kasus dipilih karena penelitian

difokuskan pada satu unit utilitas tertentu sehingga memungkinkan dilakukan analisis secara lebih mendalam terhadap potensi bahaya, risiko, dan pengendalian yang diterapkan.

2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui kegiatan kunjungan industri secara langsung ke unit Boiler dan Steam. Data diperoleh melalui pengamatan terhadap kondisi area kerja, fasilitas utilitas, serta aktivitas operasional yang berlangsung pada unit boiler. Selain itu, dilakukan wawancara dengan Kepala Divisi K3 Internal, Supervisor boiler, dan Operator unit boiler dan steam untuk memperoleh informasi mengenai fungsi boiler dalam proses produksi, aktivitas kerja yang dilakukan pada unit boiler, potensi bahaya yang terdapat di area kerja, risiko yang mungkin terjadi selama operasional, serta upaya pengendalian yang diterapkan perusahaan.

2.4 Metode Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC)

Analisis Metode Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC) merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat risiko, serta menentukan tindakan pengendalian yang diperlukan guna meminimalkan potensi kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja. Metode ini banyak digunakan dalam penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) karena mampu memberikan pendekatan yang sistematis dalam pengelolaan risiko di lingkungan kerja.

Menurut OHSAS 18001:2007, HIRADC terdiri atas tiga tahapan utama yaitu identifikasi bahaya (*hazard identification*), penilaian risiko (*risk assessment*), dan penentuan pengendalian (*determining control*). Pada penelitian ini, metode HIRADC digunakan untuk menganalisis potensi bahaya dan risiko pada unit Boiler dan Steam berdasarkan hasil observasi lapangan dan wawancara dengan pihak perusahaan.

2.4.1 Hazard Identification

Hazard identification merupakan tahap awal dalam metode HIRADC yang bertujuan untuk mengidentifikasi seluruh sumber bahaya yang berpotensi menimbulkan cedera, kerusakan peralatan, gangguan proses, maupun dampak terhadap lingkungan kerja. Identifikasi bahaya dilakukan pada setiap aktivitas yang terdapat di unit Boiler dan Steam. Potensi bahaya yang diidentifikasi dalam penelitian ini meliputi:

- Physical Hazard* (bahaya fisik), seperti kebisingan, panas, uap panas (*steam*), dan tekanan tinggi.
- Chemical Hazard* (bahaya kimia), seperti paparan bahan kimia pengolahan air boiler dan bahan bakar.
- Mechanical Hazard* (bahaya mekanik), seperti peralatan bergerak, pompa, *valve*, dan peralatan berputar lainnya.
- Electrical Hazard* (bahaya listrik), yang berasal dari panel listrik dan sistem kelistrikan peralatan.
- Ergonomic Hazard* (bahaya ergonomi), seperti postur kerja yang tidak sesuai, aktivitas pengangkatan manual, dan pekerjaan berulang.
- Environmental Hazard* (bahaya lingkungan), seperti lantai licin akibat tumpahan air atau bahan bakar serta pencemaran lingkungan.
- Psychological Hazard* (bahaya psikologis), seperti kelelahan kerja dan tekanan kerja yang dapat memengaruhi konsentrasi pekerja.

2.4.2 Risk Assessment

Risk Assessment dilakukan untuk menentukan tingkat risiko dari setiap *hazard* yang telah diidentifikasi dengan menggunakan parameter *Likelihood* (L) dan *Severity* (S). Nilai risiko dihitung menggunakan persamaan:

$$R = L \times S$$

Penentuan nilai *likelihood* (L) dilakukan berdasarkan kemungkinan terjadinya *hazard* selama proses kerja, frekuensi paparan, serta hasil observasi terhadap kondisi aktual di lapangan. Sementara itu, nilai *severity* (S) ditentukan berdasarkan tingkat dampak yang ditimbulkan terhadap keselamatan pekerja, kerusakan peralatan, gangguan proses produksi, maupun dampak terhadap lingkungan kerja. Hasil penilaian risiko digunakan untuk menentukan prioritas pengendalian terhadap *hazard* yang memiliki tingkat risiko tertinggi.

