

Pengembangan Platform Distribusi dan Penjualan Musik Digital Berbasis Web dengan Integrasi Payment Gateway untuk Mendukung Musisi Independen

Natasya Pritasandri Sipayung*, Omega Rimba Gemilang

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Informatika, Universitas Kristen Teknologi Solo, Solo, Indonesia

Email: ¹*natasyapritasandrisipayung7@gmail.com, ²omega@uks.ac.id

Email Penulis Korespondensi: natasyapritasandrisipayung7@gmail.com

Abstrak—Pertumbuhan industri musik digital di Indonesia mendorong kebutuhan terhadap platform distribusi musik yang tidak hanya mendukung layanan streaming, tetapi juga mampu memfasilitasi penjualan lagu digital secara langsung bagi musisi independen. Namun, sebagian besar platform yang tersedia masih belum menyediakan mekanisme distribusi, pengelolaan lisensi, dan pembayaran digital yang terintegrasi dalam satu sistem. Penelitian ini bertujuan mengembangkan platform distribusi dan penjualan musik digital berbasis web yang mengintegrasikan manajemen transaksi, pengiriman file digital, serta Payment Gateway lokal Indonesia. Sistem dikembangkan menggunakan arsitektur client-server berbasis RESTful API dengan dukungan MySQL dan integrasi Midtrans Payment Gateway untuk mendukung berbagai metode pembayaran digital seperti transfer bank, GoPay, OVO, QRIS, dan kartu kredit. Metode pengembangan perangkat lunak menggunakan model Waterfall karena memiliki tahapan yang sistematis dan sesuai untuk kebutuhan sistem yang telah terdefinisi secara jelas sejak tahap analisis. Evaluasi sistem dilakukan menggunakan Black-box testing terhadap fungsi utama sistem meliputi autentikasi pengguna, pengelolaan transaksi, integrasi pembayaran, verifikasi admin, dan distribusi file digital. Hasil pengujian menunjukkan seluruh fungsi sistem berjalan sesuai kebutuhan dengan rata-rata respons server di bawah dua detik serta integrasi Payment Gateway yang mampu memproses transaksi secara konsisten dan aman. Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan dapat mendukung distribusi musik digital yang lebih terstruktur dan efisien bagi musisi independen di Indonesia. Kontribusi penelitian ini adalah menghadirkan platform direct sales musik digital pertama yang secara teknis mengintegrasikan penjualan berbasis kepemilikan file, manajemen lisensi terstruktur, Payment Gateway lokal Indonesia (Midtrans), dan panel admin verifikasi dalam satu sistem terpadu yang dirancang khusus untuk ekosistem musik independen Indonesia.

Kata Kunci: Distribusi Musik Digital; E-Commerce; RESTful API; Payment Gateway; Midtrans; Black-box Testing

Abstract—The growth of the digital music industry in Indonesia has increased the demand for music distribution platforms that not only support streaming services but also facilitate direct digital song sales for independent musicians. However, most existing platforms still lack integrated mechanisms for digital distribution, license management, and online payment processing within a single system. This study aims to develop a web-based digital music distribution and sales platform that integrates transaction management, digital file delivery, and a local Indonesian Payment Gateway. The system was developed using a client-server architecture based on RESTful API with MySQL/MariaDB support and Midtrans Payment Gateway integration to support various digital payment methods, including bank transfers, GoPay, OVO, QRIS, and credit cards. The software development process employed the Waterfall model due to its systematic stages and suitability for systems with clearly defined requirements from the initial analysis phase. System evaluation was conducted using Black-box testing on core functionalities, including user authentication, transaction management, payment integration, admin verification, and digital file distribution. The testing results indicate that all system functions operated according to requirements, with an average server response time below two seconds and Payment Gateway integration capable of processing transactions consistently and securely. This study demonstrates that the developed system can support a more structured and efficient digital music distribution ecosystem for independent musicians in Indonesia. The contribution of this research lies in presenting the first direct sales platform for digital music that technically integrates file-ownership-based sales, structured license management, a local Indonesian Payment Gateway (Midtrans), and an admin verification panel within a single unified system specifically designed for the Indonesian independent music ecosystem.

Keywords: Digital Music Distribution; E-Commerce; RESTful API; Payment Gateway; Midtrans; Black-box Testing

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah mendorong transformasi besar dalam industri hiburan, khususnya industri musik. Di Indonesia, konsumsi musik digital mengalami pertumbuhan signifikan seiring meningkatnya penetrasi smartphone dan akses internet yang semakin terjangkau. Berdasarkan data Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII), jumlah pengguna internet di Indonesia pada tahun 2025 mencapai 229 juta jiwa atau sekitar 80,66% dari total populasi [1]. Kondisi ini menciptakan peluang besar bagi para musisi independen untuk mendistribusikan karya mereka secara digital kepada khalayak yang lebih luas tanpa harus bergantung pada label rekaman besar.

Platform distribusi musik digital seperti Spotify, Apple Music, dan Joox pada umumnya berfokus pada layanan *Streaming*, sehingga belum secara optimal mengakomodasi kebutuhan penjualan langsung karya musik dalam format audio berkualitas tinggi, seperti WAV atau FLAC[2]. Kondisi ini menjadi tantangan bagi musisi independen yang ingin mendistribusikan karya mereka untuk kebutuhan komersial, seperti latar musik video, iklan, podcast, maupun konten digital lainnya. Dalam praktiknya, sebagian musisi independen masih mengandalkan media sosial atau distribusi file secara manual, yang cenderung tidak terstruktur, memiliki risiko terhadap perlindungan hak cipta, serta belum terintegrasi dengan sistem pembayaran digital. Hal ini menunjukkan bahwa ketersediaan platform digital belum sepenuhnya

diimbangi dengan sistem distribusi yang mendukung kebutuhan spesifik musisi independen, baik dari sisi aksesibilitas maupun pemanfaatan teknologi secara optimal.

Perlu ditegaskan bahwa keberadaan agregator distribusi musik digital yang telah ada yakni layanan yang membantu musisi mendistribusikan karya ke platform streaming global tidak identik dengan kebutuhan yang diangkat dalam penelitian ini. Agregator musik berfungsi sebagai perantara distribusi ke platform streaming, sehingga model monetisasinya tetap berbasis konsumsi berulang dengan skema remunerasi pro-rata atau user-centric, bukan transaksi kepemilikan langsung [3]. Kedua model distribusi ini memiliki perbedaan mendasar dari sisi arsitektur data: platform *streaming* mengelola data konsumsi real-time, metadata pemutaran, serta alokasi royalti berbasis stream count yang kompleks [4], sedangkan platform direct sales dirancang untuk mengelola transaksi kepemilikan file tunggal (*one-time purchase*), manajemen lisensi penggunaan komersial, serta mekanisme pengiriman file berkualitas tinggi pasca-transaksi[5]. Perbedaan arsitektur ini secara teknis tercermin pada skema basis data yang berbeda: sistem *streaming* membutuhkan tabel *stream logs* dan alokasi royalti yang dinamis, sedangkan *direct sales* membutuhkan tabel *orders*, *order_items*, dan *order_deliveries* yang mendukung transfer kepemilikan file secara terstruktur dan dapat diaudit [6].

