

**USULAN MITIGASI UNTUK MENGURANGI DAMPAK
RISIKO PADA KEGIATAN DI LABORATORIUM KIMIA DAN
LABORATORIUM RADIASI PENGION DENGAN
MANAJEMEN RISIKO OPERASIONAL MENGGUNAKAN
METODE HIRARC
(*HAZARD IDENTIFICATION RISK ASSESSMENT AND RISK
CONTROL*)**

**(Studi Kasus: KST Samaun Samadikun Badan Riset dan Inovasi Nasional
(BRIN) Cisitu Bandung)**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari
Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Pasundan**

Oleh

ANNISA NUR BAROKAH

NRP : 203010184



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN**

2024

**USULAN MITIGASI UNTUK MENGURANGI DAMPAK RISIKO PADA
KEGIATAN DI LABORATORIUM KIMIA DAN LABORATORIUM
RADIASI PENGION DENGAN MANAJEMEN RISIKO OPERASIONAL
MENGUNAKAN METODE HIRARC
(HAZARD IDENTIFICATION RISK ASSESSMENT AND RISK CONTROL)
(Studi Kasus: KST Samaun Samadikun Badan Riset dan Inovasi Nasional
(BRIN) Cisitubandung)**

ANNISA NUR BAROKAH
NRP : 203010184

ABSTRAK

Presiden bertanggung jawab atas lembaga pemerintah yang disebut Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). BRIN bertanggung jawab atas penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan, serta inovasi dan inovasi, ketenaganukliran, dan keantariksaan yang terintegrasi. Laboratorium kimia dan laboratorium radiasi pengion merupakan lingkungan kerja dengan potensi risiko tinggi yang memerlukan pendekatan sistematis untuk mengidentifikasi dan mengelola bahaya secara efektif. Dalam rangka mengurangi dampak risiko pada kegiatan di laboratorium kimia dan laboratorium radiasi pengion, penelitian ini dilakukan untuk memberikan sebuah usulan mitigasi berbasis manajemen risiko operasional menggunakan metode HIRARC. Usulan mitigasi ini bertujuan untuk meningkatkan keselamatan kerja, meminimalisir kemungkinan kecelakaan, dan memastikan kepatuhan terhadap standar keselamatan yang berlaku. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mitigasi harus diterapkan untuk melindungi pekerja dari paparan bahan kimia dan radiasi berbahaya serta mengurangi risiko kecelakaan fatal. Metode HIRARC memungkinkan pengelolaan risiko yang sistematis, memastikan bahwa operasional laboratorium berjalan dengan aman dan terkontrol. Langkah-langkah mitigasi yang diusulkan mencakup evaluasi risiko secara rutin, penerapan protokol keselamatan yang ketat, penggunaan alat pelindung diri (APD) yang sesuai, serta pelatihan berkala bagi para pekerja. Implementasi sistem mitigasi yang efektif dan terstruktur melalui metode HIRARC akan menjamin operasional laboratorium yang lebih aman dan melindungi pekerja dari potensi bahaya.

Kata Kunci: risiko, HIRARC, manajemen risiko operasional, mitigasi

**PROPOSED MITIGATION TO REDUCE THE IMPACT OF RISKS ON
ACTIVITIES IN CHEMICAL LABORATORIES AND IONIZING
RADIATION LABORATORIES WITH OPERATIONAL RISK
MANAGEMENT USING THE HIRARC METHOD
(HAZARD IDENTIFICATION RISK ASSESSMENT AND RISK
CONTROL)**

