
PENERAPAN HAZARD IDENTIFICATION RISK ASSESMENT AND MITTIGATION (HIRM) PADA PENGGUNAAN LABORATORIUM WORKSHOP POLITEKNIK PENERBANGAN MEDAN

Saut Maruli Manurung¹, Rivan Daniel Malau², Adolf Valentino Simanungkalit³,

Liber Tommy Hutabarat^{4*}, Natanael Riansa Bakkara⁵, Yesaya Swabra⁶

Politeknik Penerbangan Medan, Sumatera Utara

email: ¹manurungsautmaruli@gmail.com, ²rivandanielmalau@gmail.com,

³adolfvsimanungkalit@gmail.com, ^{4*}limasodara@gmail.com

⁵natanaelbakara74681@gmail.com, ⁶yesayaswabra26@gmail.com

Abstract *This study discusses the implementation of the Hazard Identification, Risk Assessment, and Mitigation (HIRM) system at the Electrical Workshop Laboratory of Politeknik Penerbangan Medan as part of efforts to create a safe practice environment and foster a culture of occupational safety from an early stage. The laboratory serves as a facility for students to perform practical electrical engineering activities such as soldering, panel assembly, electrical measurements, and handling heavy equipment—activities with inherently high safety risks. The research applies the HIRM approach through stages of hazard identification, risk assessment using a probability and severity matrix based on ICAO Doc 9859 standards, and the formulation of mitigation strategies. Results identified seven main activities with moderate to high-risk levels. The highest risks were found in electrical installation assembly, battery testing, and distribution panel work, which can cause electric shock or serious injuries. Recommended mitigation includes the use of personal protective equipment (PPE), regular safety training, strict implementation of standard operating procedures (SOPs), and increased instructor supervision. The study concludes that HIRM is effective for implementation in vocational education settings, particularly in electrical engineering fields, and recommends the future development of digital monitoring systems for real-time risk assessment and improved laboratory safety management..*

Keywords: *HIRM, Occupational Safety, Workshop Laboratory, Risk Assessment, Hazard Mitigation*

Abstrak: Penelitian ini membahas penerapan sistem *Hazard Identification, Risk Assessment, and Mitigation (HIRM)* di Laboratorium Workshop Kelistrikan Politeknik Penerbangan Medan sebagai bagian dari upaya menciptakan lingkungan praktik yang aman dan mendukung budaya keselamatan kerja sejak dini. Laboratorium ini digunakan oleh mahasiswa untuk kegiatan praktik kelistrikan seperti penyolderan, perakitan panel, pengujian alat ukur, dan pengangkatan peralatan berat yang memiliki potensi risiko tinggi. Penelitian dilakukan dengan pendekatan HIRM melalui tahapan identifikasi bahaya, penilaian risiko menggunakan matriks probabilitas dan keparahan berdasarkan standar ICAO Doc 9859, serta penyusunan langkah mitigasi. Hasilnya menunjukkan tujuh aktivitas utama dengan tingkat risiko sedang hingga tinggi. Risiko tertinggi terdapat pada perakitan instalasi listrik, pengujian baterai, dan pemasangan panel distribusi yang dapat menyebabkan sengatan listrik atau luka serius. Mitigasi yang disarankan mencakup penggunaan alat pelindung diri (APD), pelatihan keselamatan kerja, penerapan SOP, serta peningkatan pengawasan dosen. Studi ini menyimpulkan bahwa sistem HIRM efektif untuk diimplementasikan di lingkungan pendidikan vokasi teknik, khususnya pada bidang kelistrikan, dan ke depan perlu dikembangkan sistem monitoring digital berbasis teknologi informasi untuk penilaian risiko secara real-time.

Kata kunci: HIRM, Keselamatan Kerja, Laboratorium Workshop, Penilaian Risiko, Mitigasi Bahaya

PENDAHULUAN

Safety Management System merupakan elemen penting dalam menciptakan lingkungan kerja yang aman dan produktif, terlebih di lingkungan pendidikan vokasi seperti Politeknik Penerbangan, di mana kegiatan praktik di laboratorium memiliki risiko kecelakaan yang cukup tinggi. Laboratorium *Workshop* sebagai salah satu sarana pembelajaran teknik dan rekayasa kelistrikan memiliki potensi bahaya yang bersumber dari peralatan listrik, bahan kimia, alat berat dan mesin yang berputar, hingga prosedur kerja manual yang belum sesuai dengan standar operasional prosedur (SOP) (Fitriah, 2018).

