

**IMPLEMENTASI STRUKTUR DATA ARRAY DENGAN INDEX
GABUNGAN PADA SISTEM ENTRY CLASS BERBASIS BARCODE
DI GEDUNG 77 PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS NEGERI MEDAN**

**Yohana Kartika Marbun¹, Alifya Aisyah Widjayani², Nafil Rizq Trianto³, Fanny
Ramadhani⁴**

yohanaanaa73@gmail.com¹, alifyaasw@gmail.com², nafilrizq99@gmail.com³,
fannyr@unimed.ac.id⁴

Universitas Negeri Medan

ABSTRAK

Pengelolaan ruang kelas yang efisien menjadi tantangan di Gedung 77 Program Studi Ilmu Komputer Universitas Negeri Medan yang memiliki 7 ruangan aktif. Meskipun penggunaan ruangan didasarkan pada jadwal kuliah yang telah ditetapkan, sering terjadi perubahan jadwal oleh dosen yang menyebabkan ketidaksesuaian antara jadwal dan ketersediaan ruangan. Hal ini menyulitkan ketua kelas dalam mencari ruangan kosong secara cepat, terutama karena tidak adanya sistem informasi ruangan yang berjalan secara real-time. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem entry class berbasis barcode dengan struktur data array yang memungkinkan ketua kelas sebagai operator dapat mencatat status penggunaan ruangan serta mencari ruangan kosong dengan cepat dan efisien. Sistem ini menawarkan solusi praktis, ekonomis, dan mudah digunakan untuk institusi skala kecil hingga menengah. Dengan kompleksitas waktu $O(n)$, proses pencarian ruangan kosong pada 7 ruangan dapat dilakukan dalam hitungan detik. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem ini mampu meningkatkan efisiensi operasional gedung dan mendukung proses belajar mengajar secara lebih optimal.

Kata Kunci: Array, Barcode, Entry Class, Indeks Gabungan, Struktur Data.

ABSTRACT

Efficient classroom management is a challenge in Building 77 of the Computer Science Program at Universitas Negeri Medan, which has 7 active rooms. Although room usage is based on a predefined course schedule, frequent schedule changes by lecturers often lead to mismatches between the schedule and room availability. This makes it difficult for class leaders to quickly find available rooms, especially in the absence of a real-time room information system. This study aims to design and implement a barcode-based entry class system using an array data structure, enabling class leaders as operators to record room usage status and search for available rooms quickly and efficiently. The system provides a practical, economical, and user-friendly solution for small to medium-scale institutions. With a time complexity of $O(n)$, searching for available rooms among the 7 rooms can be completed in seconds. The implementation results show that the system improves building operational efficiency and supports a more optimal teaching and learning process.

Keywords: Array, Barcode, Combined Indexes, Data Structure, Entry Class.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong berbagai institusi pendidikan untuk mengadopsi sistem digital dalam mengelola operasional kampus. Salah satu aspek penting dalam pengelolaan tersebut adalah manajemen ruang kelas yang efektif dan efisien. Ketersediaan informasi mengenai status penggunaan ruangan secara real-time sangat diperlukan untuk mendukung kelancaran proses belajar mengajar serta optimalisasi pemanfaatan fasilitas kampus [1].

Namun demikian, masih banyak institusi pendidikan yang belum memiliki sistem

informasi ruangan yang terintegrasi secara digital. Akibatnya, berbagai permasalahan kerap terjadi, seperti kesulitan memantau ketersediaan ruangan, tumpang tindih penggunaan ruangan, serta ketidakefisienan dalam proses identifikasi ruang kosong ketika terjadi perubahan jadwal kuliah secara mendadak.

Gedung 77 Program Studi Ilmu Komputer Universitas Negeri Medan memiliki 7 ruangan aktif, yang terdiri dari 3 laboratorium komputer/matematika dan 4 ruang kelas biasa. Saat ini, penggunaan ruangan diatur berdasarkan jadwal mata kuliah yang telah ditetapkan oleh program studi. Namun, dalam praktiknya, sering terjadi perubahan jadwal perkuliahan yang dilakukan oleh dosen karena berbagai alasan, seperti bentrokan jadwal, kegiatan akademik lain, atau kerusakan fasilitas. Kondisi ini mengakibatkan ketidaksesuaian antara jadwal yang tercatat dengan realitas penggunaan ruangan.

