

OPTIMALISASI MANAJEMEN LABORATORIUM MELALUI SISTEM BERBASIS WEB DENGAN PENDEKATAN MVC

Arif Setiawan¹, Muhammad Alif Mujahid²

¹Universitas Muhammadiyah Surakarta
*e-mail korespondensi: arif.setiawan@ums.ac.id

²Universitas Muhammadiyah Surakarta
e-mail: A710170039@student.ums.ac.id

Abstrak

Manajemen laboratorium merupakan aspek krusial dalam institusi pendidikan tinggi, namun seringkali kurang efisien dalam manajemen dan inventaris alat dan bahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan manajemen laboratorium di Universitas Muhammadiyah Surakarta melalui implementasi sistem berbasis web dengan pendekatan *Model-View-Controller* (MVC). Metode pengembangan sistem yang digunakan yaitu metode *Waterfall* yang mencakup analisis kebutuhan, desain, implementasi, verifikasi dan pemeliharaan, sedangkan metode pengumpulan data menggunakan wawancara dan kuisioner. Pendekatan MVC diadopsi untuk mempermudah pemeliharaan dan meningkatkan skalabilitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem informasi laboratorium membantu dalam proses bisnis peminjaman ruangan dan alat, mempermudah pemeliharaan, dan meningkatkan skalabilitas. Selain itu, sistem ini terbukti efektif dalam memenuhi kebutuhan manajerial dan operasional laboratorium, seperti inventarisasi, jadwal, dan tugas administratif lainnya. Sistem informasi yang dikembangkan diuji dengan beberapa metode seperti uji *blackbox*, uji performa, uji *expert* dan uji usabilitas. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dapat disimpulkan implementasi sistem informasi laboratorium berbasis web dengan pendekatan MVC efektif dalam meningkatkan efisiensi manajemen laboratorium.

Kata Kunci: *Codeigniter, Model-View-Controller, Manajemen Laboratorium, Sistem Informasi Laboratorium*

Abstract

Laboratory management is crucial in higher education but often suffers from inefficiencies in managing tools and materials. This study aims to optimize laboratory management at Muhammadiyah University of Surakarta through the implementation of a web-based system using the Model-View-Controller (MVC) approach. The methodology employed is the Waterfall method, which includes needs analysis, design, implementation, verification, and maintenance while the data collection method uses interviews and questionnaires. The MVC approach was adopted to simplify maintenance and improve scalability. The results showed that the laboratory information system facilitated the borrowing of space and equipment, simplified maintenance, and improved scalability. Additionally, this system has proven effective in meeting laboratory managerial and operational needs, such as inventory, schedules, and other administrative tasks. The developed information system is tested by several methods, including the black box test, the performance test, the expert test, and the usability test. Based on the results of these tests, it can be concluded that the implementation of a web-based laboratory information system with the MVC approach is effective in enhancing laboratory management efficiency.

Keywords: *codeigniter, laboratory management, laboratory information system, model-view-controller*

1. Pendahuluan

Laboratorium memegang peran kritical dalam berbagai sektor, termasuk institusi pendidikan, penelitian, dan industri. Fungsi laboratorium sebagai pusat inovasi dan eksplorasi ilmiah menjadikannya elemen yang tidak terpisahkan dalam kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Dalam konteks pendidikan, laboratorium berfungsi sebagai medium untuk memfasilitasi pembelajaran praktis dan eksperimental, yang tidak hanya memperkaya pengetahuan teoretis tetapi juga membentuk keterampilan analitis dan kritis (Patero, 2023).

Namun, di balik peranannya yang vital, banyak laboratorium masih menghadapi berbagai tantangan operasional yang signifikan. Salah satu masalah utama adalah manajemen laboratorium itu sendiri, yang mencakup penjadwalan, inventarisasi, dan keamanan data (Langga & Laluma, 2022). Misalnya, penjadwalan yang tidak efisien dapat mengakibatkan konflik penggunaan ruang dan peralatan, yang pada akhirnya menurunkan produktivitas dan efisiensi laboratorium. Selain itu, masalah dalam inventarisasi, seperti kekurangan atau kelebihan stok, dapat mengganggu kelancaran operasional dan bahkan menimbulkan biaya tambahan (Pratiwi et al., 2023). Keamanan data juga menjadi perhatian, terutama dalam era digital saat ini, di mana risiko kebocoran atau kehilangan data sangat mungkin terjadi jika tidak dikelola dengan benar. (Caballé et al., 2023)