Menurut *International Labour Organization* (ILO), sekitar 2,3 juta orang meninggal setiap tahunnya akibat kecelakaan kerja atau penyakit akibat kerja (ILO, 2020). Walaupun sebagian besar data ini berasal dari industri, aktivitas praktik pada Laboratorium *Workshop* dalam bidang pendidikan kelistrikan menunjukkan karakteristik yang sejalan dengan data yang dihimpun dalam hal penggunaan alat kelistrikan, alat praktikum mesin yang berputar, dan paparan terhadap berbagai zat kimia atau fisika. Oleh karena itu, penerapan pendekatan terhadap potensi bahaya, penilaian risiko, dan penerapan strategi mitigasi sangat penting untuk Laboratorium *Workshop* kelistrikan.

Laboratorium adalah fasilitas atau bangunan yang dirancang secara khusus untuk melakukan pengukuran, penetapan, dan pengujian yang diperlukan dalam penelitian ilmiah serta proses pembelajaran. Laboratorium merupakan salah satu sarana pendukung yang sangat penting dan strategis dalam pelaksanaan sistem pendidikan, terutama di perguruan tinggi. Secara umum, laboratorium berperan dan berfungsi sebagai tempat pelaksanaan kegiatan pendidikan, penelitian, dan pengabdian kepada

masyarakat (*tridharma*) agar dapat berlangsung secara efektif (Liswardani et al., 2022). Sedangkan *Workshop* pada dasarnya berfungsi sebagai sarana yang melengkapi pembelajaran teori yang sudah dipelajari, sehingga teori dan praktik tidak dipandang sebagai hal yang terpisah, melainkan sebagai satu kesatuan yang saling melengkapi. Selain itu, laboratorium juga berperan dalam mengembangkan keterampilan kerja ilmiah dan membantu menumbuhkan dan memperkuat rasa percaya diri (Listrik et al., 2022).

Laboratorium *Workshop* adalah sebuah ruangan praktikum yang digunakan dalam proses menunjang kegiatan pembelajaran praktik mahasiswa, khususnya pada bidang teknik penerbangan dan kelistrikan. Laboratorium ini dirancang menyerupai lingkungan kerja nyata yang ada di industri penerbangan, sehingga seluruh kegiatan yang dilaksanakan tidak hanya bertujuan untuk membentuk kompetensi teknis, tetapi juga menanamkan budaya keselamatan kerja sejak dini.

Salah satu kegiatan yang dilakukan pada Laboratorium *Workshop* yaitu proses instalasi sistem penerangan listrik yang menyediakan energi listrik untuk kebutuhan pencahayaan pada ruangan, praktik pengujian alat ukur listrik, seperti *voltmeter*, *ammeter*, *multimeter*, serta *clamp meter*, membaca dan menganalisis parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, dan resistansi pada berbagai jenis beban. Meskipun alat ukur dirancang untuk keselamatan, risiko seperti salah skala pengukuran, kesalahan polaritas, atau menyentuh bagian konduktif saat alat terhubung dengan arus tetap menjadi ancaman yang harus diperhatikan dengan ketat (Elenia et al., 2020).

Di sisi lain, kegiatan penyolderan komponen elektronik dilakukan dalam mata kuliah sistem kelistrikan dan kontrol. Mahasiswa menyolder komponen kecil seperti resistor dan kapasitor pada

papan rangkaian *Printed Circuit Board* (PCB). Meski tampak sederhana, kegiatan ini berisiko menimbulkan luka bakar akibat suhu tinggi pada ujung solder serta paparan asap timah solder yang mengandung zat berbahaya jika terhirup dalam jangka panjang. Dalam beberapa praktik, mahasiswa menggunakan bahan pembersih, pelarut, atau larutan asam ringan untuk membersihkan komponen atau peralatan kerja. Proses ini harus dilakukan dengan sangat hati-hati karena kesalahan sedikit saja dapat menimbulkan iritasi kulit, luka bakar, atau bahkan ledakan kecil akibat reaksi kimia yang tidak terkontrol (Elenia et al., 2020).