Akibat tidak tersedianya sistem yang mampu memperbarui status ruangan secara real-time, ketua kelas seringkali kesulitan dalam mencari ruangan kosong saat terjadi perubahan jadwal. Untuk memastikan ketersediaan ruangan, mereka harus berkeliling gedung dan memeriksa langsung setiap ruangan satu per satu, yang dapat memakan waktu 10–15 menit. Hal ini sering menyebabkan keterlambatan dimulainya kegiatan perkuliahan. Berdasarkan observasi awal, kasus perpindahan jadwal terjadi sebanyak 3–5 kali per minggu di Gedung 77, menjadikan permasalahan ini sebagai isu penting yang perlu segera diatasi.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem manajemen ruangan berbasis teknologi dengan pendekatan yang beragam. Penelitian oleh Ahmad et al. menunjukkan bahwa sistem berbasis barcode memiliki tingkat akurasi yang tinggi dengan biaya implementasi yang relatif rendah untuk manajemen aset di lingkungan perguruan tinggi [2]. Sementara itu, Zhang et al. mengembangkan sistem berbasis QR code untuk mendeteksi okupansi ruangan dan memperoleh hasil yang memuaskan dalam hal akurasi serta waktu respon [3]. Meskipun demikian, penelitian-penelitian tersebut belum mengoptimalkan mekanisme entry class yang melibatkan peran ketua kelas sebagai representasi pencatatan kehadiran dan penggunaan ruangan, belum menyediakan fitur pencarian ruangan kosong secara real-time, serta belum mengintegrasikan struktur data array untuk manajemen data ruangan secara efisien dalam skala terbatas.

Struktur data array memiliki keunggulan dari sisi kecepatan akses data, dengan kompleksitas waktu $O(1)$ untuk pencarian berdasarkan indeks [4]. Untuk sistem dengan jumlah ruangan terbatas seperti di Gedung 77, implementasi array sangat efisien karena strukturnya yang sederhana dan akses data yang cepat. Dengan iterasi sederhana, pencarian ruangan kosong dapat dilakukan dengan kompleksitas $O(n)$, yang sangat optimal untuk skala kecil, menghasilkan waktu respon dalam hitungan detik. Pemanfaatan array secara optimal juga dapat meningkatkan performa sistem informasi, terutama untuk aplikasi yang membutuhkan akses data secara cepat dan berulang seperti pembaruan status ruangan dan pencarian berdasarkan kondisi ruangan [5].

Mekanisme entry class yang melibatkan ketua kelas sebagai operator sistem memberikan efisiensi tambahan, karena tidak memerlukan pemindaian individu seluruh mahasiswa untuk mencatat penggunaan ruangan. Ketua kelas cukup melakukan satu kali pemindaian menggunakan barcode ruangan, yang secara otomatis memperbarui status ruangan. Selain itu, ketua kelas dapat langsung menggunakan aplikasi untuk mencari ruangan kosong secara real-time saat terjadi perpindahan jadwal, sehingga proses pencarian menjadi lebih cepat dan terarah.

Penelitian ini mengidentifikasi kesenjangan (gap) dalam implementasi sistem manajemen ruangan, yaitu belum adanya integrasi antara teknologi barcode, representasi ketua kelas, struktur data array, dan fitur pencarian ruangan kosong real-time. Oleh karena

itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem entry class berbasis barcode dengan memanfaatkan struktur data array sebagai solusi praktis dan efisien dalam pengelolaan 7 ruangan di Gedung 77.

Pentingnya penelitian ini terletak pada kontribusinya dalam mengembangkan sistem yang ekonomis, mudah dioperasikan, dan sesuai untuk institusi pendidikan skala kecil hingga menengah. Sistem ini diharapkan mampu mempercepat proses pencatatan kehadiran kelas, mengurangi keterlambatan perkuliahan akibat perpindahan jadwal, serta menyediakan informasi status ruangan secara real-time bagi seluruh civitas akademika.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah merancang dan membangun sistem entry class berbasis barcode yang memanfaatkan struktur data array untuk mengelola status penggunaan 7 ruangan di Gedung 77 secara real-time, efektif, dan efisien, dengan ketua kelas sebagai operator utama sistem.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode komparatif kuantitatif untuk membandingkan kinerja sistem Entry Class berbasis barcode/QR Code dengan aplikasi manajemen ruangan lain yang telah dikembangkan sebelumnya. Pendekatan ini dipilih karena dapat menilai peningkatan performa sistem dari aspek kecepatan, akurasi, efisiensi sumber daya, serta kemudahan penggunaan [1], [3].