Permasalahan dalam manajemen laboratorium memiliki dampak yang signifikan terhadap proses bisnis dan kinerja laboratorium itu sendiri. Laboratorium yang tidak dikelola dengan baik cenderung mengalami hambatan dalam operasionalnya, yang pada akhirnya mempengaruhi proses bisnis secara keseluruhan. Misalnya, masalah dalam penjadwalan atau inventarisasi dapat mengakibatkan penundaan dalam penyelesaian proyek atau eksperimen, yang berdampak pada reputasi dan keuangan laboratorium (Nurulpaik et al., 2021). Selain itu, masalah ini juga bisa menimbulkan biaya tambahan, baik dalam bentuk pembelian peralatan atau bahan kimia yang tidak perlu, atau dalam bentuk waktu dan sumber daya yang terbuang (Pai & Frater, 2019).

Kinerja laboratorium juga terpengaruh oleh masalah manajemen ini. Efisiensi dan efektivitas laboratorium sangat bergantung pada bagaimana sumber daya

dikelola. Manajemen yang buruk dalam hal ini bisa mengakibatkan penurunan produktivitas, yang pada akhirnya mempengaruhi kinerja laboratorium dalam jangka panjang (Lestari et al., 2017).

Salah satu penyebab utama dari masalah manajemen laboratorium adalah kurangnya adopsi teknologi informasi. Banyak laboratorium masih bergantung pada metode manual atau semi-manual dalam operasionalnya. Metode ini tidak hanya rentan terhadap kesalahan manusia tetapi juga inefisien dalam hal waktu dan sumber daya. Misalnya, penjadwalan yang dilakukan secara manual seringkali memerlukan koordinasi yang intensif dan rentan terhadap konflik atau kesalahan. Selain itu, inventarisasi yang dilakukan tanpa bantuan sistem informasi cenderung menyebabkan ketidakakuratan data, yang bisa berujung pada pemborosan atau kekurangan sumber daya.

Kurangnya adopsi teknologi informasi juga mempengaruhi keamanan data. Dalam era digital saat ini, data adalah aset yang sangat berharga dan rentan terhadap risiko kebocoran atau kehilangan. Laboratorium yang masih menggunakan metode manual dalam pengelolaan data mereka berisiko tinggi mengalami masalah keamanan ini.

Oleh karena itu, adopsi teknologi informasi dalam manajemen laboratorium bukan hanya sebuah opsi tetapi sebuah kebutuhan yang mendesak. Teknologi informasi dapat membantu laboratorium untuk meningkatkan efisiensi, akurasi, dan keamanan dalam operasional, sehingga meminimalkan berbagai masalah yang seringkali muncul dalam manajemen laboratorium.

Sebagai respons terhadap berbagai masalah yang dihadapi dalam manajemen laboratorium, sistem manajemen laboratorium berbasis web muncul sebagai salah satu solusi yang efektif (Awaluddin et al., 2020). Sistem ini memanfaatkan teknologi informasi untuk memfasilitasi berbagai aspek manajemen, mulai dari penjadwalan, inventarisasi, hingga keamanan data. Dengan demikian, sistem ini membantu meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam operasional laboratorium (Wang et al., 2018).

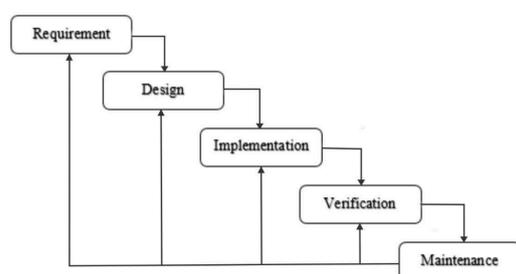
Salah satu pendekatan arsitektural yang sering digunakan dalam pengembangan sistem berbasis web adalah *Model-View-Controller* (MVC). MVC

memisahkan aplikasi menjadi tiga komponen utama: *model*, *view*, dan *controller* (GuangChun et al., 2003). *Model* bertanggung jawab atas data dan logika bisnis, *view* mengatur tampilan dan interaksi pengguna, sementara *controller* mengkoordinasikan antara *model* dan *view*. Pendekatan ini mempermudah proses pengembangan dan pemeliharaan sistem, serta memungkinkan untuk modularitas dan skalabilitas yang lebih baik (Zuhdi et al., 2017).