Dengan berbagai aktivitas yang dilakukan, *Laboratorium Workshop* memiliki tingkat risiko kerja yang cukup tinggi. Oleh karena itu, penerapan sistem manajemen keselamatan kerja berbasis *Hazard Identification, Risk Assessment, and Mitigation* menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa seluruh aktivitas tersebut dapat dilaksanakan secara aman, efektif, dan berkelanjutan.

Risiko keselamatan adalah perkiraan kemungkinan dan tingkat keparahan dari konsekuensi atau hasil dari bahaya atau situasi yang ada atau situasi yang ada. Meskipun hasilnya bisa berupa kecelakaan, “kejadian/konsekuensi tidak aman menengah” dapat diidentifikasi sebagai “hasil yang paling kredibel”. Ketentuan untuk mengidentifikasi konsekuensi berlapis seperti itu biasanya dikaitkan dengan perangkat lunak mitigasi risiko yang lebih canggih. Proses pengelolaan risiko keselamatan diawali dengan mengevaluasi kemungkinan terjadinya konsekuensi dari bahaya selama kegiatan penerbangan yang dilakukan oleh organisasi. Probabilitas risiko keselamatan merujuk pada tingkat kemungkinan atau frekuensi terjadinya konsekuensi atau dampak yang berkaitan dengan keselamatan. Penilaian risiko (*Risk Assessment*) merupakan suatu proses untuk mengidentifikasi potensi bahaya yang mungkin terjadi. Tujuan dari proses ini adalah untuk memastikan bahwa pengendalian risiko dalam suatu proses, operasi, atau aktivitas berada

dalam batas yang dapat diterima. Dalam penilaian risiko, dua aspek utama yang dinilai adalah Probabilitas (P) dan Tingkat Keparahan (S). Probabilitas menggambarkan seberapa besar kemungkinan terjadinya kecelakaan, sedangkan Tingkat Keparahan atau Konsekuensi menggambarkan besarnya dampak yang ditimbulkan apabila bahaya tersebut terjadi dari potensi bahaya yang ditimbulkan (International Civil Aviation Organization Doc 9859, 2013)

Level Kriteria Probability Risk

Likelihood	Meaning	Value
Frequent	Likely to occur many times (has occurred frequently)	5
Occasional	Likely to occur sometimes (has occurred infrequently)	4
Remote	Unlikely to occur, but possible (has occurred rarely)	3
Improbable	Very unlikely to occur (not known to have occurred)	2
Extremely improbable	Almost inconceivable that the event will occur	1

Figure 1 Safety risk probability table

Severity Risk Level / Level tingkatan probabilitas bahaya.

Penilaian terhadap probabilitas dan tingkat keparahan risiko keselamatan dapat dimanfaatkan untuk menentukan indeks risiko keselamatan. Indeks ini dibentuk menggunakan metode yang telah dijelaskan sebelumnya, dan disajikan dalam bentuk kode alfanumerik yang mencerminkan hasil kombinasi antara penilaian probabilitas dan keparahan (International Civil Aviation Organization Doc 9859, 2013). (International Civil Aviation Organization Doc 9859, 2013). Kombinasi keparahan/probabilitas yang bersangkutan disajikan dalam matriks penilaian risiko keselamatan pada gambar dibawah ini.

Severity	Meaning	Value
Catastrophic	— Equipment destroyed — Multiple deaths	A
Hazardous	— A large reduction in safety margins, physical distress or a workload such that the operators cannot be relied upon to perform their tasks accurately or completely — Serious injury — Major equipment damage	B
Major	— A significant reduction in safety margins, a reduction in the ability of the operators to cope with adverse operating conditions as a result of an increase in workload or as a result of conditions impairing their efficiency — Serious incident — Injury to persons	C
Minor	— Nuisance — Operating limitations — Use of emergency procedures — Minor incident	D
Negligible	— Few consequences	E

