
IMPLEMENTASI DIGITAL SIGNAGE UNTUK PENYEBARAN INFORMASI AKADEMIK DI JURUSAN MATEMATIKA FMIPA UNSRAT

Anna S. Ruitan¹⁾, Benny Pinontoan²⁾, Edwin Tenda³⁾, Eliasta Ketaren⁴⁾, Christian A. J. Soewoeh⁵⁾, Stephano C. W. Ngangi⁶⁾, Dodisutarma Lapihu⁷⁾
Sistem Informasi

Universitas Sam Ratulangi

Jl. Kampus Unsrat, Bahu-Kleak, Manado 95115

e-mail: annaruitan106@student.unsrat.ac.id¹⁾, bpinonto@yahoo.com²⁾, tenda.edwin@unsrat.ac.id³⁾,
eliasketaren@unsrat.ac.id⁴⁾, christian.suwuh@unsrat.ac.id⁵⁾, stephano.ngangi@unsrat.ac.id⁶⁾, dlapihu@unsrat.ac.id⁷⁾

Abstrak

Penyebaran informasi akademik di Jurusan Matematika FMIPA UNSRAT masih dilakukan melalui media konvensional seperti papan pengumuman dan grup WhatsApp sehingga informasi sering tersebar secara tidak terpusat, diperbarui secara manual, dan kurang mudah diakses oleh mahasiswa maupun dosen di lingkungan jurusan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan aplikasi digital signage sebagai media penyebaran informasi akademik yang terpusat di Jurusan Matematika UNSRAT. Metode pengembangan sistem yang digunakan adalah Waterfall yang meliputi tahap identifikasi masalah, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, dan pengujian. Sistem dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan SQLite sebagai basis data lokal. Aplikasi yang dikembangkan terdiri dari Admin Application untuk pengelolaan informasi akademik dan Display Application untuk menampilkan informasi melalui layar publik secara real-time. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan jadwal penggunaan ruangan, jadwal seminar, pengumuman, dan running text secara terpusat melalui digital signage display. Berdasarkan hasil Black-Box Testing seluruh fungsi utama sistem berjalan sesuai kebutuhan, sedangkan User Acceptance Testing memperoleh tingkat penerimaan sebesar 93,31% dari mahasiswa dan 100% dari administrator. Sistem yang dikembangkan dinilai mampu meningkatkan visibilitas, aksesibilitas, dan sentralisasi penyebaran informasi akademik di lingkungan jurusan.

Kata kunci : digital signage; informasi akademik; Python; SQLite; Waterfall

1. Pendahuluan

Penyebaran informasi akademik merupakan salah satu aspek penting dalam mendukung kelancaran proses akademik di lingkungan perguruan tinggi. Informasi seperti jadwal penggunaan ruangan, jadwal seminar, kegiatan akademik, dan pengumuman jurusan perlu disampaikan secara cepat, terpusat, dan mudah diakses oleh mahasiswa maupun dosen. Namun, pada praktiknya, penyebaran informasi akademik di Jurusan Matematika FMIPA UNSRAT masih dilakukan melalui media konvensional seperti papan pengumuman dan grup WhatsApp. Metode tersebut menyebabkan informasi sering tersebar secara tidak terpusat, diperbarui secara manual, dan kurang memiliki visibilitas yang baik bagi civitas akademika di lingkungan jurusan.

Penyampaian informasi melalui grup pesan instan juga memiliki keterbatasan karena bergantung pada perhatian pengguna terhadap notifikasi dan akses perangkat pribadi. Selain itu, pembaruan informasi pada papan pengumuman membutuhkan proses manual oleh staf administrasi sehingga informasi yang ditampilkan tidak selalu mencerminkan kondisi terbaru. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan keterlambatan informasi, miskomunikasi, serta menurunkan efektivitas penyebaran informasi akademik, khususnya bagi mahasiswa dan dosen yang berada langsung di lingkungan jurusan.

Salah satu solusi yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah penggunaan digital signage. Digital signage merupakan media tampilan digital yang digunakan untuk menyampaikan informasi secara dinamis melalui layar elektronik. Sistem ini memungkinkan informasi ditampilkan secara real-time, terpusat, dan lebih mudah diakses melalui layar publik tanpa mengharuskan pengguna membuka aplikasi tertentu pada perangkat pribadi. Dalam lingkungan pendidikan, digital signage telah banyak digunakan sebagai media penyebaran informasi akademik, jadwal kegiatan, maupun pengumuman institusi.