Dengan memanfaatkan pendekatan MVC, sistem manajemen laboratorium berbasis web tidak hanya akan lebih mudah untuk dikembangkan tetapi juga lebih mudah untuk diadaptasi dan ditingkatkan sesuai dengan kebutuhan yang muncul di masa depan (Ramdan et al., 2019). Oleh karena itu, adopsi sistem manajemen laboratorium berbasis web dengan pendekatan MVC menjadi sangat relevan dan tepat waktu sebagai solusi untuk berbagai masalah yang ada dalam manajemen laboratorium saat ini.

2. Metode Penelitian

Dalam konteks pengembangan sistem informasi, model *Waterfall* sering digunakan sebagai metode yang terstruktur dan sistematis (Petersen et al., 2009). Model ini terdiri dari beberapa tahapan yang harus dilalui secara berurutan, mulai dari requirement, desain, implementasi, verifikasi, hingga pemeliharaan seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Kelebihan dari model *Waterfall* adalah kemudahannya dalam manajemen proyek, di mana setiap tahapan memiliki output yang jelas dan dapat diukur. Selain itu, model ini mempermudah tim pengembang dalam memahami dan memenuhi kebutuhan pengguna, karena analisis kebutuhan dilakukan di awal proyek.



Gambar 1 Metode *Waterfall*

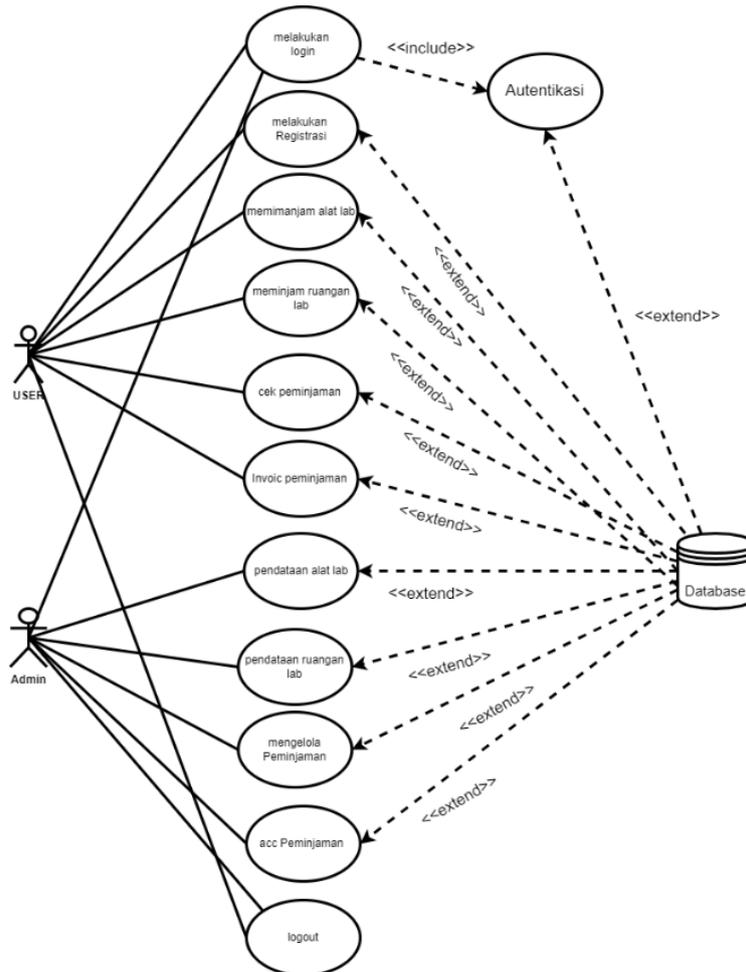
Model *Waterfall* terbagi menjadi 5 fase yaitu fase analisis kebutuhan (*Requirement*), fase desain (*Design*), fase implementasi (*Implementation*), fase pengujian (*Verification*), dan fase pemeliharaan (*Maintenance*). Terdapat dua metode pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu wawancara dan kuisisioner. Wawancara dilakukan pada fase analisis kebutuhan kepada kepala laboratorium, sedangkan kuisisioner dilakukan pada fase pengujian untuk melakukan pengujian *blackbox*, uji *expert* dan uji usability.