**(Case Study: KST Samaun Samadikun National Research and Innovation
Agency (BRIN) Cisitu Bandung)**

ANNISA NUR BAROKAH
NRP : 203010184

ABSTRACT

The President is responsible for a government agency called the National Research and Innovation Agency (BRIN). BRIN is responsible for research, development, assessment, and application, as well as integrated inventions and innovations, nuclear energy, and space. Chemical laboratories and ionizing radiation laboratories are work environments with high risk potential that require a systematic approach to identify and manage hazards effectively. In order to reduce the impact of risks on activities in chemical laboratories and ionizing radiation laboratories, this research was conducted to provide a mitigation proposal based on operational risk management using the HIRARC method. This mitigation proposal aims to improve work safety, minimize the possibility of accidents, and ensure compliance with applicable safety standards. The results show that a mitigation system must be implemented to protect workers from exposure to hazardous chemicals and radiation and reduce the risk of fatal accidents. The HIRARC method enables systematic risk management, ensuring that laboratory operations are safe and controlled. The proposed mitigation measures include regular risk evaluation, strict implementation of safety protocols, use of appropriate personal protective equipment (PPE), and periodic training for workers. The implementation of an effective and structured mitigation system through the HIRARC method will ensure safer laboratory operations and protect workers from potential hazards.

Keywords: risk, HIRARC, operational risk management, mitigation

USULAN MITIGASI UNTUK MENGURANGI DAMPAK RISIKO PADA
KEGIATAN DI LABORATORIUM KIMIA DAN LABORATORIUM
RADIASI PENGION DENGAN MANAJEMEN RISIKO OPERASIONAL
MENGUNAKAN METODE HIRARC
(HAZARD IDENTIFICATION RISK ASSESSMENT AND RISK CONTROL)
(Studi Kasus: KST Samaun Samadikun Badan Riset dan Inovasi Nasional
(BRIN) Cisitu Bandung)

Oleh

Annisa Nur Barokah

NRP : 203010184

Menyetujui

Tim Pembimbing

Tanggal 27 September 2024

Pembimbing

Penelaah



(Ir. H.R. Erwin Maulana Pribadi, MT)



(Dr. Drs. Iman Firmansyah, M.Sc)

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Dr. Ir. M. Nurman Helmi, DEA

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR TABEL	Error! Bookmark not defined.
Bab I Pendahuluan	I-1
I.1 Latar Belakang Masalah	I-1
I.2 Perumusan Masalah	I-3
I.3 Tujuan dan Manfaat Pemecahan Masalah	I-3
I.3.1 Tujuan Pemecahan Masalah	I-3
I.3.2 Manfaat Pemecahan Masalah	I-3
I.4 Pembatasan dan Asumsi	I-4
I.4.1 Pembatasan	I-4
I.4.2 Asumsi	I-4
I.5 Sistematika Penulisan Laporan	I-5
Bab II Tinjauan Pustaka dan Landasan Teori	Error! Bookmark not defined.
II.1 Tinjauan Pustaka.....	Error! Bookmark not defined.
II.2 Landasan Teori	Error! Bookmark not defined.
II.2.1 Risiko.....	Error! Bookmark not defined.
II.2.2 Radiasi Pengion	Error! Bookmark not defined.
II.2.3 Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)	Error! Bookmark not defined.

II.2.4 Manajemen Risiko.....	Error! Bookmark not defined.
II.2.5 <i>Job Safety Analysis</i> (JSA).....	Error! Bookmark not defined.
II.2.6 <i>Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control</i> (HIRADC).....	Error! Bookmark not defined.
II.2.7 <i>Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control</i> (HIRARC).....	Error! Bookmark not defined.
II.2.8 ISO 31000 Manajemen Risiko	Error! Bookmark not defined.
Bab III Usulan Pemecahan Masalah	Error! Bookmark not defined.
III.1 Model Pemecahan Masalah.....	Error! Bookmark not defined.
III.2 Pengamatan Internal Perusahaan.....	Error! Bookmark not defined.
III.3 Identifikasi Masalah	Error! Bookmark not defined.
III.4 Perumusan Masalah dan Tujuan Penelitian.....	Error! Bookmark not defined.
III.5 Tinjauan Pustaka	Error! Bookmark not defined.
III.5.1 Metode JSA, HIRARC, dan HIRADC.....	Error! Bookmark not defined.
III.6 Pengumpulan Data	Error! Bookmark not defined.
III.7 Pengolahan Data.....	Error! Bookmark not defined.
III.8 Analisis dan Pembahasan	Error! Bookmark not defined.
III.9 Kesimpulan dan Saran.....	Error! Bookmark not defined.
III.10 Kerangka Berpikir.....	Error! Bookmark not defined.
Bab IV Pengumpulan dan Pengolahan Data	Error! Bookmark not defined.
IV.1 Pengumpulan Data	Error! Bookmark not defined.
IV.1.2 Profil Perusahaan.....	Error! Bookmark not defined.
IV.1.3 Visi, Misi, dan Tujuan Perusahaan	Error! Bookmark not defined.
IV.1.4 Struktur Organisasi Perusahaan.....	Error! Bookmark not defined.
IV.1.5 <i>Job Description</i>	Error! Bookmark not defined.
IV.1.6 Jenis Kegiatan.....	Error! Bookmark not defined.