Berdasarkan perbedaan mendasar tersebut, permasalahan utama yang diangkat penelitian ini adalah belum tersedianya platform *direct sales* musik lokal yang secara teknis berbeda dari agregator *streaming* yang telah ada yang secara khusus mengintegrasikan penjualan lagu digital berbasis kepemilikan file, manajemen lisensi terstruktur, dan sistem pembayaran yang familiar bagi masyarakat Indonesia. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah sistem berbasis web yang dapat menjembatani kebutuhan musisi sebagai penjual dan konsumen sebagai pembeli dalam ekosistem yang terintegrasi, aman, dan mudah digunakan. Beberapa penelitian terdahulu telah membahas pengembangan sistem *E-Commerce* berbasis web.

Permasalahan utama yang muncul adalah tidak tersedianya platform *E-Commerce* musik lokal yang mengintegrasikan antara penjualan lagu digital, manajemen lisensi terstruktur, dan sistem pembayaran yang familiar bagi masyarakat Indonesia. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah sistem berbasis web yang dapat menjembatani kebutuhan musisi sebagai penjual dan konsumen sebagai pembeli dalam ekosistem yang terintegrasi, aman, dan mudah digunakan. Beberapa penelitian terdahulu telah membahas pengembangan sistem *E-Commerce* berbasis web.

Aulia *et al.* mengembangkan platform promosi dan penjualan berbasis PHP dan MySQL yang menunjukkan bahwa sistem berbasis web mampu meningkatkan aksesibilitas informasi produk, memperluas jangkauan promosi, serta mempercepat proses transaksi secara signifikan[7]. Ramadhani *et al.* meneliti integrasi *Payment Gateway* pada aplikasi *E-Commerce* berbasis web dan menyimpulkan bahwa penggunaan *Payment Gateway* mampu meningkatkan keamanan transaksi serta kepercayaan pengguna dalam melakukan pembayaran digital [8]. Selain itu, penelitian lain menunjukkan bahwa sistem *E-Commerce* terintegrasi mampu mengelola proses transaksi secara lebih terstruktur, mulai dari pemesanan, pembayaran, hingga pengelolaan data transaksi secara efisien[7].

Nair dan Mariappan membahas *Framework* keamanan aplikasi web berbasis PHP dan menunjukkan bahwa penerapan HTTPS, SSL/TLS, serta pengelolaan session dan cookie secara terintegrasi dapat membantu mencegah risiko session hijacking pada aplikasi web [9]. Adhitya *et al.* menjelaskan bahwa penyajian informasi dan konten produk yang menarik pada platform digital membantu pengguna memperoleh gambaran produk sebelum transaksi, sehingga dapat meningkatkan keterlibatan pengguna dan mendorong konversi penjualan [10]. Salman Alfarezy dan Universitas Islam Negeri Sumatera Utara membahas penerapan integrasi Midtrans pada sistem berbasis web dan menyimpulkan bahwa Midtrans menjadi solusi *Payment Gateway* yang sesuai untuk pasar Indonesia karena menyediakan dukungan metode pembayaran lokal yang beragam dan lengkap [11].

Kesenjangan yang ditemukan dari penelitian-penelitian tersebut adalah belum adanya sistem yang secara khusus menggabungkan penjualan lagu digital, manajemen lisensi terstruktur, integrasi *Payment Gateway* lokal Indonesia, dan panel admin untuk verifikasi serta pengiriman file dalam satu sistem yang terintegrasi. Penelitian ini hadir untuk mengisi Kesenjangan tersebut dengan mengimplementasikan sistem Audio Harmoni yang dirancang khusus untuk ekosistem musik digital Indonesia, dapat diakses di <https://audioharmoni.com>, dan di-Hosting di server *Hostinger* dengan pengembangan awal menggunakan XAMPP sebagai lingkungan lokal.

Tujuan penelitian ini adalah mengimplementasikan sistem penjualan lagu digital berbasis web yang mengintegrasikan PHP native, MySQL, dan Midtrans *Payment Gateway*; merancang arsitektur sistem dan basis data yang efisien untuk mendukung transaksi digital; membuktikan bahwa sistem mampu memproses transaksi *End-to-end* secara aman dan efisien melalui pengujian black box. Lebih lanjut, penelitian ini bertujuan menyediakan fitur manajemen lisensi yang terstruktur sehingga musisi independen memiliki kendali penuh atas distribusi dan penggunaan karya mereka secara komersial maupun non-komersial.

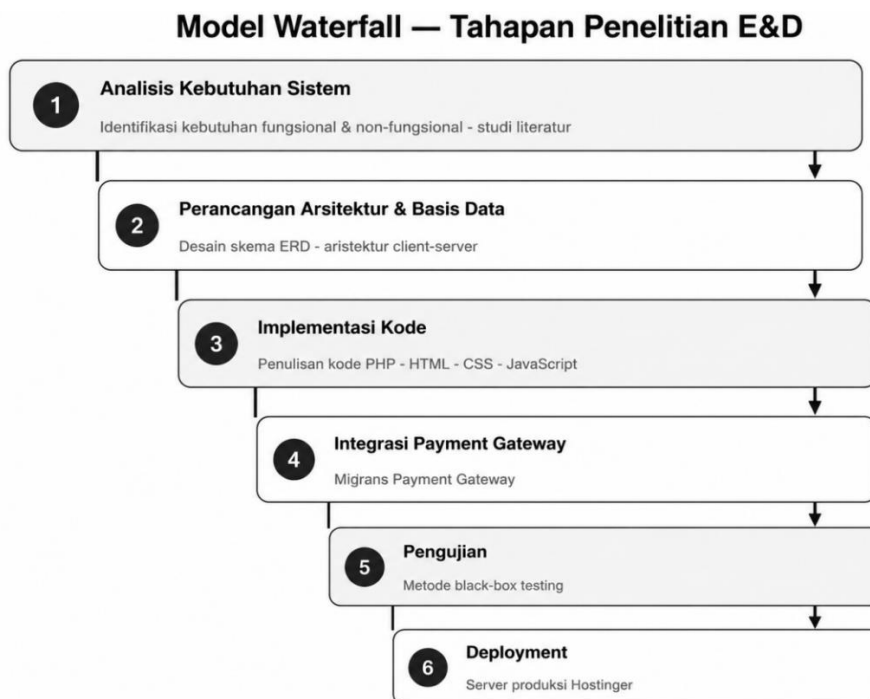
Harapan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah terwujudnya sebuah ekosistem distribusi penjualan musik digital yang inklusif, adil, dan berkelanjutan bagi musisi independen Indonesia. Melalui sistem Audio Harmoni, diharapkan musisi tidak lagi bergantung pada mekanisme distribusi yang tidak terstruktur, melainkan dapat memanfaatkan platform yang mampu melindungi hak cipta mereka sekaligus memperluas jangkauan pasar secara efektif. Dari sisi konsumen, sistem ini diharapkan memberikan kemudahan akses terhadap karya musik berkualitas tinggi dalam format profesional dengan proses transaksi yang aman, cepat, dan menggunakan metode pembayaran yang sudah familiar di Indonesia. Pada skala yang lebih luas, penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan landasan pengembangan platform serupa, sekaligus berkontribusi pada pertumbuhan industri musik digital lokal yang semakin kompetitif di tingkat nasional maupun global.