1. Fase Analisis Kebutuhan

Dalam fase analisis pengembangan sistem informasi laboratorium, wawancara dilakukan kepada kepala laboratorium sebagai salah satu metode pengumpulan data. Sebagai studi kasus, dipilih Laboratorium Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS). Wawancara ini bertujuan untuk memahami kebutuhan dan tantangan yang dihadapi oleh laboratorium, khususnya dalam konteks peminjaman ruangan dan alat. Hasil wawancara menunjukkan bahwa teknologi informasi belum dimanfaatkan seefektif mungkin dalam proses ini. Misalnya, peminjaman ruangan dan alat masih dilakukan secara manual melalui formulir fisik atau komunikasi langsung, yang seringkali menyebabkan inefisiensi dan kesalahan.

2. Fase Desain

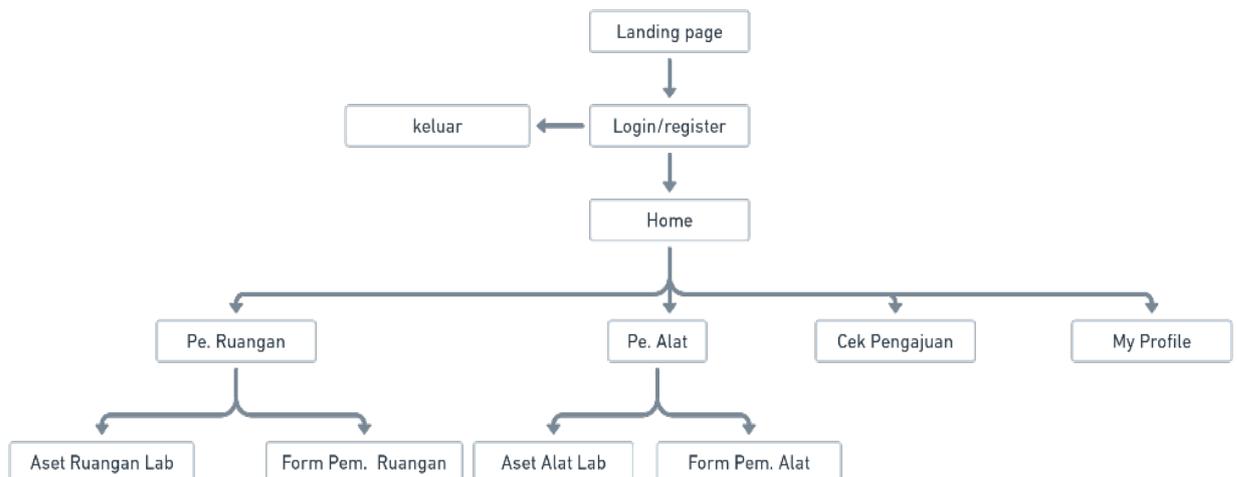
Fase desain dalam pengembangan sistem informasi laboratorium merupakan tahapan krusial yang menentukan arsitektur dan fungsionalitas sistem. Dalam tahapan ini, perancangan *use case* dan *sitemap* menjadi elemen penting. *Use case* bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai skenario penggunaan sistem, mulai dari peminjaman ruangan, inventarisasi alat, hingga manajemen data yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Use Case Sistem Informasi Laboratorium

Sitemap membantu dalam merancang struktur navigasi dan tampilan antarmuka pengguna. Sitemap akan mempermudah pengguna dalam mengakses berbagai fitur dan informasi yang tersedia dalam sistem. Sitemap juga mempermudah

tim pengembang dalam memahami bagaimana komponen-komponen sistem saling terhubung, sehingga memfasilitasi proses implementasi dan pemeliharaan. Rancangan Sitemap ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Sitemap Sistem Informasi Laboratorium

3. Fase Implementasi

Fase implementasi merupakan tahapan kunci dalam siklus pengembangan sistem informasi, di mana konsep dan desain yang telah dibuat diwujudkan menjadi sebuah sistem yang berfungsi. Dalam konteks ini, website sistem informasi laboratorium dikembangkan berdasarkan *use case* dan sitemap yang telah dirancang pada fase desain. Untuk memastikan keefektifan dan keefisienan dalam pengembangan, digunakan *framework CodeIgniter* dengan arsitektur *Model-View-Controller (MVC)*.