IV.1.7 Lokasi Kegiatan.....	Error! Bookmark not defined.
IV.1.8 Sumber Responden yang di Teliti.....	Error! Bookmark not defined.
IV.1.9 Data Responden yang di Teliti	Error! Bookmark not defined.
IV.1.10 Alat Pelindung Diri (APD).....	Error! Bookmark not defined.
IV.2 Pengolahan Data.....	Error! Bookmark not defined.
IV.2.1 Identifikasi Bahaya (<i>Hazard Identification</i>)	Error! Bookmark not defined.
IV.2.2 Penilaian Risiko (<i>Risk Assessment</i>).....	Error! Bookmark not defined.
IV.2.3 Pengendalian Risiko (<i>Risk Control</i>)	Error! Bookmark not defined.
Bab V Analisis dan Pembahasan.....	Error! Bookmark not defined.
V.1 Kegiatan di Laboratorium Preparasi Kimia 1	Error! Bookmark not defined.
V.2 Kegiatan di Laboratorium Preparasi Kimia 2	Error! Bookmark not defined.
V.2.1 Menimbang Bahan Kimia.....	Error! Bookmark not defined.
V.2.2 Pengenceran Bahan Kimia.....	Error! Bookmark not defined.
V.2.3 Pengayakan Bahan Kimia.....	Error! Bookmark not defined.
V.2.4 Pengukusan Sampel	Error! Bookmark not defined.
V.3 Kegiatan di Laboratorium Preparasi Kimia 3	Error! Bookmark not defined.
V.4 Kegiatan di Laboratorium Preparasi Kimia 4	Error! Bookmark not defined.
V.4.1 Preparasi Sampel	Error! Bookmark not defined.
V.4.2 Pencampuran Larutan Menggunakan Lemari Asam	Error! Bookmark not defined.
V.4.3 Mencuci Peralatan Setelah Digunakan .	Error! Bookmark not defined.
V.4.4 <i>Running</i> Alat Dengan Tegangan Tinggi	Error! Bookmark not defined.

V.4.5 Membuat Sampel Dengan <i>Ultrasonic Probe</i>	Error! Bookmark not defined.
V.4.6 Membuat Larutan dari Asam Format, Asam Asetat, dan DMAC (<i>Dimethylacetamide</i>)	Error! Bookmark not defined.
V.4.7 Sintesis Membran Dengan Elektrosinning	Error! Bookmark not defined.
V.4.8 Sintesis Membran Nanofiber	Error! Bookmark not defined.
V.4.9 Sintesis Zno-Cuo	Error! Bookmark not defined.
V.5 Kegiatan di Laboratorium Radiasi Pengion	Error! Bookmark not defined.
V.5.1 Menguji Kadar Pati	Error! Bookmark not defined.
V.5.2 Pengukuran Sampel	Error! Bookmark not defined.
V.5.3 Analisis Sampel dengan XRF Portabel	Error! Bookmark not defined.
V.5.4 Operasi Alat BET (Brunauer, Emmett, dan Teller) dan <i>Freeze Dryer</i>	Error! Bookmark not defined.
V.5.5 Pengukuran Laju Dosis Daerah Kerja	Error! Bookmark not defined.
V.6 Kegiatan di <i>Workshop</i>	Error! Bookmark not defined.
V.6.1 Pengujian Sampel	Error! Bookmark not defined.
V.6.2 Menyiapkan Bahan Sintesis	Error! Bookmark not defined.
V.6.3 Hidrolisis Ampas Tebu Menggunakan Katalis Asam	Error! Bookmark not defined.
V.6.4 Fermentasi Asam Mandelat	Error! Bookmark not defined.
V.6.5 Uji Gula Pereduksi	Error! Bookmark not defined.
V.6.6 Sintesis PLA (<i>Poly Lactic Acid</i>)	Error! Bookmark not defined.
V.6.7 Uji Biodegradable	Error! Bookmark not defined.
V.6.8 Menguji Kadar Lignoselulosa	Error! Bookmark not defined.
V.6.9 Hidrolisis Asam	Error! Bookmark not defined.
V.7 Kegiatan di Laboratorium Instrumen Kimia	Error! Bookmark not defined.

