

Implementation of Report Analysis of Preventive Maintenance (RAOPM) in the Mechanical Engineering Laboratory of Universitas Negeri Makassar

Achmad Romadin*, Nurlaela Nurlaela, Nur Fuadah, Ismail Aqsha

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Makassar, INDONESIA

*Corresponding author: achmadromadin@unm.ac.id

Received March 1st 2024; Revised April 25th 2024; Accepted May 27th 2024

Abstract

The Industrial Revolution has had an impact on the world of vocational education. Practical learning is the main characteristic in answering the challenges of the industrial world. The equipment used in the practicum must have excellent performance to be operated. One of the strategies in maintaining equipment in prime condition is the application of the Report Analysis of Preventive Maintenance (RAOPM) application. This study aims to monitor the activities of the use of equipment in the laboratory, in order to determine the downtime of the machine. This research uses development research. The results showed that RAOPM in the Makassar State University laboratory has had a tremendous impact on the operational aspects of the laboratory. The implementation of RAOPM from the usage rate indicator, has an average value of 4.21 in the "Very Good" category with a percentage of 52.2%. In terms of maintenance efficiency, it also has a positive impact on knowing machine downtime which can be monitored in real-time. Then the implementation of RAOPM in the laboratory provides various benefits, ranging from increased maintenance efficiency with a predictive approach to better resource management through structured scheduling. RAOPM transforms maintenance from reactive to proactive, lowering breakdown frequency, downtime, and operational costs. In addition, RAOPM improved staff competencies through technology and maintenance management training, fostered a sense of responsibility, and supported the university's sustainability goals by optimizing energy efficiency. Although challenges such as resource limitations and technology adaptation remain, the benefits of RAOPM in improving the university's performance, academic quality, and reputation are significant.

Keywords: Preventive Maintenance, Laboratory, Workshop Management

Implementasi *Report Analysis of Preventive Maintenance* (RAOPM) pada Laboratorium Teknik Mesin Universitas Negeri Makassar

Abstrak

Revolusi Industri memberikan dampak perubahan pada dunia pendidikan kejuruan. Pembelajaran praktikum menjadi cirikhas utama dalam menjawab tantangan dunia industri. Peralatan yang digunakan dalam praktikum harus memiliki performace yang prima untuk dioperasikan. Salah satu strategi dalam menjaga peralatan dalam kondisi prima adalah penerapan Aplikasi Report Analysis of Preventive Maintenance (RAOPM). Penelitian ini bertujuan untuk memantau kegiatan penggunaan peralatan yang ada di laboratorium, guna mengetahui waktu downtime mesin. Penelitian ini menggunakan penelitian pengembangan. Hasil penelitian didapatkan bahwa RAOPM di laboratorium Universitas Negeri Makassar telah membawa dampak yang luar biasa pada aspek operasional laboratorium. Implementasi RAOPM dari indikator tingkat penggunaan, memiliki nilai rata-rata 4.21 dalam kategori "Sangat Baik" dengan persentase 52.2%. Dari segi efisiensi pemeliharaan juga berdampak positif untuk mengetahui downtime mesin yang dapat dipantau secara *real-time*. Kemudian implementasi RAOPM di laboratorium memberikan berbagai manfaat, mulai dari peningkatan efisiensi pemeliharaan dengan pendekatan prediktif hingga pengelolaan sumber daya yang lebih baik melalui penjadwalan yang terstruktur. RAOPM mengubah pemeliharaan dari reaktif ke proaktif, menurunkan frekuensi kerusakan, waktu henti, dan biaya operasional. Selain itu, RAOPM meningkatkan kompetensi staf melalui pelatihan teknologi dan manajemen pemeliharaan, menumbuhkan rasa tanggung jawab, serta mendukung pencapaian tujuan keberlanjutan universitas dengan mengoptimalkan efisiensi energi. Meskipun tantangan seperti keterbatasan sumber daya dan adaptasi teknologi tetap ada, manfaat RAOPM dalam meningkatkan kinerja, kualitas akademik, dan reputasi universitas sangat signifikan.

Kata kunci: Pemeliharaan Preventif, Laboratorium, Manajemen Bengkel

I. PENDAHULUAN

Revolusi Industri 4.0 telah mengubah lanskap industri secara mendasar dengan memperkenalkan konsep integrasi teknologi yang saling terhubung dan berbasis *Internet of Things* (IoT) (Roll & Ifenthaler, 2021). Dengan penerapan teknologi seperti kecerdasan buatan (AI), big data, komputasi awan, robotika, dan otomasi, proses produksi dan manufaktur menjadi lebih efisien, adaptif, serta terhubung secara digital (Liboni et al., 2019). Dampak dari Revolusi Industri 4.0 pada bagian produksi ditandai dengan melonjaknya jumlah mesin yang dioperasikan, hal ini membawa tantangan baru dalam hal pemeliharaan preventif (Jnsta et al., 2024; Yuli & Nita, 2022). Analisis data *real-time* dalam pelaksanaan sistem manajemen peralatan, pemantauan penggunaan peralatan, laboran dapat mendeteksi potensi kerusakan mesin secara dini (Bosman et al., 2020; Dehghani et al., 2020; Suryadi et al., 2023). Dengan hal tersebut maka perkembangan dalam Revolusi Industri 4.0 telah mengubah paradigma pemeliharaan mesin dari responsif menjadi proaktif, memungkinkan bidang usaha untuk mengoptimalkan kinerja operasional dan mengurangi *downtime* yang tidak direncanakan.

Penerapan perawatan preventif memiliki dampak yang signifikan dari berbagai aspek operasional perusahaan, salah satu dampak utamanya adalah peningkatan kinerja peralatan (Gholizadeh et al., 2021; Situmorang & Asbari, 2022). Urgenitas dalam penerapan perawatan preventif adalah menjaga agar peralatan atau mesin dapat beroperasi dengan optimal, mengurangi risiko kegagalan yang dapat mengganggu produktivitas perusahaan (H. Su et al., 2024). Berdasarkan hasil studi awal yang

dilakukan peneliti pada lingkungan laboratorium di Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar bahwa manajemen laboratorium masih belum tertata dengan baik dari segi manajemen peralatan dan mesin. Peralatan yang digunakan mahasiswa praktikum masih belum tersedia kartu peralatan dan mesin, hal ini memungkinkan terjadi *downtime* mesin yang tidak dapat dikendalikan. Berdasarkan problem yang dihadapi tersebut maka peneliti mengimplementasikan RAOPM pada laboratorium Teknik Mesin Universitas Negeri Makassar.

