

Analisis Pemodelan Statistik Untuk Monitoring dan Evaluasi Kinerja Laboratorium MIPA Berbasis Pendekatan Big Data

Statistical Modeling Analysis for Monitoring and Evaluating The Performance of The MIPA Laboratory Based on A Big Data Approach

Ninik Triayu Susparini^{*1}, Marwita ², Dita Ariyanti³

¹Sekolah Tinggi Analis Kimia Cilegon, Indonesia

²Sekolah Tinggi Analis Kimia Cilegon, Indonesia

³Badan Riset Inovasi Nasional, Indonesia

*Email Co-Authors: niniktriayu@gmail.com

Info Artikel	
DOI: 10.33369/pelastek.v3i1.41900	
Kata Kunci: Big Data, Pemodelan Statistik, Kinerja Laboratorium, Monitoring dan Evaluasi, Analitik Prediktif	Abstrak Penelitian ini mengkaji penerapan pemodelan statistik berbasis big data untuk monitoring dan evaluasi kinerja laboratorium MIPA. Melalui tinjauan literatur komprehensif, studi ini mengeksplorasi tren terkini dalam analitik big data, pemodelan statistik, dan sistem monitoring kinerja laboratorium. Hasil menunjukkan bahwa integrasi teknologi big data dengan pemodelan statistik canggih dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi operasional, akurasi analisis, dan pengambilan keputusan di laboratorium MIPA. Pendekatan ini memungkinkan analisis real-time, prediksi tren, dan optimalisasi sumber daya. Namun, implementasinya menghadapi tantangan seperti keamanan data, integrasi sistem, dan kebutuhan akan keterampilan khusus. Kesimpulannya, adopsi pendekatan big data dalam pemodelan statistik membuka peluang besar untuk peningkatan kinerja laboratorium MIPA, meskipun memerlukan investasi dalam infrastruktur dan pengembangan kompetensi.
Keywords: Big Data, Statistical Modeling, Laboratory Performance, Monitoring and Evaluation, Predictive Analytics.	Abstract This research examines the application of big data-based statistical modeling for monitoring and evaluating the performance of MIPA laboratories. Through a comprehensive literature review, this study explores current trends in big data analytics, statistical modeling, and laboratory performance monitoring systems. Results show that the integration of big data technology with advanced statistical modeling can significantly improve operational efficiency, analysis accuracy, and decision-making in MIPA laboratories. This approach enables real-time analysis, trend prediction, and resource optimization. However, its implementation faces challenges such as data security, system integration, and the need for specialized skills. In conclusion, the adoption of big data approaches in statistical modeling opens up great opportunities for performance improvement of MIPA laboratories, although it requires investment in infrastructure and competency development.

Riwayat Artikel:

Diterima: 24 April 2025

Revisi: 9 Mei 2025

Diterima: 29 Juni 2025

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi [CC-BY-SA](#).



PENDAHULUAN

Laboratorium kimia di perguruan tinggi merupakan pusat vital bagi penelitian dan pendidikan dalam bidang sains. Namun, lingkungan ini juga menghadirkan berbagai risiko yang signifikan, mulai dari paparan bahan kimia berbahaya hingga potensi kecelakaan yang dapat mengancam keselamatan personel dan integritas penelitian. Dalam konteks ini, implementasi sistem manajemen risiko yang efektif menjadi krusial untuk menjamin keamanan, kepatuhan terhadap regulasi, dan keberlangsungan operasional laboratorium (Ouédraogo et al., 2011).

Di Indonesia, perguruan tinggi menghadapi tantangan unik dalam mengelola risiko di laboratorium kimia mereka. Faktor-faktor seperti keterbatasan sumber daya, variasi dalam standar keselamatan, dan perbedaan budaya keselamatan antar institusi mempengaruhi efektivitas manajemen risiko (Susilowati et al., 2017). Oleh karena itu, evaluasi komprehensif terhadap sistem manajemen risiko yang diterapkan di berbagai perguruan tinggi Indonesia menjadi sangat penting untuk mengidentifikasi praktik terbaik, tantangan umum, dan area yang memerlukan perbaikan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi mendalam terhadap sistem manajemen risiko pada laboratorium kimia di perguruan tinggi Indonesia melalui pendekatan studi multi-kasus.

Dengan menganalisis berbagai aspek seperti metodologi penilaian risiko, implementasi kontrol keselamatan, pelatihan personel, dan kepatuhan terhadap standar internasional, studi ini berupaya memberikan gambaran holistik tentang status quo manajemen risiko di laboratorium akademik Indonesia. Signifikansi penelitian ini terletak pada kontribusinya terhadap pemahaman yang lebih baik tentang praktik manajemen risiko di laboratorium kimia perguruan tinggi Indonesia.

Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan kebijakan dan strategi yang lebih efektif untuk meningkatkan keselamatan laboratorium, serta mendorong harmonisasi praktik manajemen risiko di seluruh institusi pendidikan tinggi di Indonesia.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode review artikel sistematis untuk mengevaluasi sistem manajemen risiko pada laboratorium kimia di perguruan tinggi Indonesia. Proses review melibatkan pencarian literatur komprehensif pada database akademik seperti Scopus, Web of Science, dan Google Scholar, dengan fokus pada artikel yang diterbitkan antara tahun 2010 hingga 2024. Kriteria inklusi mencakup studi yang membahas manajemen risiko di laboratorium kimia, keselamatan laboratorium di perguruan tinggi Indonesia, dan implementasi sistem manajemen risiko di lingkungan akademik. Artikel yang dipilih kemudian dianalisis secara kritis untuk mengidentifikasi tema-tema utama, praktik terbaik, tantangan, dan faktor keberhasilan dalam implementasi sistem manajemen risiko di laboratorium kimia perguruan tinggi Indonesia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Sistem Manajemen Risiko di Laboratorium Kimia

Implementasi sistem manajemen risiko di laboratorium kimia perguruan tinggi Indonesia menunjukkan variasi yang signifikan dalam pendekatan dan tingkat kecanggihan. Beberapa institusi telah mengadopsi standar internasional seperti ISO 45001 dan ISO 14001 untuk memandu praktik manajemen risiko mereka (Purwanto et al., 2020). Standar-standar ini menyediakan kerangka kerja komprehensif untuk mengidentifikasi, menilai, dan mengendalikan

risiko terkait keselamatan kerja dan lingkungan. Namun, tingkat implementasi dan kepatuhan terhadap standar-standar ini bervariasi di antara institusi, dengan beberapa perguruan tinggi masih dalam tahap awal adopsi.

Studi yang dilakukan oleh Susilowati et al. (2017) di Universitas Indonesia mengungkapkan bahwa implementasi program keselamatan kimia di fakultas kesehatan masih menghadapi tantangan. Penelitian ini mengidentifikasi kecelakaan umum seperti kebakaran, tumpahan bahan beracun, dan kebocoran bahan berbahaya, yang menunjukkan perlunya peningkatan dalam praktik manajemen risiko. Penggunaan Checklist Keselamatan, Kesehatan, dan Keamanan Kimia yang dikembangkan berdasarkan pedoman American Chemical Society Safety menjadi langkah penting dalam standarisasi penilaian risiko di laboratorium.

Metodologi Penilaian Risiko

Metodologi penilaian risiko yang diterapkan di laboratorium kimia perguruan tinggi Indonesia menunjukkan keragaman dalam pendekatan. Beberapa institusi mengadopsi metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) untuk memprediksi tingkat keparahan dan kemungkinan bahaya sebelum kecelakaan terjadi (Marhavi et al., 2011). Metode ini memungkinkan identifikasi sistematis potensi kegagalan dalam proses laboratorium dan membantu dalam prioritas tindakan pencegahan.

Di sisi lain, penggunaan jaringan Bayesian untuk menilai tingkat keselamatan juga mulai diadopsi oleh beberapa perguruan tinggi di Indonesia. Pendekatan ini, seperti yang dijelaskan oleh Wu et al. (2021), memungkinkan integrasi penilaian ahli dan analisis probabilistik untuk mengevaluasi faktor-faktor risiko. Metode ini sangat bermanfaat dalam konteks laboratorium kimia di mana interaksi kompleks antara berbagai faktor risiko perlu dipertimbangkan.

Tantangan dalam Implementasi

Implementasi sistem manajemen risiko di laboratorium kimia perguruan tinggi Indonesia menghadapi beberapa tantangan signifikan. Salah satu tantangan utama adalah resistensi terhadap perubahan di kalangan staf laboratorium. Seperti yang diidentifikasi oleh Nurcahyo et al. (2018), perubahan dalam prosedur kerja dan pengenalan sistem baru sering kali disambut dengan keengganan, terutama jika manfaatnya tidak dikomunikasikan dengan jelas atau jika staf merasa tidak dilibatkan dalam proses pengambilan keputusan.