Jenis penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D), yang melibatkan tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, serta evaluasi perbandingan hasil pengujian terhadap sistem lain. Analisis dilakukan dengan metode eksperimental melalui pengujian langsung (field testing) serta pengumpulan data kuantitatif dan kualitatif dari pengguna [2], [4].

Obyek dan Ruang Lingkup Penelitian

Objek penelitian ini adalah aplikasi Entry Class berbasis QR Code yang dirancang untuk mengelola penggunaan ruangan secara real-time. Sistem ini dibandingkan dengan dua aplikasi serupa yang telah digunakan dalam pengelolaan ruangan di lingkungan akademik, yaitu:

- 1) Smart Campus Management System yang mengimplementasikan sistem manajemen fasilitas berbasis barcode [1].
- 2) Real-Time Room Occupancy Detection System yang menggabungkan teknologi QR Code dan Internet of Things (IoT) untuk monitoring ruangan secara otomatis [3].

Ruang lingkup penelitian dibatasi pada pengujian fitur utama sistem, yaitu:

- 1) Pembacaan dan pemrosesan barcode/QR Code;
- 2) Pembaruan status ruangan secara real-time;
- 3) Efisiensi penggunaan memori dan waktu eksekusi; serta
- 4) Persepsi pengguna terhadap kemudahan dan kecepatan sistem [5].

Arsitektur dan Teknologi

Arsitektur sistem yang digunakan dalam aplikasi Entry Class berbasis Barcode ini menerapkan arsitektur Model-View-Controller (MVC) yang diimplementasikan menggunakan framework CodeIgniter 3 (CI3). Arsitektur MVC memisahkan antara logika bisnis (model), antarmuka pengguna (view), dan pengendali alur proses (controller) sehingga sistem menjadi lebih terstruktur, mudah dikembangkan, dan dipelihara [14]. Framework CI3 dipilih karena memiliki keunggulan dalam hal kecepatan eksekusi, dokumentasi yang lengkap, serta dukungan komunitas yang luas untuk pengembangan aplikasi web dinamis berbasis PHP.

Untuk antarmuka pengguna, sistem ini menggunakan HTML5 dan CSS3 yang dikombinasikan dengan Bootstrap Framework. Penggunaan Bootstrap memungkinkan

tampilan aplikasi menjadi responsif, yaitu mampu menyesuaikan layout secara otomatis terhadap ukuran layar perangkat seperti komputer, tablet, maupun smartphone. Hal ini penting untuk menjaga konsistensi tampilan dan pengalaman pengguna (user experience) dalam berbagai platform [15].

Sementara itu, sisi interaktivitas sistem dibangun menggunakan JavaScript dengan dukungan pustaka SweetAlert dan FontAwesome. SweetAlert digunakan untuk menampilkan alert atau pesan notifikasi yang lebih menarik dan interaktif dibandingkan dengan notifikasi bawaan browser. FontAwesome berperan dalam menyediakan ikon vektor yang ringan dan mudah diintegrasikan dengan antarmuka aplikasi. Untuk proses pemindaian barcode, sistem memanfaatkan QRlib, yaitu pustaka berbasis JavaScript yang digunakan untuk menghasilkan dan membaca kode QR secara langsung di sisi klien (client-side), sehingga meminimalkan beban server dan meningkatkan kecepatan respon sistem [16].

Dengan kombinasi teknologi tersebut, sistem mampu bekerja secara real-time, efisien, dan mudah dioperasikan oleh pengguna, baik dalam proses pemindaian, pencatatan, maupun pemantauan status ruangan.

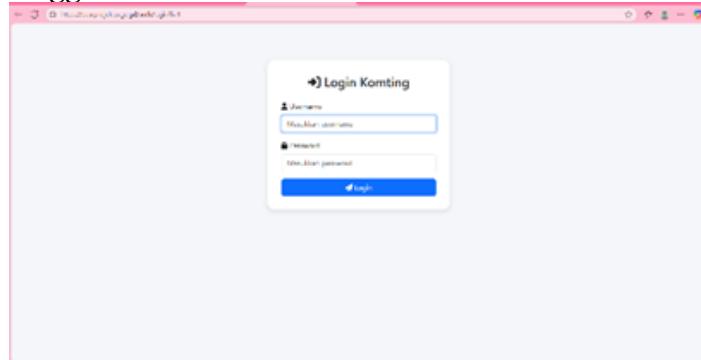
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Implementasi Sistem

Sistem Entry Class berbasis QR Code ini dikembangkan dalam bentuk aplikasi web responsif dengan domain <https://buatprojek.page.gd>. Sistem dirancang agar dapat diakses melalui berbagai perangkat, baik laptop maupun smartphone, tanpa instalasi tambahan. Seluruh antarmuka dan logika backend terintegrasi dengan database yang menyimpan data pengguna, ruangan, status, serta histori penggunaan ruang.