Kontribusi penelitian ini mencakup tiga aspek utama. Pertama, penelitian ini menghasilkan rancangan dan implementasi platform direct sales musik digital berbasis web yang secara teknis berbeda dari agregator streaming yang telah ada, dengan fokus pada mekanisme kepemilikan file, bukan konsumsi berulang. Kedua, penelitian ini mengintegrasikan manajemen lisensi terstruktur dan Payment Gateway lokal Indonesia (Midtrans) dalam satu sistem yang dapat diakses oleh musisi independen tanpa infrastruktur teknis yang kompleks. Ketiga, penelitian ini menyediakan panel admin terpadu untuk verifikasi pesanan dan distribusi file audio serta dokumen lisensi, yang menjadi pembeda signifikan dibandingkan platform distribusi musik digital yang ada saat ini di Indonesia.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahap Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* dengan model pengembangan perangkat lunak *Waterfall* [12]. Model *Waterfall* dipilih karena kejelasan tahapan dan kemudahan dalam pengelolaan proyek dengan ruang lingkup yang sudah terdefinisi dengan baik sejak awal. Saravanos dan Curinga[13], menegaskan bahwa *Waterfall* tetap relevan dan banyak digunakan hingga saat ini, khususnya pada proyek yang memiliki requirements jelas dan tidak banyak berubah selama pengembangan berlangsung. Pemilihan model ini juga didasarkan pada karakteristik penelitian yang bersifat implementatif dengan tujuan *proof-of-concept*, di mana seluruh kebutuhan sistem telah teridentifikasi secara lengkap sebelum pengembangan dimulai. Hal ini sejalan dengan pernyataan Alsagaby dan Alharbi[14], yang membuktikan bahwa model *Waterfall* efektif diterapkan pada pengembangan aplikasi web karena memungkinkan penyelesaian setiap fase secara sistematis dengan kontrol kualitas yang terstruktur. Dengan demikian, pemilihan *Waterfall* bukan merupakan keterbatasan adaptabilitas, melainkan keputusan metodologis yang sesuai dengan sifat dan ruang lingkup penelitian ini. Berikut ini adalah Tahapan Penelitian dengan Model *Waterfall* dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Tahapan Penelitian dengan Model *Waterfall*

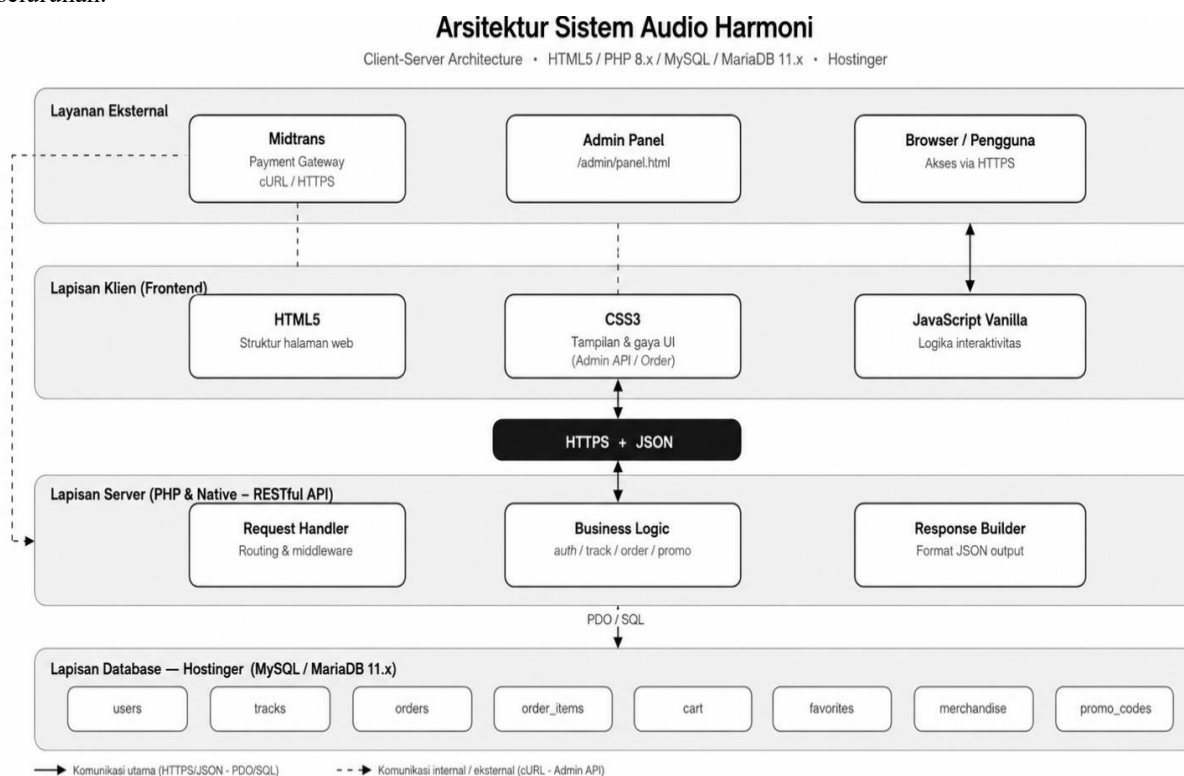
Tahapan penelitian meliputi enam fase berurutan: (1) Analisis kebutuhan sistem, yaitu identifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional melalui studi literatur dan observasi platform musik yang ada; (2) Perancangan arsitektur dan basis data, mencakup desain skema ERD dan arsitektur ; (3) Implementasi kode, yaitu penulisan kode PHP, HTML, CSS, dan JavaScript; (4) Integrasi Midtrans *Payment Gateway*; (5) Pengujian dengan metode *Black-box testing*; dan (6) *Deployment* ke server produksi *Hostinger*.

2.2 Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan dilakukan melalui wawancara, survei, dan observasi langsung terhadap proses bisnis dan UMKM serta studi terhadap sistem *E-Commerce* berbasis web. Kebutuhan fungsional sistem mencakup manajemen pengguna, pengelolaan produk, transaksi penjualan, pembayaran digital, serta panel admin untuk mengelola data produk, pengguna, dan pesanan. Sementara itu, kebutuhan non-fungsional meliputi aspek keamanan sistem, performa aplikasi, serta kemudahan penggunaan antarmuka agar dapat mendukung operasional bisnis secara efektif dan efisien [15]

2.3 Arsitektur Sistem

Sistem Audio Harmoni dibangun dengan arsitektur *client-server* berbasis web. Sisi klien menggunakan HTML5, CSS3, dan JavaScript vanilla tanpa *Framework Frontend*. Sisi server menggunakan PHP 8.x *native* dengan pola arsitektur RESTful API. Basis data menggunakan MySQL/MariaDB 11.x yang di-*Hosting* di *Hostinger*. Komunikasi antara klien dan server menggunakan format JSON melalui protokol HTTPS. Gambar 2 mengilustrasikan arsitektur sistem secara keseluruhan.