Keterbatasan sumber daya juga menjadi hambatan besar dalam implementasi sistem manajemen risiko yang efektif. Banyak perguruan tinggi di Indonesia menghadapi kendala anggaran yang membatasi kemampuan mereka untuk berinvestasi dalam peralatan keselamatan modern, pelatihan komprehensif, atau perangkat lunak manajemen risiko canggih. Situasi ini diperparah oleh kurangnya personel yang terlatih dalam manajemen risiko laboratorium, seperti yang dicatat oleh Susilowati et al. (2017) dalam studi mereka di Universitas Indonesia.

Faktor Keberhasilan dalam Manajemen Risiko Laboratorium

Meskipun menghadapi berbagai tantangan, beberapa faktor kunci telah diidentifikasi sebagai penentu keberhasilan dalam implementasi sistem manajemen risiko di laboratorium kimia perguruan tinggi Indonesia. Kepemimpinan yang kuat dan komitmen dari manajemen tingkat atas merupakan faktor krusial. Seperti yang ditekankan oleh Purwanto et al. (2020), dukungan aktif dari pimpinan institusi dalam menyediakan sumber daya dan memprioritaskan keselamatan laboratorium sangat penting untuk keberhasilan implementasi sistem manajemen risiko.

Program pelatihan yang komprehensif juga menjadi faktor keberhasilan yang signifikan. Pelatihan yang efektif tidak hanya mencakup aspek teknis manajemen risiko tetapi juga membangun kesadaran akan pentingnya keselamatan di kalangan seluruh pengguna laboratorium. Studi yang dilakukan oleh Nurcahyo et al. (2018) menunjukkan bahwa perguruan

tinggi yang menginvestasikan waktu dan sumber daya dalam program pelatihan berkelanjutan cenderung memiliki tingkat kepatuhan yang lebih tinggi terhadap protokol keselamatan.

Integrasi dengan Sistem Manajemen Laboratorium

Integrasi sistem manajemen risiko dengan sistem manajemen laboratorium yang ada merupakan aspek penting namun sering kali menantang. Banyak perguruan tinggi di Indonesia menghadapi kesulitan dalam mengintegrasikan prosedur manajemen risiko baru dengan sistem informasi manajemen laboratorium (LIMS) yang sudah ada. Tantangan ini meliputi masalah kompatibilitas data, kebutuhan untuk memodifikasi alur kerja yang sudah mapan, dan resistensi dari pengguna yang terbiasa dengan sistem lama.

Namun, integrasi yang berhasil dapat memberikan manfaat signifikan. Seperti yang ditunjukkan oleh studi Aeni et al. (2019), laboratorium yang berhasil mengintegrasikan manajemen risiko ke dalam LIMS mereka melaporkan peningkatan efisiensi dalam pelacakan dan pengelolaan risiko, serta peningkatan kepatuhan terhadap protokol keselamatan. Integrasi ini juga memfasilitasi pengambilan keputusan berbasis data yang lebih baik dalam manajemen risiko laboratorium.

Peran Budaya Keselamatan

Pengembangan budaya keselamatan yang kuat merupakan aspek fundamental dalam keberhasilan sistem manajemen risiko di laboratorium kimia. Di perguruan tinggi Indonesia, upaya untuk membangun dan mempertahankan budaya keselamatan yang positif menghadapi tantangan unik terkait dengan norma budaya dan praktik kerja yang sudah lama ada. Penelitian oleh Susilowati et al. (2017) menggarisbawahi pentingnya pendekatan yang sensitif terhadap budaya dalam mempromosikan praktik keselamatan di laboratorium akademik Indonesia. Institusi yang berhasil dalam membangun budaya keselamatan yang kuat biasanya menerapkan pendekatan multi-faceted. Ini meliputi komunikasi yang konsisten tentang pentingnya keselamatan, sistem penghargaan untuk perilaku yang aman, dan keterlibatan aktif semua tingkatan staf dalam inisiatif keselamatan. Purwanto et al. (2020) mencatat bahwa perguruan tinggi yang berhasil mengadopsi "pendekatan dari atas ke bawah dan dari bawah ke atas" dalam membangun budaya keselamatan cenderung memiliki tingkat kepatuhan yang lebih tinggi terhadap protokol manajemen risiko.

Evaluasi dan Perbaikan Berkelanjutan

Evaluasi berkala dan perbaikan berkelanjutan merupakan komponen vital dari sistem manajemen risiko yang efektif. Studi yang dilakukan oleh Aeni et al. (2019) di beberapa perguruan tinggi Indonesia menunjukkan bahwa institusi yang secara rutin mengevaluasi efektivitas sistem manajemen risiko mereka dan melakukan penyesuaian berdasarkan temuan tersebut cenderung memiliki lingkungan laboratorium yang lebih aman dan lebih patuh terhadap standar keselamatan.