1. Studi Literatur

Kajian ini memfokuskan pada analisis berbagai laporan terkait pemeliharaan preventif yang dilakukan oleh bengkel mesin, dengan tujuan untuk mengidentifikasi pola, tren, dan praktik terbaik dalam menjaga kinerja optimal penggunaan peralatan mesin. RAOPM adalah sebuah kajian pustaka yang mendalam tentang praktik dan strategi pemeliharaan preventif dalam konteks industri bengkel teknik mesin (Ayu et al., 2021; Priyantoro et al., 2021). RAOPM mencakup tinjauan terhadap berbagai penelitian, artikel ilmiah, serta laporan industri yang membahas manfaat, tantangan, dan strategi implementasi dari pemeliharaan preventif (Prihantoro, 2020; Suwardi, 2023). Metode pemeliharaan preventif meliputi kegiatan penjadwalan perawatan rutin, pemantauan kondisi kendaraan secara berkala dan penggunaan teknologi canggih dalam deteksi dini kerusakan (Alawiyah & Ramadhan, 2023; Maulana & Ustafiano, 2023; Sio & Pipin, 2023). Selain itu, RAOPM juga dapat memperkuat pemahaman tentang faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan implementasi program pemeliharaan preventif, termasuk faktor manusia, teknologi, dan lingkungan. Dengan demikian, kajian pustaka ini memberikan wawasan yang berharga bagi *stakeholder* lingkungan pendidikan dalam merancang strategi pemeliharaan yang efektif, guna dapat meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi biaya perawatan, dan meningkatkan kepuasan pelanggan.

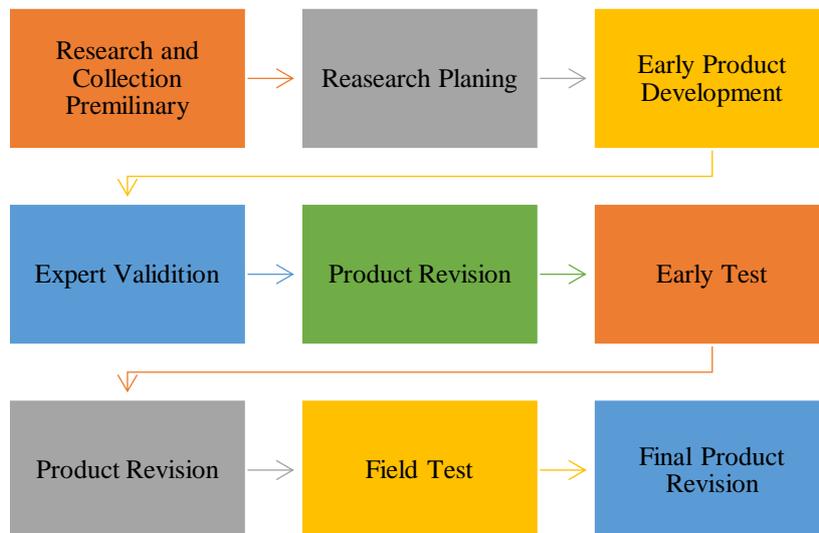
Aplikasi RAOPM memiliki fitur-fitur kunci yang mencakup rekapitulasi pemakaian peralatan, pemantauan peralatan, penjadwalan perawatan, laporan analisis, visualisasi data, serta integrasi dan konektivitas. Melalui fitur pemantauan, RAOPM memungkinkan pengguna untuk melacak inventaris peralatan dan riwayat pemakaian mesin. Penjadwalan perawatan memungkinkan pembuatan jadwal yang terencana dan pengingat otomatis untuk perawatan preventif. Pengguna RAOPM dapat mencatat hasil pemeliharaan dan tindakan perbaikan yang diambil, yang kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi untuk meningkatkan efisiensi. Visualisasi data yang disediakan oleh aplikasi memungkinkan pengguna untuk melihat sejarah perawatan dan performa peralatan dengan mudah. Terintegrasi dengan sistem manajemen laboratorium yang ada, aplikasi RAOPM memastikan akses yang mudah dari berbagai perangkat, seperti *smartphone*, tablet, dan komputer. Dengan demikian, aplikasi RAOPM membantu laboran teknik mesin pada Universitas Negeri Makassar untuk meningkatkan pengelolaan peralatan, efisiensi operasional dan pengambilan keputusan yang berbasis data. Skema dalam sistem kerja RAOPM dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 1. *State of Art* RAOPM

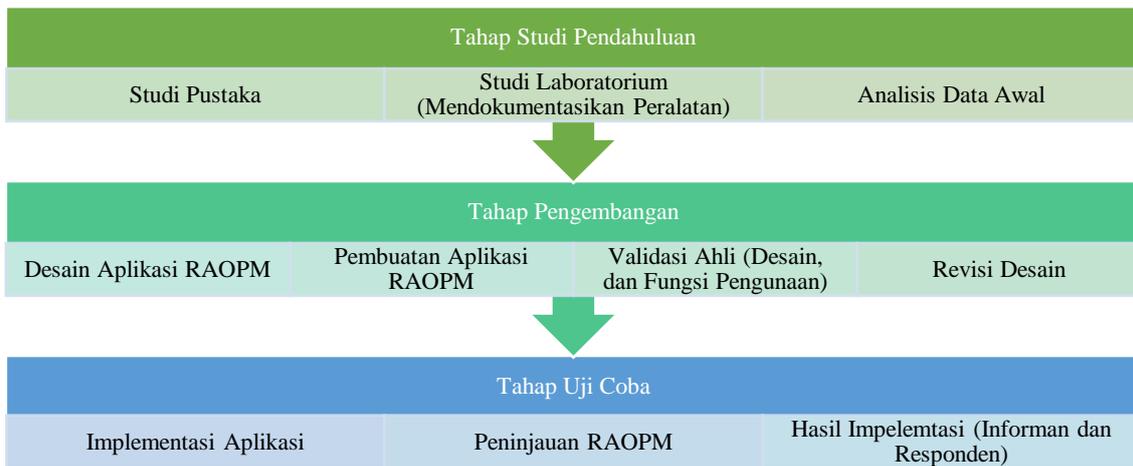
II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan menggunakan metode pendekatan *Research and Development* (R&D) Borg & Gall. Penelitian R&D merupakan serangkaian cara untuk mengembangkan produk tertentu, menguji efektivitasnya, dan memperbaiki produk yang ada dengan tujuan mengembangkan produk baru atau meningkatkan yang sudah ada sesuai dengan pengembangan yang dilakukan. Tujuan utama dari metode penelitian R&D adalah merancang dan membuat produk tertentu yang harus melewati pengujian validitas dan keefektifan dalam penerapannya secara nyata (Hanafi, 2017). Penelitian pengembangan ini mengadopsi pada model pengemabngan teori penelitian yang dikembangkan oleh Borg dan Gall, yang dijelaskan pada gambar berikut:



Gambar 2. Modifikasi Model Penelitian Pengembangan Borg & Gall

Sumber: (Assyauqi, 2020; Sugiyono, 2012)



Gambar 3. Tahapan Kegiatan Penelitian dan Pengembangan Aplikasi RAOPM

Pengambilan data kuantitatif diambil dari data 45 yang terdiri dari laboran dan dosen laboratorium di Fakultas Teknik Universitas Negeri Makassar. Pengambilan data kuantitatif deskriptif dilakukan dengan menggunakan instrumen angket yang dijelaskan pada tabel 1. Pada akhir penelitian akan dibahas lebih lanjut dengan literatur review. Adapun teknik pengambilan data penelitian dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Teknik Pengambilan data Penelitian

No.	Indikator	Sub indikator	Kualitatif	Kuantitatif	
				Instrumen Angkat	Nomor Instrumen
1	Kondisi Pemeliharaan Preventif	Frekuensi Pemeliharaan	-	✓	1
		Keteraturan Pelaksanaan	✓	-	
		Kualitas Pemeliharaan	✓	-	
		Dokumentasi Pemeliharaan	✓	-	
		Efektivitas Pemeliharaan	✓	-	
2	Sumber Daya	Ketersediaan Sumber Daya	✓	-	2
		Pelatihan staf	✓	-	
		Kompetensi staf	-	✓	
3	Tantangan dalam Pemeliharaan Preventif	Kendala Teknis	✓	-	3
		Waktu <i>Downtime</i>	-	✓	
		Manajemen Waktu	✓	-	
4	Kebutuhan Pengembangan RAOPM	Kebutuhan Sistem RAOPM	✓	-	4
		Fitur RAOPM yang Dibutuhkan	✓	-	
		Kemudahan Penggunaan RAOPM	-	✓	
		Dukungan untuk Implementasi RAOPM:	✓	-	
5		Integrasi dengan Sistem Lain	✓	-	

No.	Indikator	Sub indikator	Kualitatif	Kuantitatif Instrumen Angkat	Nomor Instrumen
	Integrasi dan Implementasi RAOPM	Perlunya Tim Khusus	✓	-	5
		Monitoring dan Evaluasi	-	✓	
6	Evaluasi Keseluruhan dan Saran	Kepuasan Terhadap Sistem Pemeliharaan Saat Ini	-	✓	6
		Saran Pengembangan:	✓	-	
		Inovasi dan Teknologi	✓	-	

Reliabilitas diukur menggunakan Cronbach's Alpha. Jika reliabilitas menghasilkan nilai > 0.6, maka data dianggap reliabel. Hasil pengujian reability didapatkan 0.962 maka instrumen angket dikatakan reliabel.

Tabel 2. *Reliability Statistics*

Cronbach's Alpha	N of Items
0.982	6

Nilai rata-rata responden, jika dijelaskan sebagai persentase dengan skala 4, dapat dihitung menggunakan rumus P di bawah ini:

$$P = r/k$$

Catatan:

P = skor interval kelas, r = rentang, dan k = skor tertinggi kelas.

Contoh:

$$\text{Rentang (r)} = \text{skor tertinggi} - \text{skor terendah} = 5 - 1 = 4$$

$$\text{Interval kelas (P)} = r / k = 4 / 5 = 0.8$$

Tabel 3. Kategori Likert Scale

Average Score	Category
1.00 - 1.80	Buruk
1.81 - 2.60	Cukup
2.61 - 3.40	Netral
3.40 - 4.20	Baik
4.21 - 5.00	Sangat Baik

Sumber: (Sugiyono, 2012)

III. HASIL PENELITIAN

Hasil studi menyatakan bahwa pada Implementasi RAOPM di laboratorium teknik mesin Universitas Negeri Makassar dengan indikator: (1) Kondisi Pemeliharaan Preventif, (2) Sumber Daya, (3) Tantangan dalam Pemeliharaan Preventif, (4) Kebutuhan Pengembangan RAOPM, (5) Integrasi dan Implementasi RAOPM dan (6) Evaluasi Keseluruhan dan saran, dijelaskan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Reduksi Data Kualitatif pada Impelementasi RAOPM

No.	Indikator	Hasil
1	Kondisi Pemeliharaan Preventif	Kondisi pemeliharaan preventif di laboratorium teknik mesin Universitas Negeri Makassar mengalami kendala terkait keteraturan dan cakupan perawatan peralatan. Walaupun sudah ada jadwal pemeliharaan, beberapa peralatan tidak dapat teeratasi sepenuhnya, menyebabkan keterlambatan dalam penggantian suku cadang yang berakibat pada kerusakan yang lebih besar. Pemeliharaan saat ini masih bergantung pada inspeksi manual dan pencatatan yang tidak sepenuhnya digital. Dengan adanya RAOPM menunjukkan bahwa pengelola laboratorium dapat lebih efisien dalam mengidentifikasi peralatan yang membutuhkan pemeliharaan dan memperbaiki manajemen pemeliharaan dengan pemantauan kondisi yang lebih teratur dan pencatatan otomatis.
2	Sumber Daya	Terdapat keterbatasan sumber daya manusia dan pelatihan teknis di laboratorium ini. Hanya beberapa petugas yang berpengalaman dalam pemeliharaan, sehingga keterampilan teknis dan pengetahuan tentang RAOPM masih perlu ditingkatkan. RAOPM telah memungkinkan laboratorium untuk mengelola sumber daya, termasuk waktu, tenaga, dan suku cadang, dengan lebih efektif. Dengan adanya sistem yang terintegrasi, jadwal pemeliharaan dapat diatur secara lebih terstruktur dan berdasarkan prioritas kebutuhan
3	Tantangan dalam Pemeliharaan Preventif	Pemeliharaan preventif di laboratorium ini menghadapi tantangan utama dalam hal keterbatasan anggaran dan waktu yang dapat diinvestasikan untuk pemeliharaan rutin. Anggaran pemeliharaan seringkali tidak mencukupi untuk mendukung pemeliharaan yang tepat waktu bagi seluruh peralatan, menyebabkan beberapa mesin terabaikan atau mengalami penundaan dalam perawatan. Selain itu tantangan tersebut juga berdampak pada pelaksanaan pengajaran dan penelitian. Alternatif dari tantangan dalam perawatan preventif adalah implementasi penggunaan RAOPM yang bertujuan untuk mengoptimalkan pengalokasian waktu dan anggaran melalui penjadwalan yang lebih efisien dan pelacakan kondisi mesin secara berkala, serta mampu melihat tingkat prioritas dalam perbaikan. Dengan peralatan yang terpelihara dengan baik, risiko gangguan selama kegiatan praktikum dan penelitian menjadi jauh berkurang. Mahasiswa dapat menjalankan eksperimen dan kegiatan praktikum tanpa terganggu oleh masalah teknis yang sering terjadi sebelumnya. Selain itu, peralatan yang andal juga memungkinkan dosen dan peneliti untuk merancang dan melaksanakan proyek penelitian yang lebih kompleks dan inovatif, yang pada akhirnya meningkatkan kualitas akademik dan reputasi universitas
4	Kebutuhan Pengembangan RAOPM	Dari hasil wawancara dengan pengelola dan teknisi, ditemukan bahwa RAOPM perlu dikembangkan lebih lanjut untuk memenuhi kebutuhan spesifik laboratorium teknik mesin. Informan mengungkapkan bahwa fitur pemantauan kondisi <i>real-time</i> memberikan informasi akurat mengenai tingkat keausan atau kerusakan pada peralatan. Selain itu,