4. Fase Pengujian

Setelah fase implementasi, proses pengujian menjadi tahapan krusial untuk memastikan kualitas dan keandalan sistem informasi laboratorium yang telah dikembangkan. Pengujian ini dilakukan melalui beberapa metode untuk mengevaluasi aspek-aspek berbeda dari sistem:

a. Uji *Blackbox* dilakukan oleh 10 responden untuk memastikan bahwa semua fitur dan fungsionalitas sistem berjalan sesuai dengan spesifikasi dan kebutuhan pengguna.

b. Uji Performa menggunakan alat GTMetrix untuk mengukur kecepatan dan efisiensi sistem dalam menangani permintaan dan menampilkan data.

c. Uji *Expert* melibatkan dua responden, yaitu kepala laboratorium dan laboran dari Laboratorium Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS), untuk mengevaluasi kualitas dan kegunaan sistem dari perspektif profesional.

d. Uji *Usability* menggunakan *System Usability Scale (SUS)* dan melibatkan 20 responden dari mahasiswa Geografi UMS untuk menilai kemudahan penggunaan dan kepuasan pengguna terhadap sistem (Dasmen et al., 2021).

5. Fase pemeliharaan

Fase pemeliharaan adalah tahapan yang sangat penting untuk memastikan keberlanjutan dan keandalan sistem dalam jangka panjang. Namun, karena keterbatasan waktu, fase ini tidak dilaksanakan dalam penelitian ini.

3. Hasil dan Pembahasan

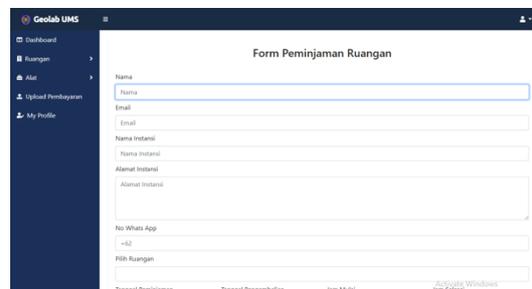
Penelitian ini telah berhasil mengembangkan sistem informasi laboratorium dengan studi kasus pada laboratorium Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta. Gambar 4 merupakan tampilan halaman utama dari

sistem laboratorium tersebut. Pada halaman ini terdapat menu utama, yaitu menu home, profil, peminjaman, dan *login*.

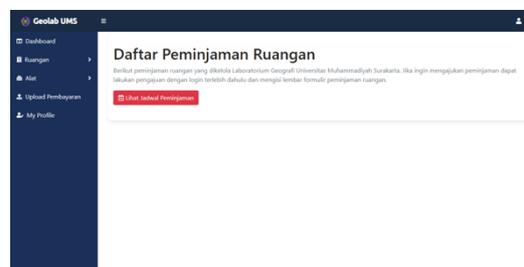


Gambar 4 Halaman Home Page

Kepala laboratorium atau laboran dapat masuk ke sistem melalui menu login yang sudah disediakan. Setelah proses login berhasil dilakukan maka akan muncul halaman *dashboard*. Menu yang ada pada halaman *dashboard* akan menyesuaikan *profil user* yang login. Jika mahasiswa atau masyarakat yang melakukan login maka akan muncul menu peminjaman alat dan ruang seperti pada Gambar 5. Sedangkan jika user yang login adalah kepala laboratorium atau laboran maka muncul menu Daftar Penggunaan Ruang, Daftar Inventaris, Aset Alat seperti pada Gambar 6.



Gambar 5 Form Peminjaman Alat



Gambar 6 Dashboard Admin

Kepala Laboratorium dan laboran selaku *administrator* dalam memeriksa status peminjaman ruangan dan alat melalui menu Status Peminjaman yang telah disediakan seperti pada gambar 7. Pada bagian ini

ditampilkan status ruangan dan alat yang berisi detail nama peminjam, tanggal peminjaman, jam mulai dan selesai dan keterangan peminjam.