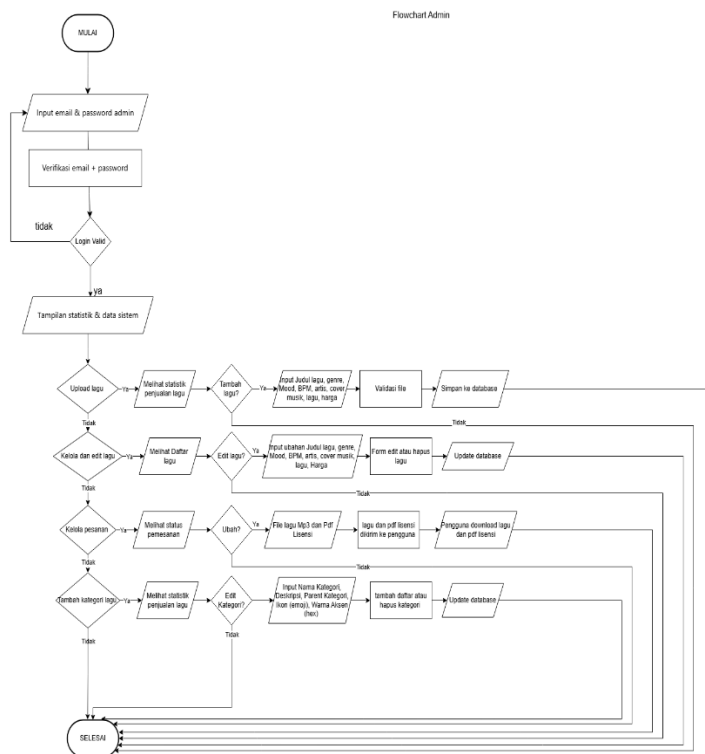
Gambar 2. Arsitektur Sistem Audio Harmoni

2.4 Alur Sistem (Flowchart)

Sistem Audio Harmoni memiliki dua alur utama yang saling berkaitan, yaitu alur pengguna dan alur administrator, masing-masing dirancang untuk memastikan proses transaksi musik digital berjalan secara terstruktur dan aman.

Gambar 3 menunjukkan flowchart alur sistem dari perspektif pengguna. Alur dimulai ketika pengguna mengakses Homepage Audio Harmoni. Apabila pengguna belum memiliki akun, sistem mengarahkan ke halaman pendaftaran dan verifikasi email. Setelah login berhasil diverifikasi, pengguna akan diarahkan ke halaman utama yang menampilkan daftar tracks dan fitur-fitur tersedia. Pengguna dapat melakukan pencarian lagu menggunakan keyword atau filter genre, melihat daftar hasil pencarian, mengklik lagu yang diinginkan, serta menikmati fitur *Streaming* atau *preview* lagu sebelum memutuskan untuk membeli. Selain itu, pengguna dapat menyimpan lagu ke daftar favorit maupun menambahkannya ke keranjang belanja. Apabila pengguna memilih untuk membeli, alur dilanjutkan ke halaman *Checkout*, input data pembayaran, dan proses pembayaran melalui Midtrans. Setelah pembayaran berhasil, transaksi disimpan ke sistem dan pengguna dapat mengunduh file lagu beserta dokumen lisensi.

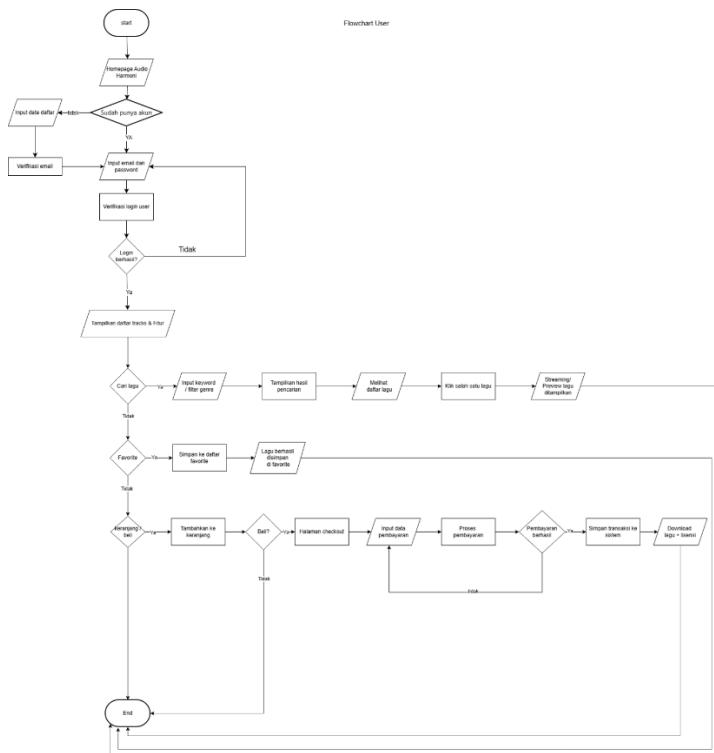
Gambar 4 menunjukkan flowchart alur sistem dari perspektif admin. Alur diawali dengan proses login menggunakan email dan *password* admin yang diverifikasi oleh sistem. Jika login valid, admin diarahkan ke halaman *Dashboard* yang menampilkan statistik dan data sistem secara keseluruhan. Terdapat empat modul utama yang dapat dikelola admin. Pertama, modul *Upload* lagu, di mana admin dapat menambahkan lagu baru dengan mengisi informasi judul, genre, mood, BPM, artis, cover musik, file audio, dan harga, kemudian sistem melakukan validasi file sebelum disimpan ke database. Kedua, modul kelola dan edit lagu, yang memungkinkan admin melihat daftar lagu dan melakukan perubahan data atau penghapusan, yang hasilnya akan memperbarui database. Ketiga, modul kelola pesanan, di mana admin memantau status pemesanan dan apabila diperlukan perubahan, admin mengirimkan file lagu MP3 beserta PDF lisensi kepada pengguna sehingga pembeli dapat mengunduh file tersebut. Keempat, modul tambah kategori lagu, yang memungkinkan admin mengelola kategori dengan menginput nama kategori, deskripsi, parent kategori, ikon, dan warna aksen, serta melakukan penambahan atau penghapusan kategori yang kemudian diperbarui di database. Gambar 3 berikut ini menggambarkan flowchart alur transaksi pada Sistem Audio Harmoni untuk administrator. *Flowchart* ini menjelaskan proses yang dimulai dari login admin, kemudian dilanjutkan dengan pengelolaan data sistem seperti upload dan edit lagu, pengelolaan kategori, serta pemantauan pesanan pengguna. Selain itu, admin juga dapat melihat statistik penjualan dan melakukan validasi data hingga seluruh proses administrasi selesai.



Gambar 3. Flowchart Alur Transaksi Sistem Audio Harmoni Admin

Gambar 4 berikut menggambarkan *flowchart* alur transaksi pada Sistem Audio Harmoni *User*, yang dimulai dari akses halaman utama hingga proses login pengguna. Setelah login berhasil, pengguna dapat mengakses berbagai fitur seperti pencarian lagu dengan filter tertentu, melihat daftar lagu yang tersedia, memutar preview atau streaming lagu, serta menambahkan lagu ke daftar favorit untuk disimpan dan diakses kembali.

Selain itu, pengguna juga dapat melakukan proses pembelian lagu melalui fitur keranjang, kemudian melanjutkan ke tahap *checkout* dengan mengisi data pembayaran hingga transaksi diproses oleh sistem. Jika pembayaran berhasil, sistem akan menyimpan data transaksi secara otomatis dan pengguna dapat mengunduh lagu beserta lisensinya sebagai hasil akhir dari proses pembelian.