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa digital signage mampu meningkatkan efektivitas penyebaran informasi dalam lingkungan pendidikan. Penelitian Sarja et al. mengembangkan sistem Class Information Display System (CIDS) untuk monitoring aktivitas perkuliahan secara terpusat menggunakan web API [1]. Penelitian lain oleh Gunawan et al. memanfaatkan Raspberry Pi sebagai media digital signage sekolah untuk meningkatkan aksesibilitas informasi akademik [2]. Selain itu, implementasi digital signage berbasis Android TV juga menunjukkan bahwa media display digital dapat digunakan untuk penyampaian informasi secara dinamis pada lingkungan pendidikan [3]. Namun, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada sistem berbasis online, cloud, atau skala institusi secara menyeluruh sehingga belum banyak membahas aplikasi digital signage stand-alone yang dirancang khusus untuk kebutuhan penyebaran informasi akademik pada tingkat jurusan dengan dukungan operasi offline.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan aplikasi digital signage untuk informasi akademik di Jurusan Matematika UNSRAT. Sistem dikembangkan menggunakan metode Waterfall dengan bahasa pemrograman Python dan SQLite sebagai basis data lokal. Aplikasi terdiri dari Admin Application untuk pengelolaan informasi akademik dan Display Application untuk menampilkan informasi melalui layar publik secara real-time. Informasi yang ditampilkan meliputi jadwal penggunaan ruangan, jadwal seminar, pengumuman, dan running text akademik.

Penelitian ini diharapkan dapat membantu jurusan dalam meningkatkan visibilitas, aksesibilitas, dan sentralisasi penyebaran informasi akademik. Selain itu, sistem yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi alternatif media penyebaran informasi akademik yang lebih efektif dibandingkan metode konvensional yang masih digunakan sebelumnya.

2. Landasan Teori

Digital Signage

Digital signage merupakan sistem tampilan digital yang digunakan untuk menyampaikan informasi secara dinamis melalui media elektronik seperti monitor atau televisi. Dibandingkan dengan papan pengumuman konvensional, digital signage memungkinkan informasi diperbarui secara lebih cepat dan ditampilkan secara real-time sehingga meningkatkan visibilitas dan aksesibilitas informasi dalam lingkungan publik [4]. Dalam lingkungan pendidikan, digital signage banyak dimanfaatkan untuk menampilkan jadwal akademik, pengumuman, dan informasi kegiatan institusi [5]. Penerapan digital signage dalam lingkungan akademik dapat mendukung penyebaran informasi yang lebih terpusat dan mengurangi ketergantungan terhadap media komunikasi konvensional seperti papan pengumuman maupun grup pesan instan. Selain itu, penggunaan layar publik memungkinkan pengguna memperoleh informasi secara langsung tanpa harus mengakses perangkat pribadi atau aplikasi tertentu.

Python

Python merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi yang mendukung pengembangan perangkat lunak secara cepat dan fleksibel. Python memiliki sintaks yang sederhana serta didukung oleh berbagai pustaka dan framework yang memudahkan pengembangan aplikasi desktop maupun sistem informasi [6]. Dalam penelitian ini, Python digunakan sebagai bahasa pemrograman utama untuk mengembangkan Admin Application dan Display Application pada sistem digital signage.

Penggunaan Python dipilih karena mendukung pengembangan aplikasi berbasis graphical user interface (GUI), integrasi basis data, serta memiliki kompatibilitas yang baik untuk implementasi aplikasi desktop stand-alone.

SQLite

SQLite adalah sistem manajemen basis data relasional ringan yang bersifat serverless dan menggunakan satu file sebagai media penyimpanan data [7]. SQLite dirancang untuk aplikasi stand-alone yang tidak memerlukan konfigurasi server terpisah sehingga cocok digunakan pada sistem dengan kebutuhan implementasi sederhana dan operasional offline.

Dalam penelitian ini, SQLite digunakan untuk menyimpan data akademik seperti jadwal penggunaan ruangan, seminar, pengumuman, dan running text. Penggunaan SQLite dipilih karena mudah diimplementasikan, memiliki performa yang ringan, serta mendukung integrasi langsung dengan aplikasi Python.

Waterfall

Metode Waterfall merupakan model pengembangan perangkat lunak yang dilakukan secara berurutan mulai dari tahap analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, pengujian, hingga pemeliharaan [8]. Setiap tahapan harus diselesaikan sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya sehingga proses pengembangan menjadi lebih terstruktur dan terdokumentasi dengan baik.