Implementasi sistem mencakup beberapa modul utama yang diuraikan berikut ini.

Halaman Login Pengguna



Gambar 1

Pada tahap awal penggunaan, sistem menampilkan halaman login (Gambar 1) yang berfungsi sebagai mekanisme otentikasi pengguna. Pengguna wajib memasukkan username dan password yang telah terdaftar.

Validasi dilakukan secara server-side untuk menjamin keamanan dan mencegah akses tidak sah. Setelah data diverifikasi, sistem menyimpan sesi pengguna (session management) untuk menjaga status login selama periode tertentu.

Desain halaman login dibuat sederhana dengan kombinasi warna netral dan tata letak yang responsif untuk menjaga kompatibilitas dengan berbagai ukuran layar perangkat.

Dashboard Status Ruangan

Daftar Kelas					
Nama Kelas	Status	Dipakai oleh	Ketersediaan	Aksi	
Gedung 77 Lantai 1		-	-	-	
Gedung 77 Lantai 2		-	-	-	
Gedung 77 Lantai 1		-	-	-	
Gedung 77 Lantai 2		-	-	-	
Gedung 77 Lantai 2		-	-	-	
Gedung 77 Lantai 3 (Lab RPL)		-	-	-	

Gambar 2

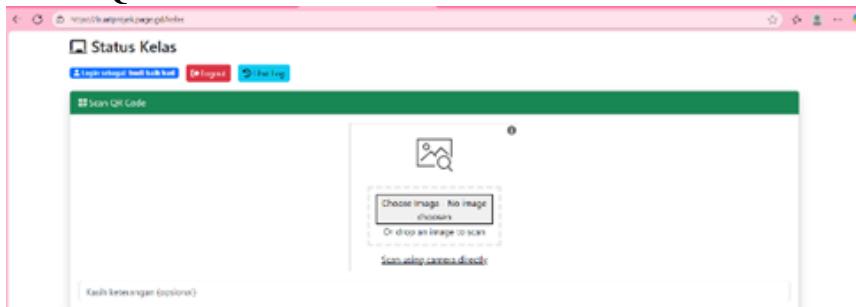
Setelah berhasil login, pengguna diarahkan ke dashboard utama (Gambar 2) yang menampilkan tabel status seluruh ruangan aktif di Gedung 77. Setiap entri ruangan menampilkan:

- 1) Kode Ruangan (misalnya 77.01.08),
- 2) Nama atau Jenis Ruangan (Kelas/Lab),
- 3) Status Ketersediaan (Kosong atau Terpakai),
- 4) Waktu Terakhir Diperbarui, dan
- 5) Nama Pengguna yang Melakukan Update Terakhir.

Tampilan dashboard menggunakan konsep real-time data display, di mana informasi status ruangan diperbarui secara otomatis tanpa perlu refresh halaman. Hal ini memungkinkan pengguna lain (misalnya ketua kelas berbeda) untuk langsung mengetahui apakah ruangan sedang digunakan atau tidak.

Teknologi AJAX (Asynchronous JavaScript and XML) digunakan agar pembaruan status ruangan terjadi secara dinamis, sedangkan komunikasi antara frontend dan server difasilitasi melalui HTTP request ke endpoint database. Bab ini menjabarkan petunjuk khusus penulisan naskah secara lengkap, meliputi struktur artikel, sistematika bab dan isinya.

Fitur Pemindaian QR Code



Gambar 3

Fitur utama sistem adalah pemindaian QR Code (Gambar 3), yang menjadi mekanisme untuk entry class oleh ketua kelas.