Bab VI Kesimpulan dan SaranError! Bookmark not defined.

VI.1 Kesimpulan**Error! Bookmark not defined.**

VI.2 Saran**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR PUSTAKA.....

LAMPIRAN.....



Bab I Pendahuluan

I.1 Latar Belakang Masalah

Setiap tempat kerja memiliki potensi bahaya yang tinggi. Umumnya, penyebab kecelakaan kerja mencakup perilaku individu yang tidak patuh keselamatan kerja serta situasi lingkungan, tindakan, dan sistem yang tidak memberikan keamanan. Menurut *Department of Occupational Safety and Health* (Malaysia. Kementerian Sumber Manusia. Jabatan Keselamatan dan Kesehatan Pekerjaan., 2008), Bahaya (*Hazard*) berarti sumber atau kondisi yang dapat menimbulkan risiko cedera atau kesehatan yang buruk bagi orang, kerusakan properti, kerusakan lingkungan, atau semuanya. Risiko ada di sekitar kita dan dapat ditemukan, tetapi seringkali sulit untuk menyadarinya karena faktor minim pengetahuan atau kurangnya kesadaran manusia terhadap hal-hal yang berpotensi menimbulkan kecelakaan. Karena itu, ada banyak metode untuk mengurangi kecelakaan kerja di lingkungan kerja tersebut.

Setiap aktivitas pasti ada ketidakpastian, baik yang diharapkan maupun yang tidak diharapkan. Begitu pula setiap aktivitas tentunya memiliki "sesuatu yang terjadi", yang kadang-kadang tidak diharapkan dan bahkan cenderung gagal. Hal ini biasa disebut sebagai "Risiko". Risiko adalah kombinasi kemungkinan peristiwa berbahaya terjadi pada waktu tertentu atau dalam kondisi tertentu, serta tingkat kerusakan atau cedera pada kesehatan orang, properti, lingkungan atau kombinasi dari ini yang disebabkan oleh peristiwa tersebut. (Malaysia. Kementerian Sumber Manusia. Jabatan Keselamatan dan Kesehatan Pekerjaan., 2008).

Untuk meningkatkan kemungkinan keberhasilan dan mengurangi kemungkinan kegagalan, organisasi harus menggunakan manajemen risiko untuk memahami, mengevaluasi, dan mengambil tindakan atas setiap risiko yang dihadapinya. Manajemen risiko bersifat iteratif dan membantu organisasi membuat rencana, mencapai tujuan, dan membuat keputusan berdasarkan data. Faktor keselamatan dan kesehatan yang dapat membahayakan karyawan atau kepentingan lainnya dipertimbangkan dalam manajemen risiko. Tempat kerja akan lebih aman dengan menemukan dan mengendalikan risiko dan sehat terhadap organisasi tersebut.

Berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 78 Tahun 2021, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) adalah lembaga pemerintah yang berada di bawah dan bertanggung jawab kepada Presiden dalam menyelenggarakan penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan, serta invensi dan inovasi, penyelenggaraan ketenaganukliran, dan penyelenggaraan keantarkosmos yang terintegrasi (Badan Riset dan Inovasi Nasional, 2024a). BRIN memiliki kawasan riset yang disebut dengan Kawasan *Sains dan Teknologi* (KST). KST Samaun Samadikun merupakan salah satu kawasan riset yang berada di Jl. Sangkuriang, Dago, Kecamatan Coblong, Kota Bandung, Jawa Barat 40135. Didalam KST Samaun Samadikun terdapat gedung yang digunakan oleh para peneliti, gedung ini biasa disebut sebagai Bandung *Advanced Science and Creative Engineering Space* (Basics).