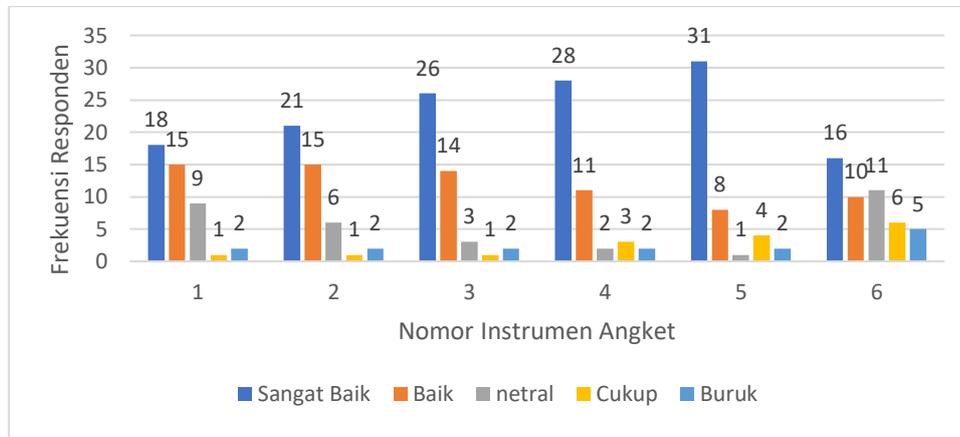
No.	Indikator	Hasil
		fitur notifikasi otomatis dianggap penting agar petugas dapat menerima pengingat waktu pemeliharaan tanpa perlu mengandalkan inspeksi manual. Pengembangan dokumentasi digital yang bisa diakses dengan mudah juga dinilai dapat memudahkan pencatatan riwayat pemeliharaan, yang diperlukan untuk menganalisis kinerja dan kebutuhan peralatan di masa mendatang. Tidak kalah penting bahwa RAOPM menyediakan laporan dan analisis yang komprehensif tentang kondisi dan kinerja peralatan. Data ini sangat berharga bagi manajemen laboratorium dalam pengambilan keputusan strategis.
5	Integrasi dan Implementasi RAOPM	Integrasi RAOPM dengan sistem administrasi laboratorium masih dalam tahap penyesuaian. Beberapa teknisi mengalami kesulitan dalam mengakses data pemeliharaan sebelumnya melalui RAOPM. Kendala ini dapat diatasi melalui pengembangan sistem RAOPM yang mampu menyinkronkan informasi dengan data inventaris dan laporan administrasi secara <i>real-time</i> . Selain itu, beberapa petugas merasa memerlukan pendampingan dalam menjalankan sistem baru ini untuk memastikan mereka dapat menggunakan RAOPM dengan optimal dan sesuai dengan prosedur standar pemeliharaan. Penerapan RAOPM juga mendorong peningkatan kompetensi staf laboratorium dalam penggunaan teknologi dan manajemen pemeliharaan.
6	Evaluasi Keseluruhan dan saran	Implementasi RAOPM secara keseluruhan menunjukkan potensi positif dalam memperbaiki efektivitas pemeliharaan preventif di laboratorium teknik mesin, namun membutuhkan beberapa penyempurnaan. Pemanfaatan RAOPM memungkinkan pencatatan yang lebih akurat dan jadwal pemeliharaan yang lebih teratur. Namun, ada beberapa saran dari informan bahwa perlu adanya evaluasi berkala mengenai efektivitas dan kekurangan dari fitur-fitur yang ada. Evaluasi dan perbaikan berkelanjutan diharapkan dapat mendukung RAOPM menjadi solusi yang efisien dan efektif dalam meningkatkan manajemen pemeliharaan peralatan di laboratorium teknik mesin.

Implementasi RAOPM di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Negeri Makassar menunjukkan potensi dalam memperbaiki pemeliharaan preventif, namun terdapat beberapa kebutuhan perbaikan. Pemeliharaan preventif masih terkendala jadwal yang kurang teratur dan keterbatasan sumber daya serta pelatihan, yang memengaruhi efektivitas pemeliharaan. Tantangan seperti anggaran dan waktu juga berdampak pada prioritas pemeliharaan. Pengembangan RAOPM diperlukan, terutama fitur pemantauan *real-time* untuk acuan dalam membuat penjadwalan perawatan. Selanjutnya pada Implementasi RAOPM di laboratorium teknik mesin Universitas Negeri Makassar diperkuat dengan data kuantitatif deskriptif yang dijelaskan pada tabel 5.