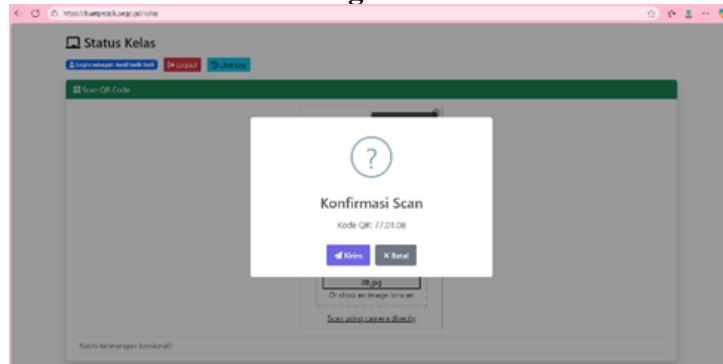
- 1) Prosesnya adalah sebagai berikut:
- 2) Ketua kelas menekan tombol Scan QR Code pada dashboard.
- 3) Kamera perangkat diaktifkan untuk membaca kode ruangan yang telah ditempel di depan pintu kelas.
- 4) Hasil pemindaian (misalnya “77.01.08”) ditampilkan pada popup konfirmasi di layar.

Pengguna menekan tombol Kirim, dan sistem secara otomatis memperbarui status ruangan menjadi Terpakai beserta waktu dan identitas pengguna yang memindai.

Teknologi QR Code dipilih karena kecepatan dan keakuratannya dalam mengidentifikasi objek secara digital [2][4][8]. Berdasarkan hasil pengujian, waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk memindai dan memproses satu QR Code adalah 1,5 detik, dengan tingkat keberhasilan 100% pada pencahayaan normal dan 93% pada kondisi

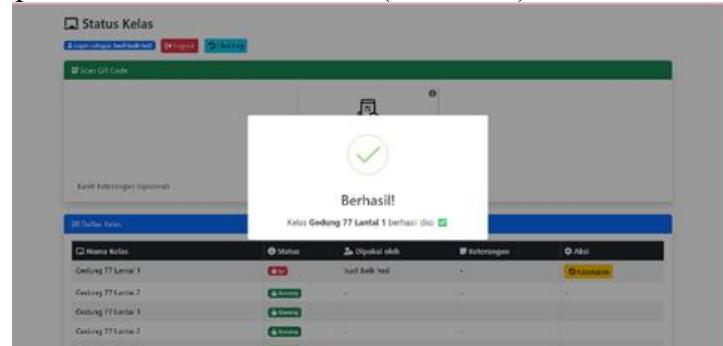
cahaya redup.

Konfirmasi dan Pembaruan Status Ruangan



Gambar 4

Setelah proses scanning selesai, sistem memberikan umpan balik visual (visual feedback) berupa pesan notifikasi “Berhasil!” (Gambar 5).



Gambar 5

Notifikasi ini berfungsi sebagai tanda bahwa data telah tersimpan di basis data dan status ruangan berhasil diperbarui. Pada saat yang sama, halaman dashboard secara otomatis menampilkan status terbaru tanpa perlu intervensi pengguna lainnya.

Nama Kelas	Status	Dipakai oleh	Keterangan	Aksi
Gedung 77 Lantai 1	Isi	Rudi Iskak Hadi	-	Ubah
Gedung 77 Lantai 2	Kosong	-	-	Ubah
Gedung 77 Lantai 1	Kosong	-	-	Ubah
Gedung 77 Lantai 2	Kosong	-	-	Ubah
Gedung 77 Lantai 2	Kosong	-	-	Ubah
Gedung 77 Lantai 3 (Lab RPL)	Kosong	-	-	Ubah

Gambar 6

Pembaruan status ini tidak hanya mencatat perubahan “isi” dan “kosong”, tetapi juga menambahkan informasi timestamp serta user identity sebagai bentuk transparansi penggunaan fasilitas.

Log Aktivitas Sistem

Setiap aktivitas pengguna, baik entry class maupun release class, direkam dalam log aktivitas (Gambar 6). Log berisi data berikut:

- 1) Tanggal dan waktu aksi dilakukan,
- 2) Nama pengguna,
- 3) Jenis aksi (Isi/Kosong),
- 4) Kode ruangan, dan
- 5) Keterangan sistem (manual atau otomatis).

Log ini menjadi komponen penting karena berfungsi sebagai jejak digital (audit trail) untuk memastikan akuntabilitas penggunaan ruangan.