Pada penelitian ini, metode Waterfall digunakan karena kebutuhan sistem telah didefinisikan dengan jelas sejak awal penelitian. Tahapan Waterfall membantu proses pengembangan aplikasi digital signage dilakukan secara sistematis mulai dari identifikasi kebutuhan hingga pengujian sistem.

Black-Box Testing

Black-Box Testing merupakan metode pengujian perangkat lunak yang berfokus pada pengujian fungsi sistem berdasarkan input dan output tanpa melihat struktur internal kode program [9]. Pengujian dilakukan untuk memastikan setiap fitur sistem berjalan sesuai kebutuhan fungsional yang telah ditentukan.

Dalam penelitian ini, Black-Box Testing digunakan untuk menguji fungsi utama sistem seperti pengelolaan jadwal, seminar, pengumuman, serta proses penampilan informasi pada digital signage display.

User Acceptance Testing (UAT)

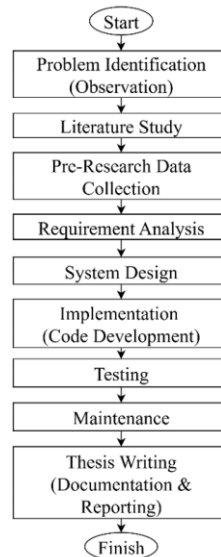
User Acceptance Testing (UAT) merupakan metode pengujian yang dilakukan oleh pengguna akhir untuk mengevaluasi apakah sistem telah sesuai dengan kebutuhan operasional pengguna [10]. UAT bertujuan mengukur tingkat

penerimaan pengguna terhadap sistem yang dikembangkan dari aspek kemudahan penggunaan, tampilan antarmuka, dan kesesuaian fungsi sistem.

Pada penelitian ini, UAT dilakukan terhadap mahasiswa dan administrator Jurusan Matematika FMIPA UNSRAT untuk mengevaluasi kelayakan penggunaan aplikasi digital signage dalam mendukung penyebaran informasi akademik.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan perangkat lunak Waterfall untuk merancang dan membangun aplikasi digital signage informasi akademik di Jurusan Matematika FMIPA UNSRAT. Metode Waterfall dipilih karena proses pengembangan sistem dilakukan secara terstruktur dan berurutan mulai dari analisis kebutuhan hingga pengujian sistem. Selain itu, kebutuhan sistem pada penelitian ini telah didefinisikan dengan cukup jelas sehingga sesuai untuk pendekatan Waterfall seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Kerja Sistem

Tahapan pertama dalam penelitian adalah identifikasi masalah melalui observasi terhadap proses penyebaran informasi akademik di Jurusan Matematika FMIPA UNSRAT. Pada tahap ini ditemukan bahwa informasi akademik seperti jadwal penggunaan ruangan, seminar, dan pengumuman masih disampaikan melalui papan pengumuman dan grup WhatsApp sehingga informasi sering tersebar secara tidak terpusat dan kurang memiliki visibilitas yang baik di lingkungan jurusan.

Tahap berikutnya adalah analisis kebutuhan sistem. Analisis dilakukan melalui observasi, wawancara dengan staf administrasi jurusan, dan studi literatur terkait digital signage, sistem informasi akademik, serta metode pengembangan perangkat lunak. Hasil analisis digunakan untuk menentukan kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem. Kebutuhan fungsional meliputi pengelolaan jadwal ruangan, seminar, pengumuman, dan running text, sedangkan kebutuhan non-fungsional meliputi kemampuan sistem berjalan secara offline, kemudahan penggunaan, serta dukungan tampilan full-screen pada layar publik.

Tahap desain sistem dilakukan dengan merancang arsitektur aplikasi, database, dan antarmuka pengguna. Sistem dirancang menggunakan dua modul utama yaitu Admin Application dan Display Application. Admin Application digunakan oleh administrator untuk mengelola informasi akademik, sedangkan Display Application digunakan untuk menampilkan informasi melalui monitor atau televisi publik. Database dirancang menggunakan SQLite untuk mendukung penyimpanan data secara lokal pada sistem stand-alone.