Tabel

Tabel Level	Level Uraian	Uraian	Kemungkinan
1	Jarang terjadi	Dapat terjadi tetapi tidak hanya dalam keadaan extrem	Kurang dari sekali dalam 10 tahun
2	Kecil Kemungkinan	Belum terjadi tetapi dapat terjadi pada suatu waktu	Paling sedikit sekali dalam 10 tahun
3	Dapat Terjadi	Dapat terjadi sekali-sekali	Paling sedikit 10 kali dalam 5 tahun
4	Besar Kemungkinan	Kemungkinan terjadi sering	Paling sedikit 1 kali dalam setahun
5	Hampir Pasti	Dapat terjadi setiap saat	Lebih dari 1 kali dalam setahun

1. Tabel kriteriai Likelihood

Tabel 2. Tabel Kriteria Cosequences

Level	Level Uraian	Uraian
1	Jarang terjadi	Tidak terjadi cedera, peralatan rusak kecil kecil
2	Kecil Kemungkinan	Cedera ringan, peralatan rusak sedang
3	Dapat Terjadi	Menyebabkan cedera yang memerlukan perawatan medis ke rumah sakit, peralatan rusak sedang
4	Besar Kemungkinan	Menyebabkan cidera yang menyebabkan cacat anggota tubuh permanens, peralatan rusak berat
5	Hampir Pasti	Menyebabkan kematian, kerugian sangat besar dan dampaknya sangat luas yang berdampak panjang, berhentinya seluruh kegiatan

Tabel 3. Tabel Risk Matriks

SKALA	CONSEQUENCES (KEPARAHAN)					KETERANGAN:
	1	2	3	4	5	
LIKELIHOOD (KEMUNGKINAN)	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5

1. ■ : Ekstrim
 2. ■ : Risiko Tinggi
 3. ■ : Risiko Sedang
 4. ■ : Risiko Rendah

Sumber: (Ameiliawati, n.d.)

2.4.3 Determining Control

Determining control merupakan tahap penentuan tindakan pengendalian untuk mengurangi atau menghilangkan risiko yang telah diidentifikasi. Pengendalian risiko dilakukan berdasarkan prinsip hierarki pengendalian (*hierarchy of controls*), yaitu eliminasi, substitusi, rekayasa teknik (*engineering control*), pengendalian administratif, dan penggunaan alat pelindung diri (APD). Pada unit Boiler dan Steam, pengendalian risiko yang diterapkan meliputi penggunaan *safety valve*, sistem alarm, sensor level air, sistem interlock, prosedur kerja (*standard operating procedure*), pelatihan pekerja, izin kerja khusus (*permit to work*), penerapan *Lock Out Tag Out* (LOTO), serta penggunaan alat pelindung diri sesuai dengan jenis pekerjaan yang dilakukan.

2.5 Teknik Analisis Data

Data hasil observasi dan wawancara dianalisis secara deskriptif. Analisis dilakukan dengan mengidentifikasi aktivitas kerja yang terdapat pada unit Boiler dan Steam, kemudian mengelompokkan potensi bahaya, dampak yang mungkin terjadi, tingkat risiko, serta pengendalian yang telah diterapkan perusahaan berdasarkan dokumen HIRADC. Hasil analisis selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel HIRADC dan dibahas untuk mengetahui aktivitas dengan tingkat risiko dominan serta efektivitas pengendalian risiko yang diterapkan pada unit Boiler dan Steam.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Gambaran Umum Perusahaan

Perusahaan yang menjadi objek pengamatan merupakan industri farmasi yang memproduksi berbagai sediaan farmasi untuk memenuhi kebutuhan sektor kesehatan. Dalam mendukung proses produksinya, perusahaan memanfaatkan berbagai sistem utilitas yang berperan dalam menjaga kelancaran operasional dan keberlangsungan proses produksi. Salah satu sistem utilitas yang diamati dalam kegiatan ini adalah unit Boiler dan Steam. Berdasarkan hasil wawancara dengan Supervisor unit boiler, unit boiler berfungsi menghasilkan steam yang digunakan untuk mendukung berbagai kebutuhan operasional di lingkungan industri farmasi. Steam dimanfaatkan pada beberapa kegiatan seperti proses pemanasan, pencucian peralatan produksi, serta kebutuhan utilitas lainnya yang memerlukan energi panas selama proses operasional berlangsung.