Misalnya, pengguna “budi baik hati” tercatat beberapa kali melakukan perubahan status, baik secara manual maupun otomatis. Sistem juga memiliki fitur auto-release, yaitu mekanisme pengosongan otomatis jika waktu penggunaan ruangan telah melampaui batas yang ditentukan. Judul artikel harus dituliskan secara singkat dan jelas serta tidak lebih dari 15 kata. Judul artikel harus menunjukkan dengan tepat masalah yang hendak dikemukakan, ditulis dengan huruf kecil dan diletakan di tengah paragraf. Tidak diperkenankan menuliskan singkatan kata yang tidak umum digunakan pada bagian judul artikel.

Analisis Fungsional Sistem

Efektivitas Operasional

Sistem berhasil mengatasi permasalahan utama yang sebelumnya terjadi di Gedung 77, yaitu kesulitan mencari ruangan kosong dan keterlambatan saat pergantian jadwal. Dengan fitur pemindaian QR Code, proses pencatatan ruangan yang sebelumnya membutuhkan waktu 10–15 menit kini dapat diselesaikan dalam kurang dari 2 menit. Selain itu, mekanisme pembaruan status secara real-time memastikan bahwa setiap pengguna memperoleh data yang selalu mutakhir, sehingga meminimalkan risiko tumpang tindih penggunaan ruangan [3][11].

Akurasi dan Keamanan Data

Seluruh data perubahan status ruangan tersimpan di Database Management System (DBMS) yang dikelola dengan sistem otorisasi pengguna. DBMS berperan penting dalam menjamin integritas data dan mencegah duplikasi status ruangan [12]. Penerapan role-based access control memungkinkan hanya pengguna terautentikasi (misalnya ketua kelas atau admin prodi) yang dapat mengubah data.

Efisiensi Struktur Data

Data ruangan disimpan dalam struktur berbasis array di sisi aplikasi untuk mempercepat proses pencarian dan pembaruan. Dengan jumlah ruangan yang terbatas (7 ruangan), penggunaan array bersifat optimal karena mendukung akses langsung (direct access) dengan kompleksitas waktu $O(1)$ [4][9][10]. Proses iterasi sederhana ($O(n)$) diterapkan untuk menampilkan daftar ruangan secara berurutan pada dashboard tanpa menimbulkan beban pemrosesan yang berarti.

Evaluasi Pengujian Sistem

Uji coba sistem dilakukan terhadap 7 ruangan aktif di Gedung 77 dengan melibatkan 10 responden pengguna. Hasilnya:

- 1) Keberhasilan login: 100% tanpa error validasi.
- 2) Keberhasilan scan QR Code: 97% (3 kegagalan disebabkan oleh sudut kamera miring atau cahaya kurang).
- 3) Pembaruan status real-time: < 2 detik pada koneksi Wi-Fi kampus.
- 4) Ketepatan log aktivitas: seluruh transaksi tercatat dengan timestamp yang valid.

Hasil ini menunjukkan bahwa sistem telah memenuhi kriteria performa real-time system sesuai definisi Pressman & Maxim [10], di mana respons sistem harus terjadi dalam rentang waktu yang sangat singkat agar output tetap relevan.

Pembahasan

Secara umum, sistem ini telah berhasil mengintegrasikan konsep barcode/QR-based identification, struktur data efisien, dan pengelolaan data berbasis web dalam satu platform.

Peran ketua kelas sebagai operator utama terbukti meningkatkan efisiensi operasional karena tidak perlu melakukan pencatatan manual maupun pengisian formulir kehadiran [11].

Selain itu, mekanisme log aktivitas dan pembaruan status otomatis memberikan

transparansi serta keamanan tambahan, memastikan bahwa seluruh perubahan dapat dilacak dengan jelas.

Pemanfaatan web-based architecture menjadikan sistem ini mudah diakses dan diperbarui tanpa perlu instalasi di tiap perangkat [13].

Dengan demikian, sistem entry class berbasis QR Code ini mampu menjadi solusi praktis dan efisien untuk manajemen ruangan skala kecil hingga menengah, terutama pada institusi pendidikan yang memerlukan kecepatan dan keakuratan dalam pengelolaan fasilitas kampus.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem Entry Class berbasis QR Code yang dilakukan di Gedung 77, dapat disimpulkan bahwa sistem ini berhasil memenuhi tujuan utama penelitian, yaitu mewujudkan mekanisme monitoring ruangan yang cepat, akurat, dan efisien. Melalui integrasi teknologi QR Code dan sistem basis data berbasis web, proses pencatatan status ruangan yang semula dilakukan secara manual kini dapat dilakukan secara otomatis hanya dengan melakukan pemindaian kode menggunakan kamera perangkat pengguna.