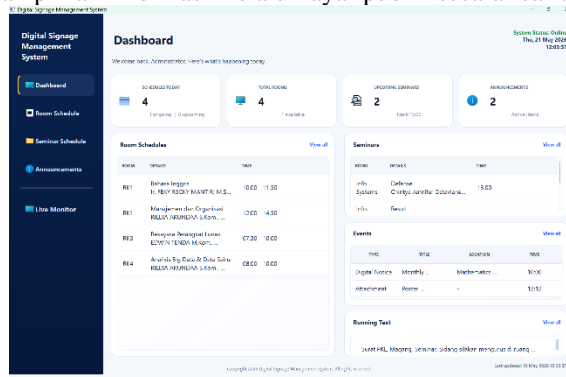
Tahap implementasi dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python. Sistem dikembangkan dengan fitur pengelolaan jadwal penggunaan ruangan, jadwal seminar, pengumuman, dan running text. Informasi yang tersimpan pada database SQLite ditampilkan secara otomatis pada Display Application sehingga pengguna dapat melihat informasi akademik secara real-time melalui layar publik di lingkungan jurusan.

Tahap evaluasi sistem dilakukan menggunakan Black-Box Testing dan User Acceptance Testing (UAT). Black-Box Testing digunakan untuk menguji fungsi utama sistem berdasarkan kesesuaian input dan output tanpa melihat struktur internal program. Pengujian dilakukan pada fitur pengelolaan jadwal, seminar, pengumuman, serta tampilan informasi pada digital signage display. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama sistem berjalan sesuai kebutuhan fungsional yang telah ditentukan.

4. Hasil Penelitian

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi digital signage untuk informasi akademik di Jurusan Matematika

FMIPA UNSRAT berhasil dikembangkan sesuai kebutuhan sistem yang telah dirancang. Sistem terdiri dari dua modul utama yaitu *Admin Application* dan *Display Application*. *Admin Application* digunakan untuk mengelola informasi akademik seperti jadwal penggunaan ruangan, jadwal seminar, pengumuman, dan running text pada Gambar 2. *Display Application* digunakan untuk menampilkan informasi melalui layar publik secara real-time dilihat di Gambar 3.



Gambar 2. Tampilan Display Application

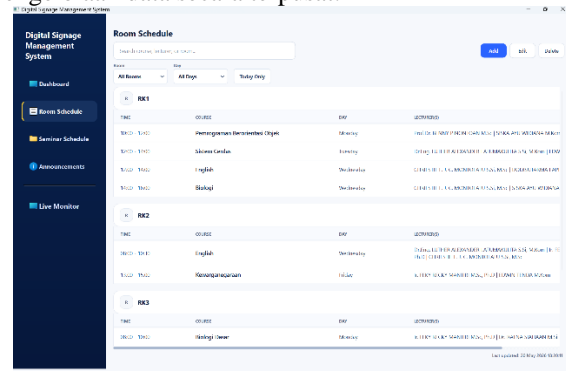


Gambar 3. Tampilan Admin Application

Pada tahap implementasi, sistem berhasil diintegrasikan dengan database SQLite sebagai media penyimpanan data lokal. Administrator dapat melakukan proses tambah, ubah, dan hapus data akademik melalui antarmuka aplikasi admin. Informasi yang telah disimpan pada database kemudian ditampilkan secara otomatis pada layar digital signage tanpa memerlukan proses pembaruan manual pada display.

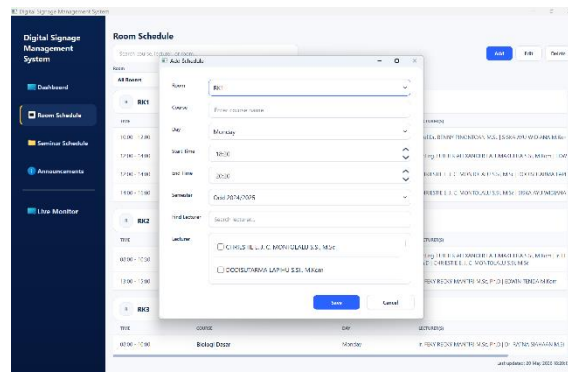
Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan informasi akademik secara terpusat dengan tampilan full-screen sehingga informasi dapat dibaca dengan jelas oleh mahasiswa, dosen, staf, dan pengunjung di lingkungan jurusan. Informasi yang ditampilkan meliputi jadwal penggunaan ruangan, jadwal seminar, pengumuman akademik, dan running text informasi jurusan.