Figure 2 Safety risk severity table

Indeks yang dihasilkan matriks penilaian risiko keselamatan perlu dipetakan ke dalam matriks toleransi risiko keselamatan. Matriks ini digunakan untuk menggambarkan kriteria bahaya yang dapat ditoleransi untuk organisasi tertentu. Tentunya hasil dari tabel matriks Resiko ini digunakan oleh organisasi untuk mengambil langkah-langkah untuk mengurangi paparan organisasi terhadap risiko tertentu seperti, mengurangi komponen kemungkinan dari indeks risiko; mengambil langkah-langkah untuk mengurangi keparahan konsekuensi yang terkait dengan bahaya, dan langkah konkret untuk mengurangi komponen keparahan dari indeks risiko; atau membatalkan operasi jika mitigasi tidak mungkin (International Civil Aviation Organization Doc 9859, 2013). Berikut risk matriks mitigation table yang disajikan;

Risk probability	Risk severity				
	Catastrophic A	Hazardous B	Major C	Minor D	Negligible E
Frequent 5	5A	5B	5C	5D	5E
Occasional 4	4A	4B	4C	4D	4E
Remote 3	3A	3B	3C	3D	3E
Improbable 2	2A	2B	2C	2D	2E
Extremely improbable 1	1A	1B	1C	1D	1E

HASIL DAN PEMBAHASAN

Metode pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan melalui pendekatan sistem **HIRM** (*Hazard Identification and Risk Mitigation*), yang berfokus pada dua tahapan utama, yaitu **identifikasi bahaya** dan **mitigasi risiko**. Observasi dilakukan di **Laboratorium Workshop Kelistrikan Politeknik Penerbangan Medan**, yang merupakan fasilitas praktik utama bagi taruna dalam mempelajari dan mengaplikasikan sistem kelistrikan serta teknologi penerbangan.

Beberapa kejadian insiden kerja telah tercatat di laboratorium ini, seperti taruna yang mengalami luka potong atau sayatan akibat pengupasan kabel

menggunakan pisau cutter, atau alat potong lainnya, kasus lainnya berupa korsleting yang menyebabkan Mahasiswa kaget dan tidak sengaja memegang kawat tembaga sehingga kesetrum ringan dan beban menjadi trip/ padam. luka bakar akibat penyolderan komponen, serta iritasi pada kulit akibat zat kimia. Kasus-kasus ini mencerminkan pentingnya sistem identifikasi dan mitigasi bahaya yang sistematis dan terstruktur.

HIRM (*Hazard Identification and Risk Mitigation*) merupakan pendekatan dalam sistem manajemen keselamatan kerja yang digunakan untuk mengenali potensi bahaya (*hazard*) di tempat kerja, serta menentukan langkah-langkah mitigasi (pengendalian) yang sesuai guna mengurangi atau menghilangkan risiko yang ditimbulkan. Sistem ini menjadi bagian krusial dalam penerapan sistem Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), khususnya di lingkungan praktikum pendidikan vokasi seperti Politeknik Penerbangan Medan.

Hazard Identification

Pada penggunaan ruangan Laboratorium *Workshop* Kelistrikan terdapat beberapa peralatan yang sangat memungkinkan untuk berpotensi menimbulkan kecelakaan dan penyakit kerja, contohnya adalah:

1. Penggunaan alat ukur listrik (*multimeter, ammeter, clamp meter*). Pengukuran ialah suatu kegiatan untuk membandingkan suatu besaran yang dibandingkan antara besaran dengan alat ukur yang digunakan sebagai satuan ukur jika digunakan dengan tepat, namun jika salah dalam menentukan skala ukur maka akan menyebabkan alat ukur meledak dan luka akibat percikan. Menentukan karakteristik suatu alat ukur seperti presisi, akurasi, resolusi, *range*, dan *error*. Pengukuran yang digunakan pada sistem ini bertujuan untuk mengukur arus listrik dan tegangan pada resistor, yang mana pengukuran tersebut merupakan salah satu pengetahuan dasar di