Unit Boiler dan Steam yang diamati terdiri atas beberapa boiler dengan kapasitas yang berbeda, yaitu sekitar 2 ton steam per jam, 3 ton steam per jam, dan 6 ton steam per jam. Penggunaan beberapa unit boiler dengan kapasitas berbeda bertujuan untuk menyesuaikan kebutuhan steam selama proses produksi berlangsung serta menjaga kontinuitas pasokan steam apabila salah satu unit mengalami gangguan atau sedang menjalani pemeliharaan. Selain menghasilkan steam, unit boiler juga didukung oleh beberapa sistem pendukung seperti pengolahan air umpan (*water treatment system*), sistem distribusi steam, sistem bahan bakar, dan sistem pengendalian operasi. Berdasarkan hasil wawancara, kualitas air umpan boiler dijaga melalui penambahan bahan kimia tertentu untuk mencegah terjadinya korosi dan pembentukan kerak pada peralatan boiler. Karena beroperasi pada kondisi temperatur dan tekanan yang tinggi, unit Boiler dan Steam memiliki berbagai potensi bahaya yang dapat menimbulkan risiko terhadap pekerja, peralatan, maupun lingkungan kerja. Oleh karena itu, diperlukan identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan penentuan tindakan pengendalian yang sesuai untuk memastikan operasional boiler dapat berlangsung secara aman dan andal.

3.2. Identifikasi Aktivitas Kerja

Identifikasi aktivitas kerja dilakukan berdasarkan hasil observasi lapangan dan wawancara dengan Supervisor boiler serta Kepala Divisi K3. Aktivitas kerja yang teridentifikasi merupakan kegiatan yang dilakukan selama operasional unit Boiler dan Steam, baik pada kegiatan operasional utama maupun kegiatan pendukung. Identifikasi aktivitas kerja dilakukan sebagai dasar dalam proses identifikasi bahaya dan penilaian risiko menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC). Berdasarkan hasil pengamatan, aktivitas kerja pada unit Boiler dan Steam meliputi pemeriksaan awal boiler sebelum dioperasikan, pengoperasian boiler untuk menghasilkan steam, pemantauan parameter operasi seperti tekanan boiler, level air boiler, temperatur steam, dan kualitas air boiler. Selain itu, dilakukan pula kegiatan pengolahan air umpan (*water treatment*) untuk menjaga kualitas air yang masuk ke dalam boiler.

Aktivitas lainnya meliputi pemindahan dan penanganan bahan kimia boiler, pelaksanaan *blowdown* secara berkala, distribusi steam ke area produksi, serta kegiatan inspeksi dan pemeliharaan peralatan. Pada kegiatan pemeliharaan diterapkan prosedur *Lock Out Tag Out* (LOTO) sebagai upaya pengendalian risiko akibat pelepasan energi yang tidak diinginkan. Selain aktivitas operasional rutin, terdapat pula aktivitas pendukung seperti pengelasan, pekerjaan pada ketinggian, pengoperasian forklift, penanganan bahan bakar, dan pengelolaan limbah teknis yang berpotensi menimbulkan risiko terhadap pekerja maupun lingkungan.

3.3 Identifikasi Bahaya

Identifikasi bahaya dilakukan berdasarkan hasil observasi lapangan, wawancara dengan Supervisor Boiler dan Kepala Divisi K3, serta dokumen HIRADC perusahaan. Identifikasi dilakukan terhadap seluruh aktivitas kerja yang terlibat dalam operasional unit Boiler dan Steam untuk mengetahui sumber bahaya yang berpotensi menimbulkan cedera, kerusakan peralatan, maupun dampak terhadap lingkungan. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa aktivitas pada unit Boiler dan Steam memiliki berbagai potensi bahaya yang termasuk ke dalam kategori *physical hazard, chemical hazard, mechanical hazard, electrical hazard, ergonomic hazard, psychological*

DOI: <https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.10175>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

hazard, dan *environmental hazard*. Bahaya fisik merupakan kategori yang paling dominan karena sebagian besar aktivitas melibatkan sistem bertekanan, temperatur tinggi, dan kebisingan yang dihasilkan selama operasional boiler berlangsung.