No.	Nama	Nama Ruangan	Tanggal Peminjaman	Tanggal Pengembalian	Jam Mulai - Selesai	Keterangan Peminjaman	Status
1	walshelvia R.	Laboratorium Kartografi dan Penginderaan jauh (K. Lab)	2022-05-22	2022-05-08	04:00:00	praktikum praktikum	Peminjaman sudah selesai atau sedang menunggu alat
2	walshelvia R.	Laboratorium Sertifikasi Lahan (L. Lab)	2022-05-16	2022-05-18	23:00:00		Peminjaman sudah selesai atau sedang menunggu alat

Gambar 7 Halaman Status Peminjaman

Fitur terakhir yang disediakan yaitu halaman aset. Pada halaman ini disediakan informasi aset yang dimiliki laboratorium Geografi seperti nama ruangan dan alat-alat yang bisa dipinjam oleh mahasiswa dan masyarakat. Halaman aset ditunjukkan oleh Gambar 8.

No.	Nama Alat	Kategori Alat	No. Alat	Ketersediaan Alat	Jumlah Alat	Lokasi Alat	Harga Sewa
1	GPS Garmin Topo 14 C	Alat	1234	Ada	1	Laboratorium ID1	5000
2	Geodimeter Trimble 580 (1 paket)	Sewa	0	Ada	10	Laboratorium ID1	40000

Gambar 8 Halaman Aset

Setelah proses pengembangan sistem informasi selesai dilakukan maka dilanjutkan beberapa pengujian untuk memastikan fungsional dan reliabilitas dari sistem tersebut. Pengujian pertama yaitu uji

blackbox. Pengujian ini dilakukan untuk menguji fungsionalitas sistem yang sudah dikembangkan. Alat yang digunakan yaitu kuisisioner yang berisi 29 skenario pengujian aplikasi. Dari hasil 10 orang responden yang melakukan pengujian aplikasi didapatkan hasil bahwa semua skenario dapat berjalan dengan tingkat keberhasilan sebesar 100 %.

Pengujian berikutnya yaitu pengujian performa website. Alat yang digunakan yaitu GT Metrix yang dapat diakses pada <https://gtmetrix.com>. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 9. Berdasarkan dari hasil test GT Metrix tersebut diperoleh nilai *performance* sebesar 94% dan nilai *structure* sebesar 77%. Nilai tersebut tergolong dalam grade B yang menandakan bahwa sistem yang dikembangkan dapat berjalan dengan baik.

GTmetrix Grade	Performance	Structure	LCP	TBT	CLS
B	94%	77%	1.5s	0ms	0

Gambar 9 Hasil GT Metrix

Proses selanjutnya yang dilakukan adalah pengujian *expert* oleh dua orang responden yaitu kepala laboratorium Geografi dan laboran laboratorium Geografi. Proses pengumpulan data menggunakan kuisoiner dengan jumlah 19 item pertanyaan yang terdiri dari aspek desain pembelajaran, aspek komunikasi visual dan aspek perangkat lunak. Hasil dari kuisoiner ini dapat dilihat dari Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Uji *Expert*

	Aspek	Validator		S1	S2	Es	n(c-1)	V
		1	2					
Desain Pembelajaran	Item 1	4	4	3	3	6	8	0,75
	Item 2	4	3	3	2	5	8	0,625
	Item 3	4	4	3	3	6	8	0,75
	Item 4	4	3	3	2	5	8	0,625
	Item 5	4	4	3	3	6	8	0,75
	Item 6	4	3	3	2	5	8	0,625
	Item 7	4	3	3	2	5	8	0,625
Ko mu nik	Item 8	4	3	3	2	5	8	0,625

Perangkat Lunak	Item 9	4	3	3	2	5	8	0,625
	Item 10	4	3	3	2	5	8	0,625
	Item 11	4	3	3	2	5	8	0,625
	Item 12	4	4	3	3	6	8	0,75
	Item 13	4	3	3	2	5	8	0,625
	Item 14	4	3	3	2	5	8	0,625
	Item 15	4	3	3	2	5	8	0,625
	Item 16	4	4	3	3	6	8	0,75
	Item 17	4	4	3	3	6	8	0,75
	Item 18	4	3	3	2	5	8	0,625
Item 19	4	4	3	3	6	8	0,75	
Total								12,75
Rata-Rata								0,671052