Halaman pengelolaan ruangan kelas digunakan oleh administrator untuk mengatur jadwal penggunaan ruangan yang akan ditampilkan pada digital signage display. Pada halaman ini administrator dapat melihat daftar jadwal ruangan yang telah tersimpan serta melakukan pengelolaan data secara terpusat.



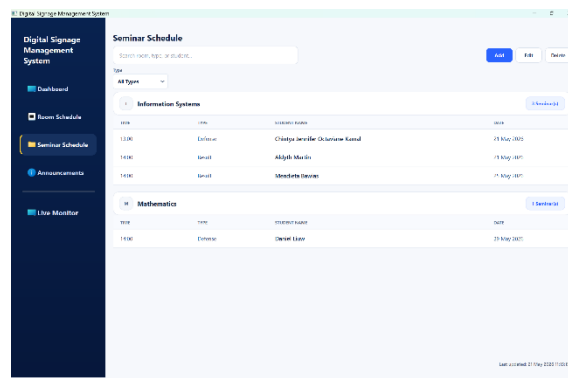
Gambar 4. Halaman Ruang Kelas

Berdasarkan Gambar 4, sistem menyediakan fitur pengelolaan jadwal ruangan yang memudahkan administrator dalam melakukan monitoring dan pembaruan informasi penggunaan ruangan secara real-time. Proses penambahan jadwal kelas dilakukan melalui dialog input data yang terintegrasi langsung dengan database SQLite.



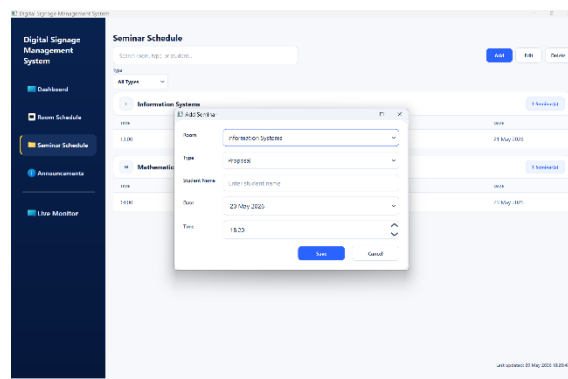
Gambar 5. Dialog Menambahkan Jadwal Kelas

Pada Gambar 5 terlihat bahwa administrator dapat memasukkan informasi jadwal kelas seperti nama ruangan, waktu penggunaan, dan keterangan jadwal sehingga informasi dapat langsung ditampilkan pada display system. Selain pengelolaan jadwal ruangan, sistem juga menyediakan fitur pengelolaan jadwal seminar akademik.



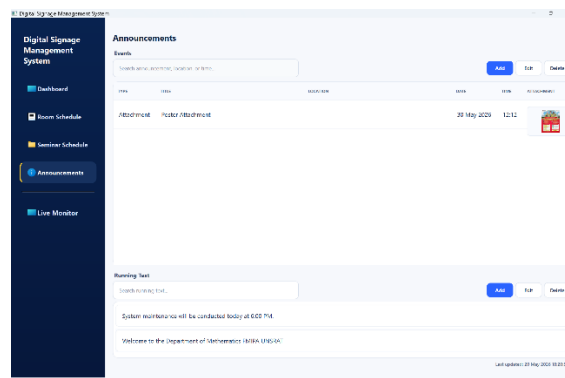
Gambar 6. Halaman Jadwal Seminar

Berdasarkan Gambar 6, halaman jadwal seminar menampilkan informasi seminar yang telah tersimpan sehingga memudahkan administrator dalam melakukan pengelolaan data seminar secara terstruktur. Penambahan data seminar dilakukan melalui dialog input seminar yang terhubung langsung dengan sistem database.



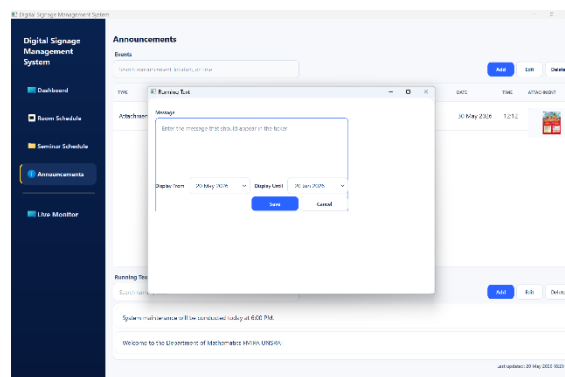
Gambar 7. Dialog Tambah Jadwal Seminar

Pada Gambar 7 terlihat bahwa administrator dapat menambahkan informasi seminar seperti judul seminar, waktu pelaksanaan, dan lokasi kegiatan untuk ditampilkan pada digital signage. Sistem juga menyediakan halaman pengelolaan pengumuman akademik yang digunakan untuk menyampaikan informasi kepada mahasiswa dan dosen.