Selain bahaya fisik, terdapat pula bahaya kimia yang berasal dari penggunaan bahan kimia pada proses *water treatment* dan penanganan bahan bakar. Bahaya mekanik ditemukan pada aktivitas yang melibatkan peralatan bergerak, pompa, forklift, maupun sistem perpipaan bertekanan. Sementara itu, bahaya listrik ditemukan terutama pada kegiatan pemeliharaan peralatan yang melibatkan panel dan sistem kelistrikan. Bahaya lingkungan berasal dari potensi emisi gas buang, limbah teknis, dan tumpahan bahan bakar yang dapat mencemari lingkungan sekitar. Hasil identifikasi bahaya pada unit Boiler dan Steam disajikan pada Tabel 4

Tabel 4. Tabel Identifikasi Bahaya pada Unit Boiler dan Steam

Aktivitas Kerja	Kategori Bahaya	Potensi Bahaya	Dampak Potensial
Pemeriksaan awal boiler	<i>Physical Hazard</i>	Paparan permukaan peralatan panas	Luka bakar
Pengoperasian boiler	<i>Physical Hazard</i>	Kebisingan dari boiler dan peralatan pendukung	Gangguan pendengaran
Pemantauan tekanan boiler	<i>Physical Hazard</i>	Tekanan melebihi batas operasi	Kerusakan sistem dan potensi ledakan
Pemantauan level air boiler	<i>Physical Hazard</i>	Level air rendah	Overheating dan kerusakan boiler
Pemantauan temperatur steam	<i>Physical Hazard</i>	Paparan steam panas	Luka bakar
Pemantauan kualitas air boiler (TDS)	<i>Physical Hazard</i>	Penurunan kualitas air boiler	Kerak dan gangguan operasi
Pemeriksaan feedwater pump	<i>Mechanical Hazard</i>	Kebocoran mechanical seal	Cedera dan gangguan operasi
<i>Water treatment</i>	<i>Chemical Hazard</i>	Paparan bahan kimia anti korosi dan anti kerak	Iritasi kulit dan mata
Pemindahan bahan kimia	<i>Chemical Hazard</i>	Tumpahan bahan kimia	Cedera pekerja dan pencemaran lingkungan
Blowdown boiler	<i>Physical Hazard</i>	Semburan air panas dan steam	Luka bakar
Distribusi steam	<i>Physical Hazard</i>	Kebocoran steam line	Luka bakar
Pemeliharaan peralatan boiler	<i>Electrical Hazard</i>	Kontak dengan energi listrik	Sengatan listrik
Pekerjaan pengelasan	<i>Physical Hazard</i>	Percikan api dan benda panas	Luka bakar
Pekerjaan pengelasan	<i>Chemical Hazard</i>	Paparan asap las	Gangguan pernapasan
Pekerjaan pada area ketinggian	<i>Physical Hazard</i>	Jatuh dari ketinggian	Cedera serius hingga fatal
Pengoperasian forklift	<i>Mechanical Hazard</i>	Tabrakan atau tertabrak forklift	Cedera serius hingga fatal
Unloading bahan bakar	<i>Chemical Hazard</i>	Kebakaran	Cedera serius dan kerugian material
Unloading bahan bakar	<i>Environmental Hazard</i>	Tumpahan bahan bakar	Pencemaran tanah
Pengendalian emisi boiler	<i>Environmental Hazard</i>	Emisi gas buang	Pencemaran udara
Penanganan limbah teknis	<i>Environmental Hazard</i>	Pembuangan limbah tidak terkendali	Pencemaran lingkungan
Penerapan LOTO saat maintenance	<i>Psychological Hazard</i>	Ketidaksesuaian prosedur kerja	Potensi kecelakaan kerja

3.4 Penilaian Risiko

Penilaian risiko dilakukan setelah proses identifikasi bahaya untuk menentukan tingkat risiko dari setiap aktivitas kerja yang terdapat pada unit Boiler dan Steam. Penilaian risiko dilakukan menggunakan metode HIRADC dengan mempertimbangkan tingkat kemungkinan terjadinya bahaya (*Likelihood*) dan tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan (*Severity*). Nilai risiko diperoleh dari hasil perkalian antara *Likelihood* dan *Severity*. Rumus yang digunakan adalah:

$$R=L \times S$$

Keterangan:

1. R = Nilai Risiko (*Risk Score*)
2. L = Likelihood (kemungkinan terjadinya bahaya)
3. S = Severity (tingkat keparahan dampak)

Penentuan nilai *Likelihood* dan *Severity* dilakukan berdasarkan hasil observasi lapangan, wawancara dengan Supervisor Boiler dan Kepala Divisi K3, serta verifikasi menggunakan dokumen HIRADC perusahaan. Selanjutnya nilai risiko dikategorikan menjadi Low, Moderate, High, dan Extreme sesuai tingkat risiko yang dihasilkan.

Tabel 5. Tabel Penilaian Risiko pada Unit Boiler dan Steam

Aktivitas Kerja	Potensi Bahaya	L	S	R	Risk Level
Pemeriksaan awal boiler	Paparan permukaan panas	2	3	6	Moderate
Pengoperasian boiler	Kebisingan	4	3	12	High
Pemantauan tekanan boiler	Tekanan melebihi batas operasi	2	5	10	High
Pemantauan level air boiler	Level air rendah	2	5	10	High
Pemantauan temperatur steam	Paparan steam panas	3	4	12	High
Pemantauan kualitas air (TDS)	Penurunan kualitas air boiler	2	3	6	Moderate
Pemeriksaan feed water pump	Kebocoran mechanical seal	3	3	9	Moderate
Water treatment	Paparan bahan kimia	3	3	9	Moderate
Pemindahan bahan kimia	Tumpahan bahan kimia	3	3	9	Moderate
Blowdown boiler	Semburan air panas dan steam	3	4	12	High
Distribusi steam	Kebocoran steam line	2	4	8	Moderate
Inspeksi sistem keselamatan	Posisi kerja tidak ergonomis	2	2	4	Low
Maintenance boiler	Sengatan listrik	2	5	10	High
Pengelasan	Percikan api	3	4	12	High
Pengelasan	Paparan asap las	3	3	9	Moderate
Pekerjaan di ketinggian	Jatuh dari ketinggian	3	5	15	High
Pengoperasian forklift	Tertabrak forklift	3	5	15	High
Unloading bahan bakar	Kebakaran	4	5	20	Extreme
Unloading bahan bakar	Tumpahan bahan bakar	3	3	9	Moderate
Pengendalian emisi boiler	Emisi gas buang	3	4	12	High
Penanganan limbah teknis	Pencemaran lingkungan	3	4	12	High
Penerapan LOTO saat maintenance	Ketidaksesuaian prosedur	2	5	10	High

3.5 Pengendalian Risiko

Setelah dilakukan identifikasi bahaya dan penilaian risiko, langkah selanjutnya adalah menentukan tindakan pengendalian untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja maupun dampak yang ditimbulkan. Berdasarkan hasil observasi, wawancara, dan dokumen HIRADC perusahaan, pengendalian risiko pada unit Boiler dan Steam dilakukan melalui kombinasi pengendalian teknis, administratif, dan penggunaan alat pelindung diri (APD).

Pengendalian teknis diterapkan pada sistem boiler melalui pemasangan berbagai perangkat keselamatan seperti *safety valve*, alarm, indikator tekanan, indikator level air, serta instrumen pemantauan parameter operasi. Perangkat tersebut berfungsi untuk mendeteksi kondisi operasi yang tidak normal dan mencegah terjadinya kegagalan sistem yang dapat menimbulkan kecelakaan kerja. Selain pengendalian teknis, perusahaan juga menerapkan pengendalian administratif berupa prosedur operasi standar (SOP), inspeksi berkala, pelatihan operator, sistem izin kerja (*work permit*), serta pengawasan terhadap aktivitas berisiko tinggi. Pada kegiatan pemeliharaan diterapkan prosedur *Lock Out Tag Out* (LOTO) untuk memastikan seluruh sumber energi telah diisolasi sebelum pekerjaan dilakukan sehingga dapat mencegah terjadinya pelepasan energi yang tidak diinginkan.