Dengan menggunakan perhitungan Aiken'V maka didapatkan hasil berikut :

$$\text{Nilai rata - rata} = \frac{\text{Jumlah nilai } V}{\text{banyak item}}$$

$$\text{Nilai rata - rata} = \frac{12,75}{19} = 0,671052$$

Berdasarkan tabel Aiken'V, jika terdapat 19 item pertanyaan maka batas *lower limit* nilai Aiken'V adalah 0,47 dengan *upper limit* adalah 0,82. Hasil dari perhitungan Aiken'V oleh dua orang responden memiliki nilai 0,67 yang berada di antara batas *lower* dan *upper limit* Aiken'V

sehingga dapat dinyatakan bahwa kuisisioner yang digunakan valid.

Pengujian terakhir yaitu pengujian *usabilitas* dengan menggunakan kuisisioner SUS (*System Usability Scale*). SUS merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengukur kepuasan pengguna (Martha et al., 2023). Kuisisioner ini terdiri dari 10 item pertanyaan yang harus dijawab oleh responden. Pengujian ini melibatkan 20 orang responden mahasiswa fakultas Geografi dengan hasil seperti pada Tabel 2 . Dari tabel didapatkan hasil bahwa nilai SUS adalah 82,25 yang termasuk dalam kategori *acceptable*.

Tabel 2 Hasil Kuisisioner SUS

Mahasiswa	Item										Total	Sus Score
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	4	3	3	4	3	3	2	3	3	3	31	77,5
2	2	4	4	4	3	4	4	4	4	4	37	92,5
3	2	4	4	4	4	4	4	4	4	3	37	92,5
4	2	4	4	4	4	3	4	2	4	3	34	85
5	4	3	4	3	4	4	4	3	3	3	35	87,5
6	4	4	4	3	4	3	4	2	4	3	35	87,5
7	4	2	2	3	4	4	4	4	4	3	34	85
8	4	4	4	3	4	3	4	3	4	3	36	90
9	4	4	3	4	3	3	4	2	3	3	33	82,5
10	4	3	2	3	3	3	4	4	4	3	33	82,5
11	3	4	2	4	2	4	4	4	4	3	34	85
12	3	4	3	3	2	2	4	3	2	1	27	67,5
13	2	4	2	4	3	4	3	4	2	3	31	77,5

14	3	3	4	4	3	2	3	3	3	2	30	75
15	3	3	3	3	4	4	4	3	4	2	33	82,5
16	2	3	3	3	3	3	4	3	3	1	28	70
17	4	3	4	4	4	3	3	3	4	2	34	85
18	3	4	4	3	3	4	2	4	2	2	31	77,5
19	4	4	3	3	3	4	2	4	2	3	32	80
20	4	3	3	4	3	4	3	4	3	2	33	82,5
TOTAL											1645	
RATA-RATA											82,25	

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada pengembangan sistem informasi Laboratorium Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta (UMS), dapat disimpulkan bahwa sistem ini efektif dan layak digunakan. Sistem ini dikembangkan menggunakan metode *Waterfall* dan bahasa pemrograman *Codeigniter* dengan model MVC. Hasil dari berbagai jenis pengujian (black box, performa, ahli, dan usability oleh pengguna) menunjukkan bahwa sistem ini memenuhi kriteria kegunaan dan efisiensi. Keunggulan tambahan dari sistem ini yaitu inventarisasi ruangan dan alat, serta fitur jadwal peminjaman yang selalu diperbarui. Penelitian yang dapat dikembangkan selanjutnya berupa penambahan QR-Code sebagai inventarisasi alat yang ada pada laboratorium.