Gambar 4. Flowchart Alur Transaksi Sistem Audio Harmoni User

2.5 Integrasi Midtrans Payment Gateway

Midtrans dipilih sebagai *Payment Gateway* karena mendukung berbagai metode pembayaran populer di Indonesia, tidak memerlukan biaya setup bulanan, dan menyediakan *Sandbox* environment untuk pengujian [8]. Alur integrasi Midtrans adalah: (1) pengguna menekan tombol "Konfirmasi & Bayar"; (2) sistem membuat order baru dengan status pending; (3) server mengirim request ke Midtrans API `/snap/v1/transactions` dengan server key dan detail transaksi; (4) Midtrans mengembalikan `snap_Token`; (5) *Popup* Midtrans muncul di sisi klien; (6) pengguna menyelesaikan pembayaran; (7) Midtrans mengirim notifikasi *Webhook* ke endpoint `midtrans.php?action=notify`; (8) sistem memverifikasi signature key dan mengubah status order menjadi waiting.

2.6 Metode Pengujian

Pengujian sistem dilakukan menggunakan metode *Black-box testing* yang berfokus pada fungsionalitas sistem tanpa memperhatikan kode internal [16]. Jasmine Aulia Mumtaz *et al.* [17] menyatakan bahwa *Black-box testing* merupakan metode yang efektif untuk memvalidasi fungsionalitas sistem *E-Commerce* berbasis web dari perspektif pengguna akhir, karena mampu mengidentifikasi kegagalan sistem pada titik-titik integrasi antar komponen tanpa bergantung pada detail implementasi internal. Pendekatan ini juga dinilai tepat digunakan pada sistem dengan arsitektur yang kompleks seperti sistem yang melibatkan integrasi *Payment Gateway* pihak ketiga.

Pengujian mencakup 11 skenario fungsional utama yang menguji keseluruhan alur transaksi end-to-end, mulai dari registrasi dan autentikasi pengguna, penelusuran dan pemilihan lagu, proses Checkout dan pembayaran melalui Midtrans Sandbox, notifikasi Webhook, verifikasi admin, hingga pengunduhan file pasca-pembelian. Setiap skenario dirancang untuk merepresentasikan satu alur fungsional utama secara menyeluruh, sehingga setiap pengujian tidak hanya menguji satu fungsi secara terisolasi, melainkan memvalidasi integrasi antar komponen sistem secara simultan. Selain 11 skenario fungsional tersebut, pengujian terhadap integrasi Midtrans *Payment Gateway* dilakukan secara terpisah melalui 5 skenario tambahan yang mencakup transaksi berhasil, transaksi gagal, transaksi kedaluwarsa, verifikasi signature Webhook, dan penolakan akses tanpa sesi valid, sehingga total pengujian yang dilakukan mencakup 16 skenario secara keseluruhan. Aman *et al.* [18] menunjukkan bahwa kombinasi metode *Waterfall* dan *Black-box testing* dalam pengembangan sistem *E-Commerce* berbasis web merupakan pendekatan yang valid dan telah terbukti menghasilkan sistem yang memenuhi kebutuhan fungsional yang telah ditetapkan.

Selain pengujian fungsional, dilakukan pula pengujian keamanan sesi dengan memverifikasi bahwa seluruh endpoint API menolak permintaan tanpa cookie sesi yang valid, sebagaimana dibuktikan dengan respons HTTP 401 Unauthorized pada seluruh percobaan akses tanpa autentikasi.

2.7 Keamanan Sistem

Aspek keamanan merupakan komponen krusial dalam pengembangan sistem transaksi digital. Sistem Audio Harmoni mengimplementasikan beberapa lapisan mekanisme keamanan yang terintegrasi dalam arsitektur sistem secara menyeluruh. Pertama, seluruh data *password* pengguna dienkripsi menggunakan algoritma `bcrypt` pada kolom *password* tabel users, sehingga data kredensial tidak tersimpan dalam bentuk teks biasa di basis data. Kedua, seluruh komunikasi antara klien dan server dilakukan melalui protokol HTTPS, memastikan enkripsi data dalam transit dan mencegah potensi intersepsi data oleh pihak tidak bertanggung jawab. Ketiga, manajemen sesi pengguna diimplementasikan menggunakan cookie berbasis HTTPS, di mana seluruh endpoint API dikonfigurasi untuk menolak permintaan tanpa cookie sesi yang valid dengan respons HTTP 401 Unauthorized. Keempat, integritas transaksi pembayaran dijaga melalui verifikasi signature key pada setiap notifikasi Webhook yang dikirimkan oleh Midtrans, mencegah potensi manipulasi data pembayaran dari pihak eksternal. Kelima, panel admin dilindungi dengan autentikasi token khusus yang terpisah dari mekanisme autentikasi pengguna reguler.

Meskipun sistem ini dibangun menggunakan PHP *native* tanpa framework, pendekatan ini tidak mengurangi tingkat keamanan sistem apabila implementasi keamanan dilakukan secara disiplin dan menyeluruh. Endra *et al.* [19] menyatakan bahwa keamanan pada PHP *native* memang memerlukan implementasi manual, namun dengan penerapan yang tepat mencakup proteksi SQL Injection, manajemen sesi, dan validasi input, sistem berbasis PHP *native* dapat mencapai tingkat keamanan yang memadai. Fenanda *et al.* [20] juga mengonfirmasi bahwa PHP *native* tetap relevan untuk pengembangan aplikasi web, khususnya pada proyek yang mengutamakan fleksibilitas dan efisiensi sumber daya server, dengan catatan bahwa aspek keamanan harus ditangani secara eksplisit oleh pengembang. Dengan demikian, seluruh mekanisme keamanan yang diimplementasikan pada sistem Audio Harmoni dirancang secara mandiri dan terverifikasi melalui pengujian fungsional yang komprehensif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap hasil dan pembahasan, penelitian ini berfokus pada implementasi serta evaluasi sistem marketplace musik digital berbasis web bernama Audio Harmoni yang dikembangkan menggunakan metode *Research and Development* dengan pendekatan model *waterfall*. Implementasi sistem dilakukan secara bertahap mulai dari analisis kebutuhan, perancangan basis data dan arsitektur sistem, implementasi antarmuka pengguna dan *Backend*, integrasi *Payment Gateway* Midtrans, hingga proses pengujian dan *Deployment* pada server produksi. Seluruh tahapan tersebut bertujuan

untuk menghasilkan platform distribusi musik digital yang mampu mendukung proses transaksi lagu digital secara aman, terstruktur, dan mudah digunakan oleh pengguna maupun administrator sistem.

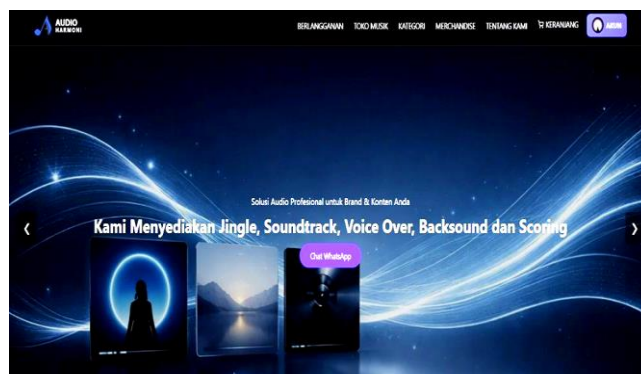
Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem berhasil dibangun menggunakan teknologi berbasis web seperti PHP native, MySQL, HTML5, CSS3, dan JavaScript tanpa menggunakan *Framework* tambahan. Pendekatan ini dipilih untuk menjaga efisiensi penggunaan sumber daya server sekaligus memberikan fleksibilitas tinggi dalam pengembangan fitur. Sistem yang dikembangkan tidak hanya menyediakan fitur penjualan lagu digital, tetapi juga mendukung pengelolaan lisensi, *preview* audio sebelum pembelian, integrasi pembayaran digital, serta mekanisme distribusi file audio dan dokumen lisensi secara terstruktur melalui panel admin.