Tabel 5. Tabulasi Data Implementasi RAOPM

No.	Skor										F	Rerata F
	Sangat Baik	(%)	Baik	(%)	netral	(%)	Cukup	(%)	Buruk	(%)		
1	18	41.1	15	34.4	9	18.9	1	2.2	2	4.4	45	4.1
2	21	46.7	15	32.2	6	14.4	1	2.2	2	5.6	45	4.1

3	26	57.8	14	28.9	3	7.8	1	2.2	2	4.4	45	4.3
4	28	63.3	11	22.2	2	5.6	3	6.7	2	5.6	45	4.3
5	31	68.9	8	17.8	1	3.3	4	8.9	2	5.6	45	4.4
6	16	35.6	10	22.2	11	24.4	6	13.3	5	11.1	45	3.6
Rerata (%)		52.2		26.3		12.4		5.9		6.1		
Total Average Category (Good)											4.21	



Gambar 4. Hasil Tabulasi Implementasi RAOPM

Berdasarkan data tabulasi frekuensi, dapat disimpulkan bahwa Implementasi RAOPM di laboratorium teknik mesin Universitas Negeri Makassar dari indikator tingkat penggunaan, memiliki nilai rata-rata yang diperoleh adalah 4.21, yang masuk dalam kategori "Sangat Baik" dengan persentase 52.2%. Hasil ini menunjukkan bahwa implementasi RAOPM sangat baik untuk diterapkan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Negeri Makassar. Tampilan aplikasi RAOPM dijelaskan pada Gambar 5.



Gambar 5. Aplikasi RAOPM yang dikembangkan oleh VBA

Dengan demikian berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa implementasi aplikasi RAOPM telah memberikan dampak yang signifikan dan positif terhadap berbagai aspek operasional laboratorium. Dengan mengintegrasikan teknologi RAOPM, laboratorium telah mengalami peningkatan efisiensi dalam pengelolaan pemeliharaan peralatan, yang pada akhirnya meningkatkan kinerja dan keandalan fasilitas laboratorium.

IV. PEMBAHASAN

1. Peningkatan Efisiensi Pemeliharaan

Implementasi RAOPM pada laboratorium kini dapat melakukan pemeliharaan preventif berdasarkan analisis data yang akurat. RAOPM memungkinkan pemantauan kondisi peralatan secara *real-time*, sehingga kerusakan dapat diprediksi dan dicegah sebelum terjadi. Dampaknya adalah penurunan signifikan dalam frekuensi kerusakan peralatan, yang juga mengurangi waktu dan biaya yang dihabiskan untuk perbaikan.

Penerapan RAOPM secara signifikan mengubah pemeliharaan peralatan laboratorium dari pendekatan reaktif menjadi proaktif. Pergeseran ini tidak hanya meminimalkan waktu henti peralatan tetapi juga mengurangi biaya perbaikan melalui intervensi tepat waktu berdasarkan analisis data. RAOPM memungkinkan pemantauan kondisi peralatan secara terus menerus, memungkinkan deteksi dini potensi kegagalan (Prasad et al., 2023; A. Su et al., 2022). Dengan memprediksi kerusakan, laboratorium dapat menghindari perbaikan yang mahal dan waktu henti yang diperpanjang, yang umum terjadi dalam skenario pemeliharaan reaktif (Lanchava & Gugeshashvili, 2024; Wadhwa et al., 2012). Penggunaan analitik prediktif mengarah pada perencanaan kegiatan pemeliharaan yang lebih baik, memastikan bahwa suku cadang yang diperlukan tersedia dan mengurangi waktu henti yang tidak direncanakan (Audits, 2020; Prasad et al., 2023). Aplikasi berbasis pemeliharaan mesin berbasis android dikembangkan untuk merampingkan pemeliharaan preventif, memastikan kepatuhan terhadap jadwal dan pelaporan yang akurat (Venkatesh et al., 2024).

Dengan hal ini dapat diformulasikan bahwa RAOPM menawarkan keuntungan besar, penting untuk mempertimbangkan bahwa implementasi awal mungkin memerlukan investasi yang signifikan dalam teknologi dan pelatihan, yang dapat menimbulkan tantangan bagi beberapa laboratorium.

2. Pengelolaan Sumber Daya yang Lebih Baik

RAOPM telah memungkinkan laboratorium untuk mengelola sumber daya, termasuk waktu, tenaga, dan suku cadang, dengan lebih efektif. Dengan adanya sistem yang terintegrasi, jadwal pemeliharaan dapat diatur secara lebih terstruktur dan berdasarkan prioritas kebutuhan. Misalnya, peralatan yang paling kritis untuk kegiatan penelitian dan praktik mahasiswa dapat diprioritaskan untuk pemeliharaan rutin, sementara peralatan dengan penggunaan yang lebih rendah dapat dijadwalkan untuk pemeliharaan pada waktu yang lebih sesuai. Pendekatan ini memastikan bahwa sumber daya yang ada digunakan dengan optimal tanpa mengorbankan kualitas operasional.

Penerapan RAOPM secara signifikan meningkatkan efisiensi operasi laboratorium dengan memprioritaskan jadwal pemeliharaan berdasarkan kekritisannya. Pendekatan terstruktur ini memastikan pemanfaatan sumber daya yang optimal tanpa mengorbankan kualitas operasional. RAOPM memungkinkan laboratorium untuk mengategorikan peralatan berdasarkan penggunaan dan kepentingan, memungkinkan pemeliharaan prioritas untuk alat penting yang penting untuk penelitian mahasiswa (Shi & Hou, 2023; Zheng et al., 2023). Sistem manajemen yang komprehensif dapat mengintegrasikan berbagai fungsi pada peralatan dan pelacakan pemeliharaan, yang berorientasi pada peningkatan efisiensi keseluruhan (Hu et al., 2020; A. Su et al., 2022).

Pengembangan sistem manajemen pemeliharaan terkomputerisasi memfasilitasi pendekatan sistematis untuk pemeliharaan, menyeimbangkan biaya dan manfaat untuk memaksimalkan efisiensi keseluruhan (Kaewchur et al., 2021; Venkatesh et al., 2024). Inovasi dalam manajemen laboratorium, termasuk

teknologi RFID, meningkatkan komunikasi dan keselamatan waktu nyata, lebih meningkatkan efisiensi manajemen (Mrazek et al., 2021).

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka RAOPM menawarkan manfaat besar dalam mengoptimalkan sumber daya laboratorium, penting untuk tetap menyadari potensi tantangan, seperti kebutuhan untuk adaptasi berkelanjutan terhadap teknologi dan praktik yang berkembang dalam manajemen laboratorium.