Penggunaan alat pelindung diri menjadi lapisan pengendalian terakhir yang wajib diterapkan oleh pekerja sesuai dengan jenis bahaya yang dihadapi. APD yang digunakan meliputi *safety helmet*, *safety shoes*, sarung tangan, kacamata keselamatan, dan *earring protection* pada area dengan tingkat kebisingan tinggi.

Tabel 6. Tabel Pengendalian Risiko pada Unit Boiler dan Steam

Aktivitas Kerja	Potensi Bahaya	Pengendalian Risiko
Pemeriksaan awal boiler	Paparan permukaan panas	SOP inspeksi, sarung tangan, <i>safety shoes</i>
Pengoperasian boiler	Kebisingan	<i>ear muff</i> , inspeksi rutin peralatan
Pemantauan tekanan boiler	Tekanan berlebih	Pressure gauge, alarm, <i>safety valve</i>
Pemantauan level air boiler	Level air rendah	Level indicator, alarm level air
Pemantauan temperatur steam	Paparan steam panas	APD dan pemantauan parameter operasi
Water treatment	Paparan bahan kimia	Sarung tangan, kacamata keselamatan, SOP bahan kimia
Pemindahan bahan kimia	Tumpahan bahan kimia	Prosedur penanganan bahan kimia dan <i>spill kit</i>
Blowdown boiler	Semburan air panas dan steam	SOP blowdown, <i>face shield</i> , sarung tangan tahan panas
Distribusi steam	Kebocoran steam	Inspeksi pipa dan pemeliharaan berkala
Maintenance boiler	Sengatan listrik	LOTO, izin kerja, APD kelistrikan
Pengelasan	Percikan api dan asap las	APD las, ventilasi kerja, izin kerja panas (<i>hot work permit</i>)
Pekerjaan di ketinggian	Jatuh dari ketinggian	<i>Safety harness</i> , izin kerja ketinggian
Pengoperasian forklift	Tabrakan forklift	Operator tersertifikasi dan jalur kerja forklift
Unloading bahan bakar	Kebakaran	APAR, SOP unloading, prosedur tanggap darurat
Pengendalian emisi boiler	Emisi gas buang	Monitoring emisi dan pemeliharaan sistem pembakaran
Penanganan limbah teknis	Pencemaran lingkungan	Pengelolaan limbah sesuai prosedur perusahaan

3.6 Penyusunan Matriks HIRADC

Tabel 7. Tabel Matriks HIRADC Unit Boiler dan System

Work Activity	Hazard Category	Potential Hazard	Consequence	Existing Control	L	S	R	Risk Level
Melakukan pemeriksaan awal boiler	Physical	Permukaan boiler panas	Luka bakar	SOP inspeksi, APD	2	3	6	Moderate
Melakukan pengoperasian boiler	Physical	Kebisingan	Gangguan pendengaran	Ear plug, ear muff	4	3	12	High