Referensi

- Awaluddin, M. I., Arifin, R. W., & Setiyadi, D. (2020). Implementasi *Framework* Laravel Pada Sistem Informasi Pengelolaan Aset Laboratorium Komputer. *BINA INSANI ICT JOURNAL*, 7(2), 187. <https://doi.org/10.51211/biict.v7i2.1428>
- Caballé, I., Buño, A., Bernabeu, F. A., Canalias, F., Moreno, A., Ibarz, M., Puzo, J., González, C., & González, Á. (2023). State of affairs and future challenges in laboratory medicine in Spain: An analysis of the Spanish Society of Laboratory Medicine (SEQC^{ML}). *Advances in Laboratory Medicine / Avances En Medicina de Laboratorio*, 4(1), 70–80. <https://doi.org/10.1515/almed-2023-0013>
- Dasmen, R. N., Fatoni, F., Wijaya, A., Tujini, B., & Nabila, S. (2021). Pelatihan uji kegunaan website menggunakan System Usability Scale (SUS). *ABSYARA: Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 2(2), 146–158.
- GuangChun, L., Lu, W., & Hanhong, X. (2003). A novel web application frame developed by MVC. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, 28(2), 7. <https://doi.org/10.1145/638750.638779>
- Langga, A. F., & Laluma, R. H. (2022). Penerapan Algoritma Genetika Untuk Optimasi Penjadwalan Laboratorium Komputer Fakultas Teknik. *Prosiding Seminar Sosial Politik, Bisnis, Akuntansi Dan Teknik*, 4, 175. <https://doi.org/10.32897/sobat.2022.4.0.1921>
- Lestari, N. A., Jauhariah, M. N. R., & Deta, U. A. (2017). Pelatihan Manajemen Laboratorium Untuk Pengelola Laboratorium Ipa Tingkat Sma Di Kabupaten Bojonegoro. *Jurnal ABDI*, 3(1), 17. <https://doi.org/10.26740/ja.v3n1.p17-21>
- Martha, A. S. D., Setyawan, E. R. T., & Riskiana, R. R. (2023). Measuring Usability on User-Centered Mobile Web Application: Case Study on Financial Mathematics Calculator. *Khazanah Informatika: Jurnal Ilmu Komputer Dan Informatika*, 9(1). <https://doi.org/10.23917/khif.v9i1.19409>
- Nurulpaik, I., Hasbullah, H., Purmana, W., & Ardiansyah, N. P. (2021). Pelatihan Manajemen Bengkel/Laboratorium Bagi Guru Mata Pelajaran Praktik Di SMK Wilayah Kabupaten Pandeglang. *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, 7(1), 59–63. <https://doi.org/10.33197/jitter.vol7.is1.2020.497>
- Paterno, L. J. (2023). Streamlining Physics Laboratory Management: An

- Information System Solution. *International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology*, 796–801.
<https://doi.org/10.48175/IJARSCT-12373>
- Petersen, K., Wohlin, C., & Baca, D. (2009). The Waterfall Model in Large-Scale Development. In F. Bomarius, M. Oivo, P. Jaring, & P. Abrahamsson (Eds.), *Product-Focused Software Process Improvement* (Vol. 32, pp. 386–400). Springer Berlin Heidelberg.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-02152-7_29
- Pratiwi, I. B., Hamidah, & Azani, Z. (2023). Analisis Tata Kelola Peralatan dan Bahan Laboratorium pada SMA Negeri 3 Langsa. *KATALIS: Jurnal Penelitian Kimia Dan Pendidikan Kimia*, 5(2), 42–45.
<https://doi.org/10.33059/katalis.v5i2.7021>
- Ramdan, M., Hikmah, A. B., & Apriyani, Y. (2019). Sistem Informasi Manajemen Laboratorium Sekolah Berbasis Web Pada SMK Muhammadiyah Kawali. *Indonesian Journal on Software Engineering (IJSE)*, 5(2), 80–89.
<https://doi.org/10.31294/ijse.v5i2.6961>
- Wang, H., Xu, H., Li, Q., & Fu, Y. (2018). PHP-based collaborative education and management system for water hydraulic laboratory. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(2), 259–271.
<https://doi.org/10.1002/cae.21882>
- Zuhdi, M. I. H., Subiyanto, S., & Sukamta, S. (2017). Management information systems of laboratory using laravel framework: case study at electrical engineering of Universitas Negeri Semarang. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 7(2), 158.
<https://doi.org/10.21831/jpv.v7i2.13317>