Selain implementasi teknis, penelitian ini juga melakukan pengujian terhadap berbagai fungsi utama sistem untuk memastikan seluruh fitur berjalan sesuai kebutuhan fungsional dan nonfungsional yang telah ditetapkan pada tahap analisis kebutuhan. Pengujian dilakukan menggunakan metode *Black-box testing* dengan fokus pada validasi alur transaksi pengguna, keamanan autentikasi, integrasi *Payment Gateway*, serta proses pengiriman file digital kepada pembeli. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui tingkat keberhasilan implementasi sistem serta relevansinya terhadap kebutuhan distribusi musik digital bagi musisi independen di Indonesia

Pembahasan pada penelitian ini juga menyoroti efektivitas integrasi Midtrans sebagai *Payment Gateway* lokal Indonesia yang mendukung berbagai metode pembayaran digital populer seperti transfer bank, dompet digital, QRIS, dan kartu kredit/debit. Selain itu, pembahasan mencakup analisis arsitektur sistem berbasis RESTful API, performa basis data, keamanan sesi pengguna, serta kontribusi fitur panel admin terhadap pengelolaan distribusi file musik digital dan lisensi secara lebih terstruktur. Dengan demikian, bagian hasil dan pembahasan ini diharapkan mampu memberikan gambaran menyeluruh mengenai keberhasilan implementasi sistem Audio Harmoni sekaligus kontribusinya terhadap pengembangan platform marketplace musik digital berbasis web.

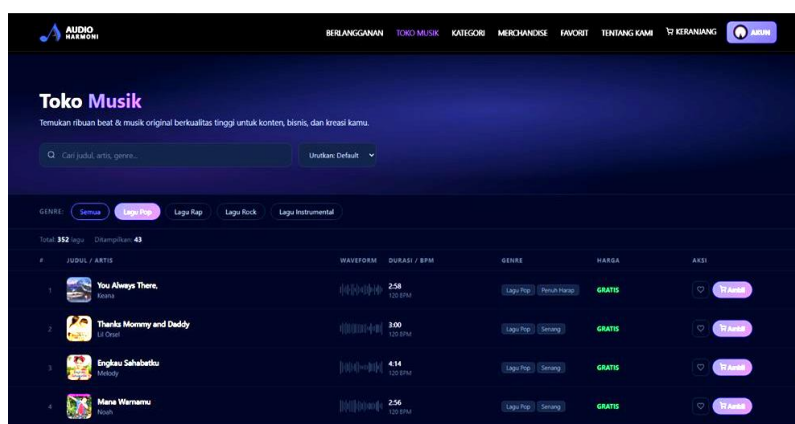
3.1 Implementasi Antarmuka Sistem

Sistem Audio Harmoni berhasil diimplementasikan dan dapat diakses di <https://audioharmoni.com>. Antarmuka sistem dirancang dengan tema gelap yang responsif menggunakan CSS3 murni tanpa *Framework*. Halaman utama menampilkan hero section dengan koleksi lagu terbaru, navigasi kategori genre, dan akses cepat ke keranjang belanja. Gambar 6 menunjukkan tampilan halaman utama sistem.



Gambar 6. Tampilan Halaman Utama Audio Harmoni

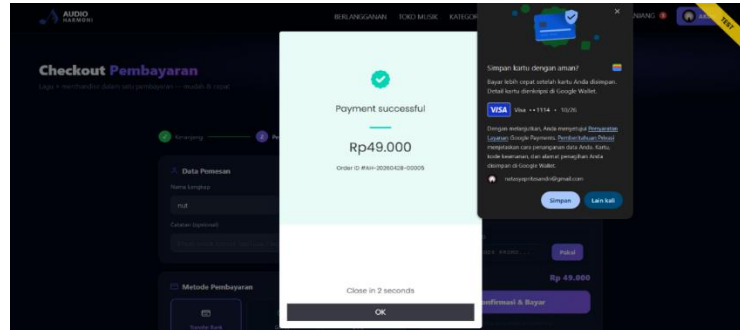
Halaman toko musik menampilkan daftar lagu yang dapat difilter berdasarkan kategori seperti Lagu Pop, Lagu Rap, Lagu Rock, Lagu Instrumental, Musik Latar, Trap, Elektronik, dan Rohani Kristen. Setiap kartu lagu menampilkan judul, nama artis, genre, BPM, durasi, dan harga. Pengguna dapat mendengarkan *preview* lagu sebelum memutuskan untuk membeli melalui fitur audio player yang terintegrasi. Gambar 7 menunjukkan Tampilan Halaman Toko Audio Harmoni.



Gambar 7. Tampilan Halaman Toko Audio Harmoni

3.2 Implementasi Pembayaran Midtrans

Integrasi Midtrans *Payment Gateway* berhasil diimplementasikan dengan mendukung lima metode pembayaran utama: transfer bank, GoPay, OVO, QRIS, dan kartu kredit/debit. Gambar 8 menunjukkan tampilan *Popup* pembayaran Midtrans Snap.



Gambar 8. Tampilan implementasi Pembayaran Midtrans

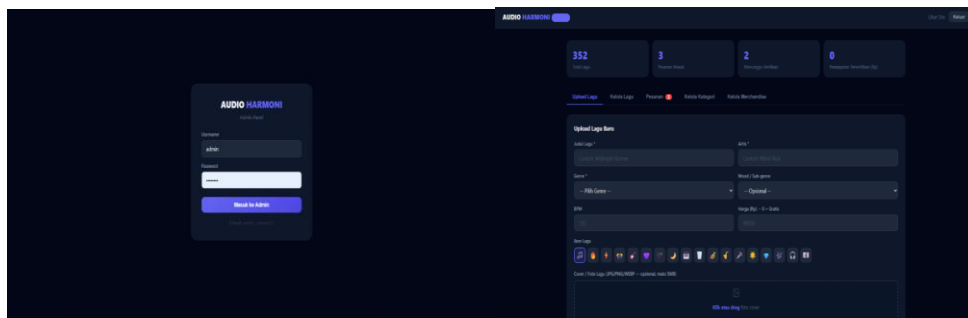
Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian integrasi Midtrans menggunakan kartu kredit simulasi pada environment *Sandbox*. Seluruh skenario pengujian menunjukkan hasil yang sesuai ekspektasi.