DOI: <https://doi.org/10.69693/ijmst.v4i2.10175>

Lisensi: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Melakukan pemantauan tekanan boiler	Physical	Tekanan berlebih	Kerusakan sistem dan potensi ledakan	Pressure gauge, alarm, safety valve	2	5	10	High
Melakukan pemantauan level air boiler	Physical	Level air rendah	Overheating dan kerusakan boiler	Level indicator dan alarm	2	5	10	High
Melakukan pemantauan temperatur steam	Physical	Paparan steam panas	Luka bakar	APD dan SOP operasi	3	4	12	High
Melakukan pemantauan kualitas air (TDS)	Physical	Penurunan kualitas air	Kerak dan gangguan operasi	Monitoring TDS	2	3	6	Moderate
Melakukan pemeriksaan feedwater pump	Mechanical	Kebocoran seal pompa	Cedera dan gangguan operasi	Inspeksi berkala	3	3	9	Moderate
Melakukan water treatment	Chemical	Paparan bahan kimia	Iritasi kulit dan mata	APD dan SOP bahan kimia	3	3	9	Moderate
Melakukan pemindahan bahan kimia	Chemical	Tumpahan bahan kimia	Cedera dan pencemaran	Spill kit dan SOP	3	3	9	Moderate
Melakukan blowdown boiler	Physical	Semburan air panas dan steam	Luka bakar	SOP blowdown, face shield	3	4	12	High
Melakukan distribusi steam	Physical	Kebocoran steam line	Luka bakar	Inspeksi jaringan steam	2	4	8	Moderate
Melakukan inspeksi sistem keselamatan	Ergonomic	Posisi kerja tidak ergonomis	Nyeri otot dan kelelahan	Pengaturan posisi kerja	2	2	4	Low
Melakukan pemeliharaan boiler	Electrical	Sengatan listrik	Cedera serius	LOTO dan work permit	2	5	10	High
Melakukan pekerjaan pengelasan	Physical	Percikan api	Luka bakar	APD las dan hot work permit	3	4	12	High
Melakukan pekerjaan pengelasan	Chemical	Paparan asap las	Gangguan pernapasan	Ventilasi dan respirator	3	3	9	Moderate
Melakukan pekerjaan di ketinggian	Physical	Jatuh dari ketinggian	Cedera fatal	Safety harness dan work permit	3	5	15	High
Melakukan pengoperasian forklift	Mechanical	Tertabrak forklift	Cedera fatal	Operator tersertifikasi	3	5	15	High
Melakukan unloading bahan bakar	Chemical	Kebakaran	Cedera fatal dan kerugian aset	APAR dan SOP unloading	4	5	20	Extreme
Melakukan unloading bahan bakar	Environmental	Tumpahan bahan bakar	Pencemaran tanah	Secondary containment	3	3	9	Moderate

Melakukan pengendalian emisi boiler	Environmental	Emisi gas buang	Pencemaran udara	Monitoring emisi	3	4	12	High
Melakukan penanganan limbah teknis	Environmental	Pencemaran lingkungan	Kerusakan lingkungan	Pengelolaan limbah sesuai SOP	3	4	12	High
Melakukan penerapan LOTO saat maintenance	Psychological	Ketidaksesuaian prosedur kerja	Potensi kecelakaan kerja	Pelatihan dan pengawasan	2	5	10	High

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control* (HIRADC) pada unit Boiler dan Steam di industri farmasi, diketahui bahwa unit utilitas tersebut memiliki peran penting dalam mendukung kegiatan operasional melalui penyediaan steam untuk proses pemanasan, pencucian peralatan, dan kebutuhan utilitas lainnya. Aktivitas kerja yang teridentifikasi pada unit ini meliputi pemeriksaan awal boiler, pengoperasian boiler, pemantauan parameter operasi, *water treatment, blowdown*, distribusi steam, serta kegiatan pemeliharaan peralatan.

Hasil identifikasi bahaya menunjukkan bahwa operasional unit Boiler dan Steam memiliki berbagai potensi bahaya yang termasuk ke dalam kategori *physical hazard, chemical hazard, mechanical hazard, electrical hazard, ergonomic hazard, environmental hazard*, dan *psychological hazard*. Bahaya yang paling dominan berasal dari sistem bertekanan, temperatur tinggi, penggunaan bahan kimia, serta aktivitas yang melibatkan peralatan mekanik dan listrik. Berdasarkan hasil penilaian risiko, sebagian besar aktivitas kerja berada pada kategori risiko sedang hingga tinggi (*Moderate dan High Risk*). Risiko tertinggi ditemukan pada aktivitas *unloading* bahan bakar yang memiliki potensi kebakaran dengan tingkat risiko ekstrem (*Extreme Risk*). Selain itu, aktivitas *blowdown boiler*, pekerjaan di ketinggian, pengoperasian forklift, serta kegiatan pemeliharaan boiler juga termasuk aktivitas yang memerlukan perhatian khusus karena memiliki tingkat risiko yang relatif tinggi.

Pengendalian risiko yang diterapkan meliputi pengendalian teknis, administratif, dan penggunaan alat pelindung diri. Pengendalian tersebut antara lain berupa pemasangan *safety valve*, alarm, indikator operasi, penerapan prosedur operasi standar (SOP), sistem *work permit*, prosedur *Lock Out Tag Out* (LOTO), serta penggunaan APD yang sesuai dengan potensi bahaya yang dihadapi pekerja. Berdasarkan hasil penyusunan matriks HIRADC, penerapan pengendalian tersebut berperan penting dalam mengurangi potensi risiko sehingga kegiatan operasional pada unit Boiler dan Steam dapat berlangsung secara lebih aman dan terkendali.