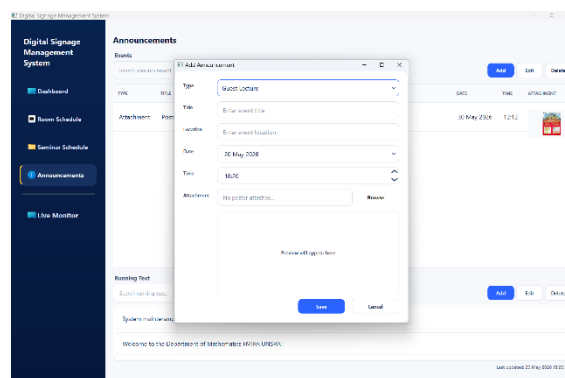
Gambar 8. Halaman Pengumuman

Berdasarkan Gambar 8, administrator dapat melihat daftar pengumuman yang telah ditambahkan serta melakukan pengelolaan informasi pengumuman secara terpusat melalui aplikasi admin. Fitur running text digunakan untuk menampilkan informasi singkat yang berjalan pada bagian bawah display system.



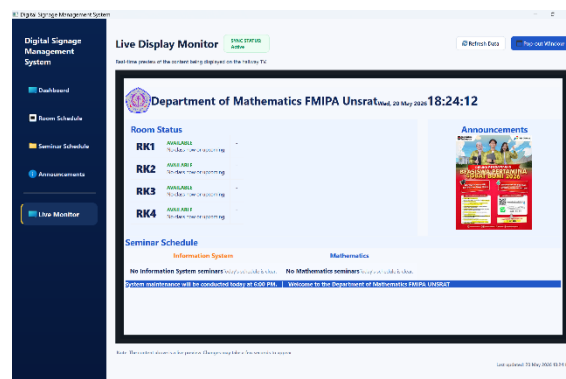
Gambar 9. Dialog Menambahkan *Running Text*

Pada Gambar 9 terlihat bahwa administrator dapat menambahkan informasi running text secara langsung sehingga informasi penting dapat ditampilkan secara dinamis pada layar digital signage. Penambahan pengumuman dilakukan melalui dialog input pengumuman yang terintegrasi dengan sistem.



Gambar 10. Dialog Menambahkan Pengumuman

Berdasarkan Gambar 10, administrator dapat menambahkan judul dan isi pengumuman sehingga informasi akademik dapat diperbarui secara lebih cepat dibandingkan metode papan pengumuman konvensional. Sistem digital signage juga menyediakan fitur live monitor untuk melihat tampilan informasi yang sedang ditampilkan pada layar publik.



Gambar 11. Halaman Live Monitor

Pada Gambar 11 terlihat bahwa halaman live monitor mampu menampilkan informasi akademik secara real-time sehingga administrator dapat melakukan monitoring terhadap tampilan digital signage secara langsung.

Evaluasi sistem dilakukan menggunakan Black-Box Testing untuk menguji fungsi utama aplikasi berdasarkan kebutuhan fungsional yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan pada fitur pengelolaan jadwal ruangan, seminar, pengumuman, running text, serta proses penampilan informasi pada Display Application.

Tabel 1. Hasil Black-box Testing

Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Hasil
Login Admin	Admin melakukan login ke sistem	Berhasil
Pengelolaan Jadwal Ruangan	Menambahkan dan mengubah jadwal ruangan	Berhasil
Pengelolaan Jadwal Seminar	Menambahkan data seminar	Berhasil
Pengelolaan Pengumuman	Menambahkan pengumuman akademik	Berhasil
Running Text	Menambahkan informasi running text	Berhasil
Display Information	Menampilkan informasi pada layar publik	Berhasil

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan sistem tanpa ditemukan kesalahan fungsi pada proses pengelolaan maupun penampilan data.