3. Tantangan dalam Pemeliharaan Preventif

Berdasarkan tantangan dalam pemeliharaan preventif, implementasi penggunaan RAOPM memberikan trobosan untuk mengoptimalkan pengalokasian waktu dan anggaran melalui penjadwalan yang lebih efisien dan pelacakan kondisi mesin secara berkala, serta mampu melihat tingkat prioritas dalam perbaikan. Dengan peralatan yang terpelihara dengan baik, risiko gangguan selama kegiatan praktikum dan penelitian menjadi jauh berkurang. Mahasiswa dapat menjalankan eksperimen dan kegiatan praktikum tanpa terganggu oleh masalah teknis yang sering terjadi sebelumnya. Selain itu, peralatan yang andal juga memungkinkan dosen dan peneliti untuk merancang dan melaksanakan proyek penelitian yang lebih kompleks dan inovatif, yang pada akhirnya meningkatkan kualitas akademik dan reputasi universitas.

Studi tentang Pemeliharaan Produktif Total (TPM) menyoroti bahwa pemeliharaan sistematis dapat meningkatkan Keseluruhan Efektivitas Peralatan (OEE) instrumen laboratorium, yang mengarah ke ketersediaan dan tingkat kinerja yang lebih tinggi (Kaewchur et al., 2021). Peralatan yang andal mengurangi frekuensi masalah teknis selama sesi praktikum, memungkinkan siswa untuk fokus pada hasil pembelajaran tanpa gangguan (Kingir & Nuri, 2013; Suseno et al., 2019).

Dengan alat laboratorium yang dapat diandalkan, peneliti dapat merancang eksperimen yang lebih kompleks, yang dapat mengarah pada temuan inovatif dan peningkatan kedudukan akademis untuk universitas (Saleh, 2024). Kemampuan untuk melakukan kegiatan penelitian tanpa gangguan mendorong inovasi dan kolaborasi antara fakultas dan mahasiswa, semakin memperkaya lingkungan akademik (Ishola et al., 2020).

Dengan demikian maka Implementasi RAOPM meningkatkan efisiensi waktu dan anggaran dalam pemeliharaan peralatan melalui penjadwalan dan pelacakan kondisi berkala, memprioritaskan perbaikan yang dibutuhkan. Pemeliharaan yang baik mengurangi gangguan teknis, memungkinkan mahasiswa fokus pada praktikum, dan mendukung penelitian dosen serta peneliti untuk inovasi yang lebih kompleks, sehingga meningkatkan kualitas akademik dan reputasi universitas.

4. Kebutuhan Pengembangan RAOPM

RAOPM menyediakan laporan dan analisis yang komprehensif tentang kondisi dan kinerja peralatan. Data ini sangat berharga bagi manajemen laboratorium dalam pengambilan keputusan strategis. Misalnya, berdasarkan data dari RAOPM, manajemen dapat mengidentifikasi peralatan yang sudah usang dan membutuhkan penggantian atau peningkatan. Selain itu, aplikasi ini juga membantu dalam merencanakan anggaran pemeliharaan dengan lebih tepat, sehingga alokasi dana dapat dilakukan secara efisien dan sesuai dengan kebutuhan nyata di lapangan.

RAOPM memfasilitasi identifikasi peralatan yang memerlukan penggantian atau peningkatan, memastikan laboratorium mempertahankan efisiensi operasional yang optimal (Sivasankaran et al., 2022). Dengan menganalisis data kinerja, manajemen dapat memprioritaskan investasi pada peralatan kritis, sehingga meningkatkan kemampuan penelitian (Audits, 2020).

aplikasi ini membantu dalam perencanaan anggaran pemeliharaan yang tepat, memungkinkan alokasi dana yang efisien berdasarkan kebutuhan peralatan aktual (Smith & Storrs, 2023). Pendekatan berbasis data ini meminimalkan pengeluaran yang tidak perlu dan memastikan bahwa sumber daya diarahkan ke persyaratan yang paling mendesak (Region & Mulleta, 2021).

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka RAOPM secara signifikan meningkatkan pengambilan keputusan dalam manajemen laboratorium, penting untuk mempertimbangkan tantangan potensial, seperti kebutuhan akan pelatihan pengguna yang komprehensif dan integrasi sistem untuk sepenuhnya memanfaatkan kemampuannya.

5. Implementasi RAOPM

Implementasi RAOPM juga mendorong peningkatan kompetensi staf laboratorium dalam penggunaan teknologi dan manajemen pemeliharaan. Dengan adanya implementasi RAOPM di lingkungan laboratorium tidak hanya meningkatkan keterampilan teknis teknisi dan laboran tetapi juga memperoleh wawasan yang lebih baik tentang pentingnya pemeliharaan preventif. Keterlibatan aktif dalam proses pemeliharaan melalui RAOPM juga meningkatkan rasa kepemilikan dan tanggung jawab staf terhadap peralatan laboratorium, yang pada gilirannya meningkatkan kualitas pemeliharaan secara keseluruhan. Pelatihan di bawah RAOPM melengkapi staf dengan keterampilan teknis penting untuk mengoperasikan teknologi laboratorium canggih (Nilawati et al., 2020). Keterlibatan staf dalam proses pemeliharaan mempromosikan pengalaman langsung, memperkuat pembelajaran dan penerapan keterampilan mereka (Mrazek et al., 2021). Pelatihan terstruktur menekankan pentingnya pemeliharaan preventif, selaras dengan sistem manajemen mutu yang meningkatkan kinerja laboratorium (Lanchava & Gugeshashvili, 2024). Partisipasi staf dalam pemeliharaan menumbuhkan akuntabilitas, yang mengarah pada pemeliharaan peralatan laboratorium yang lebih baik (Wadhwa et al., 2012).

Keterlibatan aktif dalam tugas pemeliharaan menumbuhkan rasa kepemilikan, memotivasi staf untuk memprioritaskan perawatan peralatan dan efisiensi operasional (Wadhwa et al., 2012). Kepemilikan ini diterjemahkan ke dalam praktik pemeliharaan berkualitas lebih tinggi, yang pada akhirnya menguntungkan produktivitas laboratorium (Mrazek et al., 2021). Berdasarkan hasil dan pembahasan maka manfaat RAOPM terbukti, tantangan seperti keterbatasan sumber daya dan tingkat keterlibatan staf yang bervariasi dapat menghambat potensi penuhnya di beberapa pengaturan.