Laboratorium kimia dan laboratorium radiasi pengion merupakan salah satu bagian dari laboratorium preparasi dan instrumentasi yang ada di gedung Basics KST Samaun Samadikun. Di dalam laboratorium kimia dan laboratorium radiasi pengion terdapat berbagai macam bahan kimia dan dari bahan kimia tersebut tentu saja bisa menimbulkan risiko. Berikut ini merupakan insiden yang pernah terjadi di laboratorium kimia dan laboratorium radiasi pengion:

Tabel I. 1 Data Insiden

No.	Insiden	Tahun	Risiko	Kemungkinan (Likelihood)	Keparahan (Severity)	Risk Rating	Penanganan	Korban Jiwa
1.	Terkena cipratan asam kuat (H ₂ SO ₄) pekat	2023	Iritasi kulit	2	2	4	P3K	-
							Membilas area yang terkena asam	
2.	Terkena letupan asam lemah (HCL encer)	2023	Iritasi kulit	2	2	4	P3K	-
							Membilas area yang terkena asam	
3.	Sampel gosong	2023	Pencemaran udara	2	2	4	Menyalakan blower	-

Sumber: Data Kecelakaan Laboratorium KST Samaun Samadikun

Oleh karena itu, berdasarkan permasalahan tersebut penulis akan melakukan penelitian dengan usulan mitigasi menggunakan metode HIRARC (*Hazard Identification, Risk Assessment, and Control*) yang terdiri dari identifikasi bahaya (*hazard identification*), penilaian risiko (*risk assessment*), dan pengendalian risiko (*risk control*) dengan tujuan untuk menganalisis potensi bahaya dan risiko K3 agar

bisa meminimalisir terjadinya risiko pada laboratorium kimia dan laboratorium radiasi pengion.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka didapatkan rumusan masalah nya sebagai berikut:

1. Apa yang menyebabkan terjadinya banyak dampak risiko pada laboratorium kimia dan laboratorium radiasi pengion?
2. Mengapa perlu dilakukan sistem mitigasi pada laboratorium kimia dan laboratorium radiasi pengion?
3. Bagaimana cara penerapan sistem mitigasi pada laboratorium kimia dan laboratorium radiasi pengion?

I.3 Tujuan dan Manfaat Pemecahan Masalah

I.3.1 Tujuan Pemecahan Masalah

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi faktor - faktor penyebab tingginya risiko pada laboratorium kimia dan laboratorium radiasi pengion, seperti sifat bahan kimia dan radiasi yang berbahaya, potensi kecelakaan, kesalahan manusia, dan lingkungan kerja yang berisiko tinggi.
2. Menjelaskan pentingnya penerapan sistem mitigasi untuk mengurangi risiko pada laboratorium kimia dan laboratorium radiasi pengion.
3. Mengidentifikasi langkah-langkah dan prosedur yang efektif untuk menerapkan sistem mitigasi pada laboratorium kimia dan laboratorium radiasi pengion.

I.3.2 Manfaat Pemecahan Masalah

Adapun manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

a) Manfaat Bagi Perusahaan

Hasil penelitian tugas akhir ini memberikan informasi tentang bahaya yang mungkin terjadi, tingkat risiko, cara mengendalikan risiko, dan

konsekuensi yang akan terjadi. Hasil penelitian ini juga memberikan pengetahuan kepada perusahaan tentang usulan mitigasi risiko di laboratorium kimia dan laboratorium radiasi pengion.

- b) Manfaat Bagi Program Studi Teknik Industri Universitas Pasundan
Hasil penelitian tugas akhir ini bermanfaat untuk bahan referensi di masa yang akan datang bagi mahasiswa yang fokus penelitiannya tentang manajemen risiko keselamatan dan kesehatan kerja.
- c) Manfaat Bagi Mahasiswa
Mahasiswa mendapatkan gambaran secara nyata tentang manajemen risiko pada laboratorium kimia dan laboratorium radiasi pengion serta dapat mengimplementasikan ilmu mengenai manajemen risiko serta keselamatan dan kesehatan kerja yang sudah dipelajari selama perkuliahan.