- bidang elektronika (Kamarudin et al., 2022)
2. Pemasangan panel listrik, perakitan panel distribusi listrik adalah proses penyusunan dan pemasangan komponen-komponen kelistrikan dalam sebuah panel untuk mendistribusikan tenaga listrik dari sumber (seperti trafo atau genset) ke berbagai beban (seperti mesin, lampu, atau peralatan industri). Pemasangan panel listrik ini dapat menyebabkan sengatan listrik kepada pekerja dalam kegiatan praktikum (Tjahjono et al., 2022).
 3. Penggunaan alat potong, bor listrik, gerinda. Peralatan ini dapat menyebabkan luka sayatan, tertusuk. Perkakas seperti alat potong, gerinda, dan bor listrik merupakan peralatan yang digerakkan oleh motor listrik, tekanan udara, atau mesin lainnya untuk melaksanakan berbagai pekerjaan yang memerlukan tenaga mekanik. Peralatan ini dirancang untuk meningkatkan efisiensi dan mempermudah pelaksanaan tugas dibandingkan dengan penggunaan alat manual konvensional (Purnama et al., 2021).
 4. Penggunaan timah solder, paparan dari asap timah solder selama penyolderan menyebabkan gangguan pernapasan, keracunan jangka panjang. Kegiatan penyolderan yang tidak hati-hati selama penyolderan menyebabkan luka bakar pada kulit. Kegiatan penyolderan merupakan proses penting dalam perakitan perangkat elektronik, yang bertujuan untuk menciptakan sambungan listrik yang kuat dan stabil antara kabel dan komponen pada *Printed Circuit Board* (PCB). Proses ini melibatkan penggunaan solder paduan logam dengan titik leleh rendah yang dilelehkan menggunakan alat pemanas seperti *soldering iron* untuk menghubungkan bagian-bagian logam tanpa melelehkan komponen dasarnya (Darmawan, 2020)
 5. Transformator dan UPS, pengangkatan dan pemindahan peralatan berat seperti transformator (trafo), *Uninterruptible Power Supply* (UPS), dan panel distribusi merupakan kegiatan penting dalam instalasi dan pemeliharaan sistem kelistrikan. Proses ini memerlukan perhatian khusus terhadap aspek keselamatan, teknik, dan prosedur operasional yang tepat untuk mencegah kerusakan peralatan dan memastikan keselamatan pekerja. Sehingga dalam proses pemindahan maupun pengangkatan peralatan berat sangat memerlukan alat bantu seperti *crane*, *forklift*, *winch*, atau *tripod* untuk mencegah kecelakaan tertimpa beban selama melakukan pekerjaan (Tuyono, 2010).
 6. Pengujian baterai/ aki dan cairan kimia PCB menyebabkan iritasi dan ruam pada kulit. Pengujian baterai atau aki merupakan salah satu praktik penting dalam laboratorium teknik elektro, khususnya dalam kegiatan *workshop* yang melibatkan sistem kelistrikan. Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa, efisiensi, dan umur pakai dari baterai atau aki saat digunakan dalam rangkaian beban tertentu maupun dalam sistem penyimpanan energi (Achlisson et al., 2024).
- Menurut Achlisson (2024), pengujian ini penting untuk mengetahui kemampuan baterai dalam menyimpan dan melepaskan energi listrik, serta efisiensi proses pengisian dan pengosongan menggunakan berbagai sumber, seperti panel surya atau listrik PLN. Proses ini memberikan wawasan terhadap karakteristik kelistrikan baterai dalam aplikasi nyata, seperti kendaraan listrik atau sistem off-grid (Achlisson, 2024). Selain itu, Artiana (2022) menambahkan bahwa pengujian dilakukan guna mengetahui durasi suplai energi oleh baterai terhadap beban tertentu dan waktu yang diperlukan untuk mengisi ulang baterai hingga kapasitas tertentu. Dalam praktiknya, pengujian dilakukan menggunakan alat ukur seperti multimeter digital, alat uji beban, dan

pencatat waktu untuk mendapatkan data akurat tentang performa baterai (Artiana, 2022).

Pekerjaan instalasi rangkaian listrik melibatkan penggunaan berbagai peralatan, seperti obeng, palu, pahat, gergaji, dan alat lainnya. Meskipun alat-alat ini berukuran relatif kecil, tetap memiliki potensi untuk menyebabkan

Risk assesment (Penilaian Resiko)

Setelah mengenali alat-alat yang tersedia di laboratorium, penting juga untuk memahami berbagai risiko yang mungkin timbul saat menggunakan alat-alat tersebut. Langkah ini dilakukan setelah potensi bahaya diidentifikasi, sebagai bagian dari proses untuk

cedera pada pengguna. Proses praktikum penarikan kabel pada laboratorium umumnya dilakukan dengan melakukan penarikan kabel listrik melalui tray atau pipa conduit yang merupakan metode instalasi yang umum digunakan untuk memastikan keamanan, kerapian, dan efisiensi dalam sistem distribusi listrik (Ketenagalistrikan, 2011).

menentukan tingkat risiko dari masing-masing peralatan. Dengan demikian, risiko dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kategori: rendah, sedang, dan tinggi.