Dengan demikian implementasi RAOPM di laboratorium meningkatkan kompetensi staf dalam teknologi dan manajemen pemeliharaan, serta memperkuat keterampilan teknis dan pemahaman pentingnya pemeliharaan preventif. Keterlibatan aktif staf menumbuhkan rasa kepemilikan dan tanggung jawab terhadap peralatan, yang mendorong kualitas pemeliharaan lebih tinggi. Melalui pelatihan RAOPM, staf lebih terampil mengoperasikan teknologi laboratorium canggih, yang meningkatkan akuntabilitas dan produktivitas laboratorium. Meskipun efektif, tantangan seperti keterbatasan sumber daya dan keterlibatan staf yang tidak merata dapat membatasi potensi penuh RAOPM di beberapa lingkungan.

6. Evaluasi dan Efisiensi dalam Implementasi RAOPM

Selain manfaat langsung yang dirasakan dalam hal efisiensi pemeliharaan dan peningkatan kinerja, RAOPM juga berkontribusi pada inisiatif keberlanjutan Universitas. Dengan pemeliharaan yang lebih efisien dan terjadwal, peralatan laboratorium dapat beroperasi pada kondisi optimal, yang mengurangi konsumsi energi yang tidak perlu. Peralatan yang terawat dengan baik cenderung lebih efisien dalam penggunaan energi, yang tidak hanya mengurangi biaya operasional tetapi juga mendukung upaya universitas untuk mencapai tujuan keberlanjutan.

Peralatan yang dirawat dengan baik beroperasi lebih efisien, yang mengarah pada konsumsi energi yang lebih rendah dan mengurangi biaya operasional (Region & Mulleta, 2021). Penerapan termografi inframerah dalam praktik pemeliharaan telah terbukti meningkatkan efisiensi energi dengan mengidentifikasi masalah tersembunyi yang dapat menyebabkan limbah energi (Hu et al., 2020). Manajemen pemeliharaan diakui sebagai komponen penting dari strategi keberlanjutan, terutama di lingkungan berisiko tinggi, menekankan perannya dalam mencapai tujuan keberlanjutan jangka panjang (Shi & Hou, 2023).

Dengan demikian maka implementasi RAOPM mendukung inisiatif keberlanjutan universitas dengan meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi biaya operasional. Pemeliharaan terjadwal memastikan peralatan laboratorium beroperasi optimal, yang mengurangi konsumsi energi dan mendukung upaya universitas mencapai tujuan keberlanjutan.

V. KESIMPULAN

Penerapan aplikasi RAOPM di laboratorium Universitas Negeri Makassar telah membawa dampak yang luar biasa pada berbagai aspek operasional laboratorium. Implementasi RAOPM dari indikator tingkat penggunaan, memiliki nilai rata-rata 4.21 masuk dalam kategori "Sangat Baik" dengan persentase 52.2%. Hasil ini menunjukkan bahwa implementasi RAOPM sangat baik untuk diterapkan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Negeri Makassar. Kemudian implementasi RAOPM di laboratorium memberikan berbagai manfaat, mulai dari peningkatan efisiensi pemeliharaan dengan pendekatan prediktif hingga pengelolaan sumber daya yang lebih baik melalui penjadwalan yang terstruktur.

RAOPM mengubah pemeliharaan dari reaktif ke proaktif, menurunkan frekuensi kerusakan, waktu henti, dan biaya operasional. Selain itu, RAOPM meningkatkan kompetensi staf melalui pelatihan teknologi dan manajemen pemeliharaan, menumbuhkan rasa tanggung jawab, serta mendukung pencapaian tujuan keberlanjutan universitas dengan mengoptimalkan efisiensi energi. Meskipun tantangan seperti keterbatasan sumber daya dan adaptasi teknologi tetap ada, manfaat RAOPM dalam meningkatkan kinerja, kualitas akademik, dan reputasi universitas sangat signifikan.

VI. REFERENSI

- Alawiyah, T., & Ramadhan, L. H. (2023). Penerapan Metode RAD Pada Pengembangan Sistem Informasi Manajemen Bengkel SMK. *Indonesian Journal On Software Engineering*, 9(2), 153–163.
- Assyauqi, M. I. (2020). Model Pengembangan Borg And Gall. *Institut Agama Islam Negeriegeri*,

- December, 2–8. <https://www.taufiq.net/2019/09/Model-Penelitian-Pengembangan-Borg-And.Html>
- Audits, T. (2020). *The Sustainable Management Of Research Equipment*.
- Ayu, D., Wulandari, N., Atthariq, M. D., Nanda, W. D., & Yusuf, L. (2021). Implementasi Dynamic System Development Method (Dsdm) Pada Sistem Informasi Manajemen. *Jurnal Sistem Informasi*, 8(1), 10–17.
- Bosman, L. B., Leon-Salas, W. D., Hutzal, W., & Soto, E. A. (2020). PV System Predictive Maintenance: Challenges, Current Approaches, And Opportunities. *Energies*, 16(3). <https://doi.org/10.3390/en13061398>
- Dehghani, N. L., Mohammadi Darestani, Y., & Shafieezadeh, A. (2020). Optimal Life-Cycle Resilience Enhancement Of Aging Power Distribution Systems: A MINLP-Based Preventive Maintenance Planning. *IEEE Access*, 8, 22324–22334. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2969997>
- Gholizadeh, H., Fazlollahtabar, H., Fathollahi-Fard, A. M., & Dulebenets, M. A. (2021). Preventive Maintenance For The Flexible Flowshop Scheduling Under Uncertainty: A Waste-To-Energy System. *Environmental Science And Pollution Research*, September. <https://doi.org/10.1007/S11356-021-16234-X>
- Hanafi. (2017). The Concept Of Research In Education. *Jurnal Kajian Keislaman*, 21(1989), 137–153. <https://doi.org/10.4324/9780367352035-10>
- Hu, C., Wang, X., & Wang, Y. (2020). Research On Equipment Management System Based On Robot Laboratory. *Journal Of Computer And Communications*, 23–31. <https://doi.org/10.4236/jcc.2020.87003>
- Ishola, B. C., Olofinbua Peter, O., Egbewale Funmilola, A., Emida Adenike, D., & Olayinka, O. E. (2020). Users' Perception For Quality Service Delivery In Albert Ilesanmi Ilemobode Library, Federal University Of Technology Akure (FUTA). *University Of Technology Akure*.
- Jnsta, T. A., Alwi, M., & Yunus, K. (2024). Analisis Perawatan Mesin Bubut Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada CV . Sumber Jaya Makassar. *JOURNAL OF NATURAL SCIENCE*.
- Kaewchur, P., Sritong, C., Sriard, B., & Nima, T. (2021). Role Of Inventory Management On Competitive Advantage Of Small And Medium Companies In Thailand. *Turkish Journal Of Computer And Mathematics Education*, 12(8), 2753–2759.
- Kingir, S., & Nuri, E. S. (2013). A Research For The Usage Level Of Management Information Systems By School Administrators. *International Journal Of Organizational Leadership*, 2(1), 29–38.
- Lanchava, O., & Gugeshashvili, S. (2024). Occupational Health And Safety Risk Management In The Field Of Laboratory Medicine. *MATEC Web Of Conferences*, 00077. <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/Mateconf/202438900077>
- Liboni, L. B., Cezarino, L. O., Jabbour, C. J. C., Oliveira, B. G., & Stefanelli, N. O. (2019). Smart Industry And The Pathways To HRM 4.0: Implications For SCM. *Supply Chain Management*,