I.4 Pembatasan dan Asumsi

I.4.1 Pembatasan

Adapun batasan masalah dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian hanya dilakukan di KST Samaun Samadikun Badan Riset dan Inovasi Nasional Cisitubandung
2. Penelitian hanya dilakukan di laboratorium kimia dan laboratorium radiasi pengion
3. Penelitian tugas akhir ini menggunakan metode HIRARC (*Hazard Identification Risk Assessment And Risk Control*) untuk melakukan identifikasi bahaya, penilaian risiko, dan pengendalian risiko yang terjadi di laboratorium kimia dan laboratorium radiasi pengion.

I.4.2 Asumsi

Asumsi dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Aktivitas yang dilakukan didalam laboratorium tidak akan terganggu selama penelitian tugas akhir ini berlangsung.

2. Dengan adanya penelitian tugas akhir ini, maka perusahaan siap untuk melakukan perbaikan sistem agar bisa meminimalisir risiko yang terjadi di laboratorium kimia dan laboratorium radiasi pengion.

I.5 Sistematika Penulisan Laporan

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini membahas masalah studi kasus secara menyeluruh. Oleh karena itu, penulis menyusun tugas akhir ini dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan

Pada Bab I Pendahuluan berisikan tentang latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, pembatasan dan asumsi, dan sistematika penulisan.

Bab II Landasan Teori dan Tinjauan Pustaka

Pada Bab II Landasan Teori dan Tinjauan Pustaka menguraikan tentang dasar teori terkait dengan topik yang diambil serta memberikan penjelasan mendalam tentang referensi teori yang digunakan sebagai dasar atau asas untuk mendukung topik penelitian.

Bab III Metodologi Penelitian

Pada Bab III Metodologi Penelitian berisikan terkait rancangan penelitian, populasi dan sampel, teknik pengumpulan data dan pengolahan, serta analisis yang akan diterapkan selama tahap penyusunan tugas akhir ini.

Bab IV Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada Bab IV Pengumpulan dan Pengolahan Data berisikan tentang hasil pengumpulan data yang akan mendukung penyusunan tugas akhir ini yang kemudian data tersebut akan dilakukan pengolahan data dengan metode yang sudah ditentukan sebelumnya.

Bab V Analisis dan Pembahasan

Pada Bab V Analisis dan Pembahasan berisikan tentang hasil analisis dan pembahasan terhadap pengolahan data yang telah dilakukan.

Bab VI Kesimpulan dan Saran

Pada Bab VI Kesimpulan dan Saran berisikan tentang hasil dari pengolahan data, yang kemudian digunakan sebagai bahan rekomendasi untuk perusahaan

agar dengan pengendalian risiko yang sudah ada, dapat membuat tempat kerja yang aman dan nyaman.



DAFTAR PUSTAKA

- Anggi. (2023, October 1). *Pengertian Manajemen Risiko, Komponen, Jenis, dan Tujuan Utamanya dalam Bisnis*. <https://accurate.id/marketing-manajemen/apa-pengertian-manajemen-risiko/>
- Badan Riset dan Inovasi Nasional. (2022). *Keputusan Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional Tentang Pedoman Manajemen Risiko Di Lingkungan Badan Riset dan Inovasi Nasional*.
- Badan Riset dan Inovasi Nasional. (2024a). *BRIN - Badan Riset dan Inovasi Nasional*. <https://brin.go.id/page/6/profil-brin-1>
- Badan Riset dan Inovasi Nasional. (2024b). *Pekerjaan Pemeliharaan Peralatan Laboratorium XRF dan XRD Merek Bruker*.
- Badan Standardisasi Indonesia. (2018). *Manajemen Risiko Berbasis SNI ISO 31000*.
- Balai Bahasa Provinsi Jawa Barat. (2023, June 21). *Manajemen Risiko : Tujuan, Kategori, dan Mitigasi*. <https://balaibahasajabar.kemdikbud.go.id/manajemen-risiko-tujuan-kategori-dan-mitigasi/>
- British Standards Institution. (2018). *Risk management - guidelines*.
- Deputi Bidang Infrastruktur Riset Dan Inovasi Direktorat Pengelolaan Laboratorium, F. R. D. K. S. T. (2022). *Pedoman Mutu Persyaratan Struktural*.
- Djojo Soedarso. (2003). *Pengertian Manajemen Risiko, Komponen, Jenis, dan Tujuan Utamanya dalam Bisnis*. <https://accurate.id/marketing-manajemen/apa-pengertian-manajemen-risiko/>
- Husnul Fitri, S. K. M. (2019, July 29). *Hazard Identification, Risk Assessment & Risk Control (HIRARC)*. <https://www.garudasystrain.co.id/hazard-identification-risk-assessment-risk-control-hirarc/>
- Indonesia Safety Center. (2023, July 17). *Pengenalan Metode HIRARC untuk Manajemen Risiko di Tempat Kerja*. <https://indonesiasafetycenter.org/pengenalan-metode-hirarc-untuk-manajemen-risiko-di-tempat-kerja/>