Berikut adalah tabel **Risk assesment (Penilaian Resiko)** disajikan dibawah ini;

No.	Aktifitas	Potensi bahaya	Resiko	Penilaian Resiko			
				Probabili ty	Severi ty	Risk Assessm ent Score	Mitigation
1.	Penggunaan alat ukur kelistrikan (multimeter, ammeter, clamp meter).	Salah setting dalam skala/polaritas	alat ukur meledak dan luka akibat percikan	2- Improbable	C- Major	2C	Pelatihan penggunaan alat ukur. - SOP penggunaan alat ukur. - Gunakan APD (sarung tangan isolasi, pelindung wajah).
2.	Perakitan panel kelistrikan	Sengatan listrik dari kabel terbuka	Beban trip, Cedera serius atau kematian	3- Remote	C- Major	3C	- Pastikan sumber listrik mati. - Gunakan alat berinsulasi dan APD. - Pasang rambu peringatan kabel terbuka.

3.	Penggunaan peralatan elektrik (tools)	Luka sayatan	Tangan robek	3-Remote	C-Major	3C	Gunakan sarung tangan tahan potong. - Periksa alat sebelum pakai. - Pelatihan K3 penggunaan tools.
4.	Penyolderan dengan timah solder	1. Menghirup asap mengandung logam berat 2. Luka bakar akibat suhu tinggi pada solder	1. Gangguan pernapasan, keracunan jangka panjang 2. Luka bakar sedang, iritasi kulit	3-Remote	C-Major	3C	- Gunakan masker/ventilasi (fume extractor). - Sarung tangan tahan panas dan kacamata pelindung. - Hindari kontak langsung dengan ujung solder
5.	Pengangkatan dan pemindahan peralatan berat (Trafo, UPS)	Tersandung dan terjatuh peralatan berat	Cedera fisik ringan sampai berat	3-Remote	C-Major	3C	- Gunakan teknik angkat yang benar. - Alat bantu (trolley, handlift). - Pastikan jalur bersih dan tidak licin.
6.	Pengisian dan pengukuran aki baterai	Tertumpah ke kulit atau mata	Luka bakar kimia, iritasi	2-Improbable	C-Major	2C	- Gunakan APD (sarung tangan karet, pelindung wajah). - Sediakan pencuci mata dan air bersih. - Ventilasi baik saat bekerja.

7.	Perakitan instalasi listrik	Sengatan listrik dari kabel terbuka	Cedera serius atau kematian	3-Remote	C-Major	3C	<ul style="list-style-type: none"> - Listrik dimatikan saat instalasi. - Uji tegangan sebelum menyentuh kabel. - Gunakan multimeter dan APD lengkap.
----	-----------------------------	-------------------------------------	-----------------------------	----------	---------	----	---

SIMPULAN

Berdasarkan hasil identifikasi bahaya dan penilaian risiko terhadap 7 aktivitas utama yang dilakukan di Laboratorium *Workshop* Kelistrikan, diperoleh bahwa sebagian besar aktivitas memiliki tingkat risiko sedang hingga tinggi. Potensi bahaya yang paling dominan berasal dari kontak langsung dengan tegangan listrik, penggunaan alat ukur, pengujian beban, serta penyolderan dan pengangkatan peralatan berat. Risiko-risiko tersebut mencakup kemungkinan terjadinya sengatan listrik fatal, luka bakar serius, ledakan baterai, hingga cedera fisik akibat beban berat dan penggunaan alat mekanik. Hasil penilaian menunjukkan bahwa aktivitas seperti penginstalan rangkaian listrik, pengujian aki, dan perakitan panel distribusi masuk dalam kategori risiko tinggi dan memerlukan tindakan pengendalian segera. Risiko sedang umumnya berasal dari aktivitas pendukung seperti penarikan kabel, pengoperasian motor kecil, dan perawatan peralatan. Berdasarkan temuan tersebut, diperlukan upaya mitigasi seperti penggunaan alat pelindung diri (APD), pelatihan keselamatan kerja, *Standard Operating Procedure* (SOP), serta pengawasan terhadap penggunaan alat dan teknik kerja yang benar. Dengan menerapkan langkah mitigasi yang tepat, potensi bahaya dapat ditekan seminimal mungkin untuk menjamin keselamatan Mahasiswa, Dosen, serta peralatan di