- 24(1), 124–146. <https://doi.org/10.1108/SCM-03-2018-0150>
- Maulana, F., & Ustafiano, B. (2023). Perencanaan Sistem Manajemen Bengkel Prodi Pendidikan Vokasional Teknologi Otomotif Universitas Lancang Kuning. *JPPVTO*, 1(1), 22–29.
- Mrazek, C., Haschke-Becher, E., Felder, T. K., Keppel, M. H., & Oberkofler, H. (2021). Laboratory Demand Management Strategies — An Overview. *Diagnostics Review*, Dm, 16–18. <https://doi.org/10.3390/Diagnostics11071141>
- Nilawati, W., Fitri, U. R., Susanti, D., & Maulana, S. (2020). Contribution Of Physics Learning Laboratory On Laboratory Management Course. *IOP Publishing*, 1491, 1–10. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1491/1/012065>
- Prasad, P., Kumar, R., Kumar, S., & Sinha, P. (2023). Monitoring And Root Cause Analysis Of Clinical Biochemistry Turnaround Time At A Tertiary Care. *Cureus*, 15(6), 1–7. <https://doi.org/10.7759/Cureus.39821>
- Prihantoro, E. (2020). Implementasi Sistem Manajemen Bengkel Praktik Teknik Instalasi Tenaga Listrik. *JEES*, 1(2), 109–120.
- Priyantoro, A. K., Achmad, N., & Fatra, F. (2021). Pelaksanaan Manajemen Bengkel Nasmoco Salatiga Aji. *Journal Of Vocational Education And Automotive Technology*, 3(2).
- Region, O., & Mulleta, D. (2021). The Impact Of Laboratory Quality Management System Implementation On Quality Laboratory Service Delivery In Health Center Laboratories Of. *Pathology And Laboratory Medicine Internationa*, July.
- Roll, M., & Ifenthaler, D. (2021). Learning Factories 4.0 In Technical Vocational Schools: Can They Foster Competence Development? *Empirical Research In Vocational Education And Training*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/S40461-021-00124-0>
- Saleh, N. (2024). An Integrative Approach To Medical Laboratory Equipment Risk Management. *Scientific Reports*, 1–12. <https://doi.org/10.1038/S41598-024-54334-Z>
- Shi, G., & Hou, L. (2023). Management In The Context Of Applied Universities. *The Educational Review, USA*, 7(9), 1377–1381. <https://doi.org/10.26855/Er.2023.09.027>
- Sio, F., & Pipin, J. (2023). Perancangan Basis Data Relasional Untuk Bengkel Sepeda Motor Serba Djadi. *Dedikasi Sains Dan Teknologi*, April, 11–16.
- Situmorang, H., & Asbari, M. (2022). Design Of Web-Based Information System For Preventive Maintenance On Forklifts With Fuzzy Logic Method At PT Henkel Footwear Speciality And Adhesives. *Ujost-Universal Journal Of Science And Technology*, 1(1), 28–35.
- Sivasankaran, P., Engineering, M., & Vinayagar, M. (2022). Total Productive Maintenance In Lab Set Up Of Educational System – Case Study. *International Scientific Journal About Technologies*, 8(1), 13–22. <https://doi.org/10.22306/Atec.V8i1.139>
- Smith, E. E., & Storrs, H. (2023). Digital Literacies , Social Media , And Undergraduate Learning : What Do Students Think They Need To Know ? *International Journal Of Educational Technology In Higher Education*, 2. <https://doi.org/10.1186/S41239-023-00398-2>

- Su, A., Wu, Z., & Yin, Y. (2022). Performance Evaluation Of Laboratory Management System Based On BP Neural Network. *Discrete Dynamics In Nature And Society*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/2370582> Research
- Su, H., Li, Y., & Cao, Q. (2024). OPEN A Stochastic Model Of Preventive Maintenance Strategies For Wind Turbine Gearboxes Considering The Incomplete Maintenance. *Scientific Reports*, 0123456789, 1–15. <https://doi.org/10.1038/S41598-024-56436-0>
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif Dan R&D*. Alfabeta.
- Suryadi, M., Aswin, F., & Sukanto, S. (2023). Perencanaan Preventive Maintenance Pada Bengkel Mekanik SMKN 2 Pangkalpinang. *Jurnal Inovasi Teknologi Terapan*, 1(2), 405–412. <https://doi.org/10.33504/Jitt.V1i2.11>
- Suseno, N., Riswanto, Harjati, P., & HA, D. (2019). School Laboratory Management Information System. *Conference, International Series, Conference Publishing, I O P, 1361*, 1–9. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1361/1/012068>
- Suwardi. (2023). Pelaksanaan 5r Di Bengkel Tkr Smk Negeri 2 Lingsar Dalam Mewujudkan Sekolah Berbasis Industri. *Jurnal Hasil Riset Dan Pengembangan*, 9, 254–259.
- Venkatesh, D. P., Ramalingam, K., Ramani, P., & Nallaswamy, D. (2024). Laboratory Information Management Systems In Oral Pathology : A Comprehensive Review. *Cureus*, 16(5). <https://doi.org/10.7759/Cureus.60714>
- Wadhwa, V., Rai, S., Thukral, T., & Chopra, M. (2012). Laboratory Quality Management System : Road To Accreditation And Beyond. *Indian Journal Of Medical Microbiology*. <https://doi.org/10.4103/0255-0857.96647>
- Yuli, S., & Nita, M. (2022). Perencanaan Penjadwalan Preventive Maintenance Mesin Pouch Dengan Critical Path Method Di PT. Grafika Nusantara. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 1(1), 01–10. <https://doi.org/10.55123/Insologi.V1i1.105>
- Zheng, X., Miao, F., Udomwong, P., & Chakpitak, N. (2023). *Registered Data-Centered Lab Management System Based On*.