Selain pengujian fungsional, evaluasi sistem juga dilakukan menggunakan User Acceptance Testing (UAT) untuk mengukur tingkat penerimaan pengguna terhadap aplikasi yang dikembangkan. Pengujian melibatkan mahasiswa dan administrator Jurusan Matematika FMIPA UNSRAT sebagai responden. Aspek yang dinilai meliputi kemudahan penggunaan sistem, tampilan antarmuka, kemudahan akses informasi, dan kesesuaian fungsi aplikasi terhadap kebutuhan pengguna.

Berdasarkan hasil User Acceptance Testing, tingkat penerimaan mahasiswa terhadap sistem mencapai 93,31%, sedangkan tingkat penerimaan administrator mencapai 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aplikasi digital signage yang dikembangkan dapat diterima dengan baik oleh pengguna dan dinilai mampu mendukung penyebaran informasi akademik secara lebih terpusat, mudah diakses, dan memiliki visibilitas yang lebih baik dibandingkan metode konvensional yang sebelumnya digunakan di Jurusan Matematika FMIPA UNSRAT.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, aplikasi digital signage untuk informasi akademik di Jurusan Matematika FMIPA UNSRAT berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan SQLite sebagai basis data lokal. Sistem dikembangkan menggunakan metode Waterfall melalui tahapan analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, dan pengujian.

Aplikasi yang dikembangkan mampu menampilkan informasi akademik seperti jadwal penggunaan ruangan, jadwal seminar, pengumuman, dan running text secara terpusat melalui layar publik di lingkungan jurusan. Sistem juga mendukung pengelolaan informasi akademik secara lebih terorganisir melalui Admin Application sehingga proses penyebaran informasi menjadi lebih mudah dan efisien dibandingkan metode konvensional yang sebelumnya digunakan.

Hasil Black-Box Testing menunjukkan bahwa seluruh fungsi utama sistem berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah ditentukan. Selain itu, hasil User Acceptance Testing menunjukkan tingkat penerimaan sebesar 93,31% dari mahasiswa dan 100% dari administrator. Berdasarkan hasil tersebut, aplikasi digital signage yang dikembangkan dinilai mampu meningkatkan visibilitas, aksesibilitas, dan sentralisasi penyebaran informasi akademik di Jurusan Matematika FMIPA UNSRAT.

Untuk pengembangan selanjutnya, sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur integrasi berbasis

jaringan atau cloud sehingga informasi dapat diperbarui dari beberapa perangkat secara bersamaan. Selain itu, sistem juga dapat dikembangkan untuk mendukung multi-display management dan sinkronisasi dengan sistem informasi akademik yang telah digunakan di lingkungan universitas.

Daftar Pustaka

- [1] N. L. A. K. Y. Sarja, I. G. P. F. P. Sudhana, I. M. R. A. Nugroho, K. N. Sumiari, and I. K. Parnata, “Class information display system to enhance real-time monitoring of lecture activities,” *Salud, Ciencia y Tecnología*, vol. 5, p. 1693, 2025.
- [2] T. S. Gunawan, A. Ginting, A. S. M. Sharif, N. A. Harahap, A. Sophian, and R. Ginting, “Development of digital signage for primary school using Raspberry Pi,” *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, vol. 12, no. 3, pp. 1394–1399, 2021.
- [3] E. C. Nugroho, E. Widarti, N. A. Pujisusilo, and B. A. Catur, “Pengembangan digital signage sebagai papan informasi digital studi kasus: STMIK AUB Surakarta,” *GO INFOTECH: Jurnal Ilmiah STMIK AUB*, vol. 27, no. 1, pp. 33–42, 2021.
- [4] Y. Chen, M. Otero, and M. Milrad, “Digital signage systems in educational environments,” *International Journal of Educational Technology*, vol. 18, no. 2, pp. 45–53, 2021.
- [5] O. Müller, M. Otero, and M. Milrad, “Public display systems for academic information dissemination,” *Education and Information Technologies*, vol. 29, no. 1, pp. 233–248, 2024.
- [6] Python Software Foundation, “Python Documentation,” 2023.
- [7] SQLite Project, “SQLite Documentation,” 2025.
- [8] I. Sommerville, *Software Engineering*, 10th ed. Boston, MA, USA: Pearson, 2016.
- [9] G. J. Myers, C. Sandler, and T. Badgett, *The Art of Software Testing*, 3rd ed. Hoboken, NJ, USA: Wiley, 2011.
- [10] X. Tong, J. Yuan, Y. Dong, and S. Ramasamy, “A review of user acceptance testing methods,” *Software Quality Journal*, vol. 30, no. 4, pp. 1121–1140, 2022.