- Ivan Lanin. (2020, January 8). *Manajemen Risiko dengan ISO 31000:2018*.
<https://ivanlanin.wordpress.com/2020/01/08/manajemen-risiko-dengan-iso-310002018/>
- Kementerian ESDM Republik Indonesia. (2022, February 17). *Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Esdm Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Aparatur*. [https://ppsdmaparatur.esdm.go.id/seputar-ppsdma/serba-serbi-manajemen-risiko#:~:text=Sedangkan%20Herman%20Darmawi%20\(2006\)%20menyatakan,dan%20efisiensi%20yang%20lebih%20tinggi.](https://ppsdmaparatur.esdm.go.id/seputar-ppsdma/serba-serbi-manajemen-risiko#:~:text=Sedangkan%20Herman%20Darmawi%20(2006)%20menyatakan,dan%20efisiensi%20yang%20lebih%20tinggi.)
- Kementrian Pertahanan Republik Indonesia. (2012). *LEMBARAN NEGARA REPUBLIK INDONESIA*. www.djpp.depkumham.go.id
- Malaysia. Kementerian Sumber Manusia. Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan. (2008). *Guidelines for hazard identification, risk assessment and risk control (HIRARC)*. Jabatan Keselamatan dan Kesihatan Pekerjaan.
- Muchlisin Riadi. (2022, July 19). *Job Safety Analysis (JSA) - Pengertian, Tujuan, Metode dan Tahapan*. <https://www.kajianpustaka.com/2022/07/job-safety-analysis-jsa.html>
- Nandya Amalia Dewi. (2024, March 12). *HIRADC: Pengertian, Tahapan, Tujuan, Perbedaan dengan JSA*. <https://solarindustri.com/blog/hiradc/>
- Nirwan Dharmawan. (2022, December 6). *Penting! Pahami Jenis Risiko, Penyebab, dan Cara Menyelesaikannya*. <https://www.mpm-insurance.com/berita/penting-pahami-jenis-risiko-penyebab-dan-cara-menyelesaikannya/>
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2020). *Alat pelindung diri*. <https://www.osha.gov/personal-protective-equipment>
- Perkumpulan Ahli Keselamatan Konstruksi Indonesia, P. (2022, October 10). *Pengertian K3 Secara Umum, Tujuan, Prinsip, Ruang Lingkup, Jenis K3*. https://pakki.org/berita_detail/pengertian-k3-secara-umum-tujuan-prinsip-ruang-lingkup-jenis-k3
- Salma. (2023, June 20). *Kerangka Berpikir: Cara Membuat dan Contoh Lengkap*. <https://penerbitdeepublish.com/kerangka-berpikir/>

Supriyadi, Nalhadi, A., & Rizaal, A. (2015). Identifikasi Bahaya Dan Penilaian Risiko K3 Pada Tindakan Perawatan & Perbaikan Menggunakan Metode Hirarc (Hazard Identification And Risk Assesment Risk Control) Pada PT. X. In *Seminar Nasional Riset Terapan* (Vol. 12).

World Health Organization. (2023, July 27). *Radiasi Pengion dan Efek Kesehatan*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ionizing-radiation-and-health-effects>