Tabel 2. Hasil Pengujian Integrasi Midtrans *Payment Gateway*

Skenario Uji	Input	Output yang Diharapkan	Hasil
Pembayaran kartu sukses	Kartu simulasi, exp valid	Status order → waiting	PASS
Pembayaran kartu gagal	Nomor kartu tidak valid	Pesan error dari Midtrans	PASS
Pembayaran kedaluwarsa	Tidak ada aksi dalam batas waktu	Status order → cancelled	PASS
Verifikasi signature <i>Webhook</i>	Payload notifikasi Midtrans	Signature valid, status update	PASS
Request tanpa login	Tidak ada cookie sesi	Respons 401 Unauthorized	PASS

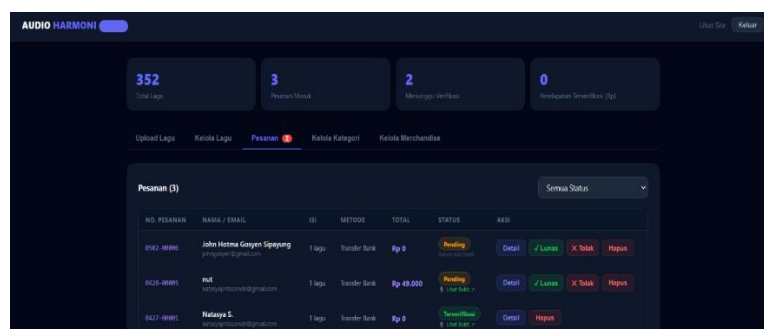
3.3 Implementasi panel Admin

Panel admin dapat diakses melalui `/admin/panel.html` dengan autentikasi *Token* khusus admin. Fitur panel admin meliputi: *Upload* lagu baru beserta metadata seperti judul, artis, genre, BPM, harga, dan cover image; kelola lagu termasuk aktivasi/deaktivasi; manajemen pesanan dengan filter status; *Upload* file audio WAV dan lisensi PDF untuk pembeli pasca-verifikasi; serta kelola kategori lagu. Gambar 9 menunjukkan tampilan panel admin bisa terlihat tampilan utama admin.



Gambar 9. Tampilan Panel Admin – Tampilan Utama Admin

Berikut ini Gambar 10, yang menampilkan tampilan panel administrator pada tab pesanan.



Gambar 10. Tampilan Panel Admin - Tab Pesanan

3.4 Hasil Pengujian *Black-box*

Tabel 3 merangkum hasil pengujian *Black-box* terhadap 11 skenario fungsional utama sistem Audio Harmoni.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Black-box* Fungsionalitas Sistem

No	Fungsi yang Diuji	Status
1	Registrasi pengguna baru dengan email	PASS
2	Login dan manajemen sesi HTTPS cookie	PASS
3	Penelusuran lagu dan filter kategori	PASS
4	Tambah lagu ke keranjang belanja	PASS
5	Proses <i>Checkout</i> dan pembuatan order	PASS
6	Integrasi <i>Popup</i> Midtrans Snap	PASS
7	Notifikasi <i>Webhook</i> Midtrans	PASS
8	Verifikasi pesanan oleh admin	PASS
9	<i>Upload</i> file audio dan lisensi oleh admin	PASS
10	Unduh file oleh pembeli di halaman profil	PASS
11	Kode promo dan perhitungan diskon	PASS

Seluruh 11 skenario pengujian menunjukkan hasil PASS. Pengujian performa menunjukkan rata-rata waktu respons untuk operasi CRUD basis data sebesar 0,8 detik dan untuk komunikasi Midtrans API sebesar 1,4 detik, keduanya di bawah ambang batas 3 detik yang ditetapkan sebagai kebutuhan non-fungsional[21]

3.5 Pembahasan

Penggunaan PHP *nativet* tanpa *Framework* terbukti mampu menghasilkan sistem yang fungsional dan berperforma baik, sejalan dengan temuan Pratama dkk[22]. Mekanisme keamanan sesi berbasis cookie HTTPS yang diimplementasikan berhasil mencegah akses tidak sah, dibuktikan dengan seluruh permintaan tanpa sesi yang valid mendapatkan respons HTTP 401 Unauthorized[9].

Integrasi Midtrans *Payment Gateway* pada sistem Audio Harmoni terbukti berjalan secara andal dan konsisten. Seluruh skenario pengujian pembayaran, mulai dari transaksi sukses, transaksi gagal, hingga transaksi kedaluwarsa, menunjukkan hasil yang sesuai ekspektasi. Hal ini memperkuat temuan Alfarezy *et al.*[11] yang menyatakan bahwa Midtrans merupakan solusi *Payment Gateway* yang tepat untuk pasar Indonesia karena mendukung berbagai metode pembayaran lokal secara lengkap, termasuk transfer bank, dompet digital seperti GoPay dan OVO, QRIS, serta kartu kredit/debit. Kemampuan Midtrans dalam mengelola *Webhook* notifikasi secara otomatis juga berkontribusi besar pada efisiensi alur transaksi, karena sistem tidak memerlukan pengecekan status pembayaran secara manual. Verifikasi signature key pada setiap notifikasi *Webhook* berhasil mencegah potensi manipulasi data pembayaran dari pihak tidak bertanggung jawab, sehingga integritas data transaksi dapat terjaga dengan baik[8].

Dari sisi arsitektur basis data, desain delapan tabel relasional yang dikembangkan dalam penelitian ini terbukti mampu mengelola seluruh siklus transaksi digital secara efisien. Pemisahan tabel orders dan order_items memungkinkan sistem mengelola transaksi multi-item dalam satu pesanan dengan fleksibel, sementara tabel order_deliveries yang dirancang khusus memungkinkan mekanisme pengiriman file digital yang terstruktur dan dapat diaudit. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip normalisasi basis data yang direkomendasikan dalam pengembangan sistem *E-Commerce* modern, di mana pemisahan entitas yang jelas antara data transaksi, detail item, dan pengiriman file mampu meningkatkan integritas data sekaligus mempermudah pengelolaan data secara jangka panjang [21]. Rata-rata waktu respons operasi basis data sebesar 0,8 detik yang dicatat dalam pengujian menunjukkan bahwa skema basis data yang dirancang sudah cukup optimal untuk menangani beban operasional normal sistem.

Panel admin yang dikembangkan dalam sistem Audio Harmoni menjadi salah satu fitur pembeda yang paling signifikan dibandingkan platform distribusi musik digital yang ada saat ini. Alur verifikasi pesanan yang melibatkan unggahan file audio WAV dan lisensi PDF oleh admin setelah konfirmasi pembayaran memberikan lapisan kontrol kualitas tambahan yang tidak ditemukan pada platform *Streaming* konvensional. Pendekatan ini relevan dalam konteks distribusi musik komersial, di mana keaslian file dan kejelasan dokumen lisensi merupakan aspek yang sangat krusial bagi pembeli profesional seperti kreator konten, produser podcast, maupun pengiklan[23]. Dengan adanya panel admin yang terintegrasi, musisi independen tidak perlu mengelola distribusi file secara manual melalui media sosial atau layanan berbagi file pihak ketiga yang tidak terstruktur, sehingga risiko terhadap perlindungan hak cipta dapat diminimalkan secara signifikan.