lingkungan Laboratorium *Workshop* Kelistrikan Politeknik Penerbangan Medan.

DAFTAR PUSTAKA

- Achlison, U., Santoso, J. T., Rozikin, K., & Diapoldo, F. (2024). *Analisis Pengisian Baterai Aki Kendaraan Listrik Menggunakan Sumber Daya dari Panel Surya dan PLN*. 17(2), 622–625.
- Darmawan, I. A. (2020). Faktor - Faktor Kegagalan Pemasangan Komponen Chip Pada Papan PCB Menggunakan Mesin Chip Mounter. *Jurnal Untirta*, 3(1), 397–403.
- Elenia, E. E., S, I. G. N. B. A., Oktavia, Ma., S, M. R. T., Aldisa, N., Widjayanti, P., & Ependi, V. (2020). Modul Praktikum Modul Praktikum. In *Pengujian material* (Issue 38).
- Fitriah, N. (2018). Penerapan K3 Di Laboraturium Kimia Analisis Politeknik Negeri Lhokseumawe. *Jurnal Sains Dan Teknologi Reaksi*, 15(1), 17–22. <https://doi.org/10.30811/jstr.v15i1.520>
- ILO. (2020). *International Labour Organization (ILO). (2020). Safety and health at the heart of the future of work: Building on 100 years of experience. Geneva: ILO.*
- International Civil Aviation Organization Doc 9859. (2013). Safety

- Management Manual (SMM). In *Organization* (Vol. 2012, Issue Third Edition).
http://www.icao.int/fsix/_Library/SM-M-9859_1ed_en.pdf
- Kamarudin, K., Ridwan, M., Saputra, J., & Aby, K. M. (2022). Sistem Pengukuran Arus dan Tegangan pada Rangkaian Kombinasi Virtual Lab. *Jurnal Integrasi*, 14(2), 103–109. <https://doi.org/10.30871/ji.v14i2.438>
- Ketenagalistrikan), (Ditjen. (2011). *PERSYARATAN UMUM INSTALASI LISTRIK 2011* (Vol. 2011).
- Listrik, I., Smk, D. I., Luwu, N., Smk, D. A. N., & Luwu, N. (n.d.). 1, 2, 3. 4.
- Liswardani, S., Sulisty, S., & Anam, C. (2022). Efektivitas Pelatihan *Workshop* Laboratorium Terhadap Asisten Laboratorium di Fakultas Pertanian UNS. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 4(2), 42–47. <https://doi.org/10.14710/jplp.4.2.42-47>
- Purnama, J., Putri, E. P., Halik, A., Idraki, D. N., & Andris, D. A. M. (2021). Inovasi Alat Mesin Kayu Yang Ergonomis Untuk Meningkatkan Output Produksi Pada Ukm Furniture. *JPM17: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 7(1), 01–08. <https://doi.org/10.30996/jpm17.v7i1.6032>
- Tjahjono, G., Fahmi, I., Ray, F. F. G., Hietingwati, Y. M., Elektro, P. T., Universitas, F., Cendana, N., Adisucipto, J., Nusa, P.-K., & Timur, T. (2022). Perakitan Dan Pengujian Panel Daya Listrik Portable Low Voltage Main Distribution Panel (LVMDP) Dengan Proteksi Urutan Fasa. *Jurnal Spektro*, 5(1), 1–9. <https://ejurnal.undana.ac.id/index.php/spektro/article/view/8166>
- Tuyono. (2010). Studi Pemindahan Transformator Distribusi 20 KV Di PT.PLN (Persero) Ranting Helvetia. *Jurnal Universitas Medan Area*.