Reference

- Ainiyah, N. (2025). Peran Manajemen Sumber Daya Manusia Dalam Meningkatkan Produktivitas Organisasi. *Jurnal Bisnis Mahasiswa*, 5(3), 1296–1310. <https://doi.org/10.60036/Jbm.619>
- Ameiliawati, R. (N.D.). *Penerapan Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Dengan Metode HIRADC (Hazard Identification, Risk Assessment And Determining Control) Di Area Plant-Warehouse Implementation Of Occupational Safety And Health With The HIRADC (Hazard Identification, Risk Assessment, And Determining Control) Method In The Plant Area-Warehouse*.
- Chockalingam, S., Hadziosmanovic, D., Pieters, W., Teixeira, A., & Van Gelder, P. (2017). *Integrated Safety And Security Risk Assessment Methods: A Survey Of Key Characteristics And Applications*. <http://arxiv.org/abs/1707.02140>
- Damayanti, S., & Alifin, F. I. (2024). Occupational Safety And Health Risk Analysis (K3) Using The HIRADC Method On Cleaning Service Workers In The Health Segment. *MOTIVECTION: Journal Of Mechanical, Electrical And Industrial Engineering*, 6(1), 115–124. <https://doi.org/10.46574/Motivection.V6i1.306>
- International Labour Organization, 2013. (N.D.). *Safety And Health At Work: A Vision For Sustainable Prevention*.
- Jurnal Kesehatan Masyarakat, P., Mawardani, A., Kharin Herbawani, C., Studi Kesehatan Masyarakat Program Sarjana, P., Ilmu Kesehatan, F., & Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Annisaamawardani, U. (2022). *ANALISA PENERAPAN HIRADC DI TEMPAT KERJA SEBAGAI UPAYA PENGENDALIAN RISIKO: A LITERATURE REVIEW*. 6(1).
- Muhamad Ilham, D., & Maharani Suyono, A. (N.D.). *Analysis Of Occupational Safety Risks In The PB Production Division. Sa Sri Anugerah Karawang Uses Hazard Identification, Risk Assessment, And Determining Control (Hiradc) Method* (Vol. 04, Number 11).
- Najmaei, N., & Kermani, M. R. (2011). Applications Of Artificial Intelligence In Safe Human-Robot Interactions. *IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics, Part B: Cybernetics*, 41(2), 448–459. <https://doi.org/10.1109/TSMCB.2010.2058103>
- Nurraudah, R., & Yuamita, F. (2023). Analisis Risiko Potensi Kecelakaan Kerja Pada Pekerja Departemen Persiapan Produksi Menggunakan Metode HIRADC (Hazard Identification, Risk Assessment And Determining Control) (Studi Kasus : PT Mandiri Jogja International). *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 2(3), 159–167.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2012 Tentang Penerapan Sistem Manajemen Keselamatan Dan Kesehatan Kerja., Pemerintah Republik Indonesia (2012).
- Ramadani, D. G., & Pulansari, F. (2025). Analisis Risiko Potensi Bahaya Dan Pengendalian Dengan Metode HIRADC Pada Pabrik Asam Fosfat (Studi Kasus: PT XYZ). *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 8(1). <https://doi.org/10.31004/Jutin.V8i1.39465>
- Syuhada, N. A., Lukman, L., & Parji, P. (2025). Analisis Risiko K3 Menggunakan Metode HIRADC Dengan Pendekatan What-If Analysis Pada Pekerjaan Blasting Dan Painting Di PT XYZ. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 8(4), 4372–4381. <https://doi.org/10.31004/Jutin.V8i4.48752>
- Tewari, A., & Paiva, A. R. (2022). *Modeling And Mitigation Of Occupational Safety Risks In Dynamic Industrial Environments*. <http://arxiv.org/abs/2205.00894>
- UU Nomor 3 Tahun 1982. (N.D.). *PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA*.