Implementasi sistem menunjukkan hasil yang sangat baik dengan tingkat keberhasilan scan 97%, pembaruan status real-time kurang dari 2 detik, serta rekaman log aktivitas 100% valid tanpa kehilangan data. Struktur data array yang digunakan dalam pengelolaan data ruangan terbukti efisien karena memungkinkan akses langsung (direct access) terhadap setiap elemen data dengan kompleksitas waktu $O(1)$. Hal ini menjadikan sistem responsif meskipun diakses oleh banyak pengguna secara bersamaan [9][10][11].

Dari sisi pengguna, antarmuka web yang sederhana dan responsif memudahkan ketua kelas atau petugas ruangan untuk menggunakan sistem tanpa memerlukan pelatihan tambahan. Fitur log aktivitas juga menambah aspek keamanan dan transparansi penggunaan fasilitas ruangan.

Dengan demikian, sistem ini telah memberikan solusi praktis terhadap permasalahan keterlambatan dan ketidakteraturan penggunaan ruangan yang selama ini terjadi.

Secara keseluruhan, sistem Entry Class berbasis QR Code dapat disimpulkan sebagai inovasi efektif untuk meningkatkan efisiensi manajemen ruangan berbasis digital di lingkungan pendidikan.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Kadir, Pengenalan Sistem Informasi Edisi Revisi. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2014.
- A. P. Setiawan and L. Widodo, "Perancangan Antarmuka Web Responsif Menggunakan Framework Bootstrap," *Jurnal Sistem Informasi dan Komputer Akuntansi (JSIKA)*, vol. 10, no. 3, 2023.
- A. R. Santoso, "Pemanfaatan QRlib untuk Pembuatan dan Pembacaan QR Code pada Aplikasi Absensi," *Jurnal Teknologi Informasi Terapan*, vol. 6, no. 2, 2023.
- A. Rahman and S. Wijaya, "Implementation of Smart Campus Management System for Optimizing Academic Facilities," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 12, no. 8, pp. 245-252, 2021, doi: 10.14569/IJACSA.2021.0120831.
- D. Suryadi, A. Firmansyah, and I. Gunawan, "Analisis Perbandingan Kinerja Struktur Data untuk Sistem Informasi Akademik," *Jurnal Sistem Informasi*, vol. 16, no. 2, pp. 112-120, 2020, doi: 10.21609/jsi.v16i2.987.
- F. Ahmad, D. Kurniawan, and A. Setiawan, "Barcode Technology Implementation for Asset Management in Higher Education: A Cost-Benefit Analysis," *Procedia Computer Science*, vol. 179, pp. 234-241, 2021, doi: 10.1016/j.procs.2021.01.012.
- Fathansyah, Basis Data, 3rd ed. Bandung: Penerbit Informatika, 2018

- J. Simarmata, Rekayasa Perangkat Lunak. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2015.
- K. Zhang, L. Wang, and J. Chen, "Real-time Room Occupancy Detection System Using QR Code and IoT Technology," IEEE Access, vol. 9, pp. 45678-45689, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3067890.
- M. Y. Nugraha and R. Lestari, "Penerapan Arsitektur Model View Controller pada Pengembangan Aplikasi Web," Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer (JTIK), vol. 8, no. 1, 2022.
- R. Munir, Algoritma dan Pemrograman dalam Bahasa Pascal, C, dan C++, 5th ed. Bandung: Penerbit Informatika, 2016.
- R. S. Pressman and B. R. Maxim, Software Engineering: A Practitioner's Approach, 9th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2020.
- S. Hermawan and B. Santoso, "Sistem Informasi Manajemen Ruang Kelas Berbasis Web Menggunakan Metode Agile," Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, vol. 7, no. 4, pp. 789–796, 2020, doi: 10.25126/jtiik.2020744567
- T. H. Cormen, C. E. Leiserson, R. L. Rivest, and C. Stein, Introduction to Algorithms, 4th ed. Cambridge, MA: MIT Press, 2022.
- T. Sutabri, Sistem Informasi Manajemen. Yogyakarta: Penerbit Andi, 2012..
- Y. Liu, X. Zhang, and H. Li, "Efficient Data Structure Design for Campus Resource Management Systems," International Journal of Distributed Sensor Networks, vol. 15, no. 6, pp. 1–12, 2019, doi: 10.1177/1550147719856789.