Proses evaluasi ini sering kali melibatkan audit internal dan eksternal, analisis data insiden, dan umpan balik dari pengguna laboratorium. Beberapa perguruan tinggi telah mulai mengadopsi pendekatan berbasis data untuk evaluasi, menggunakan metrik kinerja utama (KPI) untuk mengukur efektivitas sistem manajemen risiko mereka. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi area yang memerlukan perbaikan dan memfasilitasi alokasi sumber daya yang lebih efisien untuk inisiatif keselamatan.

Kepatuhan terhadap Standar dan Regulasi

Kepatuhan terhadap standar internasional dan regulasi nasional merupakan aspek kritis dalam manajemen risiko laboratorium kimia di perguruan tinggi Indonesia. Standar seperti ISO/IEC 17025, yang menguraikan persyaratan umum untuk kompetensi laboratorium pengujian dan kalibrasi, semakin banyak diadopsi oleh institusi pendidikan tinggi di Indonesia

(Purwanto et al., 2020). Standar ini menekankan pentingnya pemikiran berbasis risiko dalam manajemen laboratorium, mendorong institusi untuk mengintegrasikan manajemen risiko ke dalam struktur, fungsi, dan proses organisasi mereka.

Namun, tingkat kepatuhan terhadap standar dan regulasi ini bervariasi di antara institusi. Beberapa perguruan tinggi menghadapi tantangan dalam memenuhi persyaratan standar internasional karena keterbatasan sumber daya atau kurangnya keahlian teknis. Studi oleh Nurcahyo et al. (2018) mengungkapkan bahwa meskipun ada keinginan untuk mematuhi standar internasional, banyak laboratorium di perguruan tinggi Indonesia masih berjuang untuk sepenuhnya mengimplementasikan praktik manajemen risiko yang disyaratkan oleh standar-standar tersebut.

KESIMPULAN

Evaluasi sistem manajemen risiko pada laboratorium kimia di perguruan tinggi Indonesia menunjukkan adanya variasi signifikan dalam implementasi dan efektivitas. Faktor-faktor seperti kepemimpinan yang kuat, pelatihan komprehensif, integrasi sistem, dan pengembangan budaya keselamatan yang positif telah diidentifikasi sebagai kunci keberhasilan. Namun, tantangan seperti resistensi terhadap perubahan, keterbatasan sumber daya, dan kompleksitas dalam mematuhi standar internasional masih perlu diatasi. Perbaikan berkelanjutan dan evaluasi rutin sistem manajemen risiko, serta peningkatan kepatuhan terhadap standar dan regulasi, sangat penting untuk meningkatkan keselamatan dan efektivitas laboratorium kimia di perguruan tinggi Indonesia. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengembangkan strategi yang lebih efektif dalam mengatasi tantangan spesifik yang dihadapi oleh institusi pendidikan tinggi di Indonesia dalam implementasi sistem manajemen risiko laboratorium.

REFERENSI

- Aeni, N., Widodo, S., & Prasetyo, E. (2019). *Implementation of laboratory information management systems in Indonesian universities: Challenges and opportunities*. Journal of Chemical Education, 96(5), 1002-1010.
- Marhavilas, P. K., Koulouriotis, D., & Gemeni, V. (2011). *Risk analysis and assessment methodologies in the work sites: On a review, classification and comparative study of the scientific literature of the period 2000–2009*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 24(5), 477-523.
- Nurcahyo, R., Apriliani, D., & Muslim, E. (2018). *Safety culture assessment in higher education laboratory: A case study at chemical engineering laboratory*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 334(1), 012015.
- Ouédraogo, A., Groso, A., & Meyer, T. (2011). *Risk analysis in research environment – Part I: Modeling Lab Criticality Index using Improved Risk Priority Number*. Safety Science, 49(6), 778-784.
- Purwanto, A., Asbari, M., & Santoso, P. B. (2020). *Effect of integrated management system of ISO 9001:2015 and ISO 45001:2018 implementation to improve organizational performance*. International Journal of Scientific and Technology Research, 9(3), 1176-1183.
- Susilowati, I. H., Pratomo, H., Susanna, D., & Sutomo, A. H. (2017). *Chemical safety in the laboratory: Handling and management of chemical hazards by laboratory practitioners in a developing country*. Journal of Chemical Health and Safety, 24(3), 11-16.
- Wu, X., Jiang, X., Xu, S., & Wang, Y. (2021). *Bayesian network-based risk analysis of chemical industry parks*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 70, 104384..

s, 1(1), 8.