Fitur *preview* audio yang terintegrasi pada halaman toko musik juga memiliki nilai strategis yang penting dalam mendorong konversi penjualan. Kemampuan pengguna untuk mendengarkan cuplikan lagu sebelum melakukan pembelian mampu mengurangi ketidakpastian dalam pengambilan keputusan dan meningkatkan kepercayaan terhadap kualitas produk. Adhitya *et al.* [7] menegaskan bahwa penyajian informasi produk yang lengkap dan pengalaman interaktif sebelum transaksi merupakan faktor kunci dalam mendorong konversi pembelian pada platform digital. Dalam konteks Audio Harmoni, kelengkapan informasi lagu seperti judul, artis, genre, BPM, durasi, dan harga yang ditampilkan pada setiap kartu lagu, dikombinasikan dengan fitur audio player, memberikan pengalaman berbelanja yang lebih informatif dan meyakinkan bagi calon pembeli.

Pengujian *Black-box* yang dilakukan terhadap 11 skenario fungsional dengan seluruh hasil PASS membuktikan bahwa sistem Audio Harmoni memenuhi seluruh kebutuhan fungsional yang telah didefinisikan pada tahap analisis kebutuhan. Metode *Black-box testing* dipilih karena berfokus pada validasi perilaku sistem dari sudut pandang pengguna akhir tanpa ketergantungan pada detail implementasi internal, sehingga hasil pengujian lebih mencerminkan pengalaman nyata pengguna di lapangan [11]. Salim dan Rusdiansyah[16] mengemukakan bahwa *Black-box testing* merupakan pendekatan yang efektif untuk memvalidasi alur transaksi *End-to-end* pada sistem *E-Commerce*, karena mampu mengidentifikasi potensi kegagalan pada titik-titik integrasi antar komponen sistem yang sering kali tidak terdeteksi melalui pengujian unit semata. Lebih lanjut, apabila digabungkan dengan 5 skenario pengujian integrasi Midtrans *Payment Gateway* yang dilakukan secara terpisah sebagaimana tercatat pada Tabel 2, total keseluruhan skenario pengujian yang dilaksanakan dalam penelitian ini berjumlah 16 skenario yang mencakup alur transaksi digital secara komprehensif dari sisi fungsional maupun keamanan sistem. Gustinov *et al.*[24] menegaskan bahwa *Black-box testing* merupakan pendekatan yang tepat untuk sistem *E-Commerce* berbasis web karena mampu memvalidasi perilaku sistem secara menyeluruh dari perspektif pengguna akhir, termasuk pada skenario input tidak valid dan kondisi kegagalan sistem yang perlu diidentifikasi sebelum sistem digunakan secara aktual

Pendekatan arsitektur RESTful API berbasis JSON yang diterapkan pada sistem Audio Harmoni juga memberikan manfaat dari sisi modularitas dan skalabilitas sistem. Pemisahan yang jelas antara lapisan presentasi (*Frontend*) dan lapisan logika bisnis (*Backend*) memungkinkan pengembangan lebih lanjut secara independen tanpa harus mengubah keseluruhan sistem. Harefa *et al.*[22] menegaskan bahwa arsitektur RESTful API berbasis JSON merupakan standar yang telah terbukti efektif dalam membangun sistem informasi berbasis web yang modular, mudah dikembangkan, dan mampu diintegrasikan dengan berbagai layanan pihak ketiga. Dalam implementasi Audio Harmoni, arsitektur ini terbukti memfasilitasi integrasi dengan Midtrans API secara *Seamless*, serta memungkinkan komunikasi data yang efisien antara klien dan server dengan rata-rata waktu respons 1,4 detik untuk operasi yang melibatkan pemanggilan API eksternal.

Secara keseluruhan, sistem Audio Harmoni berhasil mengisi kesenjangan yang telah diidentifikasi dalam kajian literatur, yaitu belum tersedianya platform *E-Commerce* musik digital lokal yang mengintegrasikan penjualan lagu digital, manajemen lisensi terstruktur, integrasi *Payment Gateway* lokal Indonesia, dan panel admin untuk verifikasi serta pengiriman file dalam satu sistem yang terpadu. Ramayuda *et al.*[2] mencatat bahwa musisi independen di Indonesia menghadapi tantangan nyata dalam aksesibilitas dan literasi digital terkait platform distribusi musik, sehingga kehadiran platform seperti Audio Harmoni yang dirancang secara spesifik untuk ekosistem musik digital Indonesia menjadi kontribusi yang relevan dan strategis. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya membuktikan kelayakan teknis implementasi sistem, tetapi juga memberikan landasan konseptual bagi pengembangan platform distribusi musik digital yang lebih inklusif dan berpihak kepada musisi independen lokal di masa mendatang.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengimplementasikan sistem penjualan lagu digital berbasis web bernama Audio Harmoni menggunakan PHP native, MySQL/MariaDB, dan Midtrans *Payment Gateway*. Sistem dikembangkan dengan metode *Waterfall* dan arsitektur *client-server* berbasis RESTful API untuk mendukung proses distribusi musik digital secara terstruktur bagi musisi independen di Indonesia. Hasil pengujian *Black-box* terhadap 11 skenario fungsional menunjukkan seluruh fitur sistem berjalan sesuai kebutuhan yang telah ditetapkan. Sistem mampu menangani proses registrasi pengguna, pengelolaan lagu, transaksi pembelian, integrasi pembayaran digital, verifikasi admin, hingga distribusi file audio dan lisensi digital dengan rata-rata waktu respons di bawah 3 detik. Integrasi Midtrans juga berhasil mendukung berbagai metode pembayaran populer di Indonesia seperti transfer bank, GoPay, OVO, QRIS, dan kartu kredit/debit. Penerapan mekanisme keamanan berbasis HTTPS, session cookie, dan verifikasi signature key pada Webhook Midtrans membantu menjaga keamanan dan integritas data transaksi. Selain itu, panel admin yang dikembangkan mempermudah pengelolaan pesanan, distribusi file audio, dan pengiriman lisensi digital secara lebih terstruktur. Meskipun demikian, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti belum tersedianya fitur streaming penuh, sistem rating dan ulasan pengguna, fitur penjualan merchandise fisik, serta belum dilakukannya load testing pada kondisi beban tinggi. Pengujian sistem juga masih terbatas pada lingkungan Sandbox Midtrans. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengembangkan fitur streaming audio berkualitas tinggi, sistem rekomendasi berbasis kecerdasan buatan, aplikasi mobile Android dan iOS, serta pengujian performa menggunakan tools seperti Apache JMeter atau Locust. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan platform *E-Commerce* musik digital lokal yang terintegrasi dengan sistem pembayaran dan manajemen lisensi layak diterapkan untuk mendukung ekosistem musik independen di Indonesia. Kontribusi utama penelitian ini adalah tersedianya bukti konsep (*proof-of-concept*) platform direct sales musik digital yang mengintegrasikan penjualan berbasis kepemilikan file, manajemen lisensi, *Payment Gateway* lokal, dan panel admin dalam satu sistem terpadu, sehingga dapat menjadi landasan bagi pengembangan platform distribusi musik digital yang lebih inklusif dan berpihak kepada musisi independen lokal di masa mendatang.

REFERENCES

- [1] Unit Survey APJII, "Survei Penetrasi Internet dan Perilaku Penggunaan Internet Sebagai perwakilan Pengurus APJII, kami dengan bangga mempersembahkan Profil Internet Indonesia 2025," *Asos. Penyelenggara Jasa Internet Indones.*, p. 15, 2025. [Online]. Available: <https://survei.apjii.or.id/>

- [2] R. Ramayuda, S. Reffali, and H. A. Daryana, "Aksesibilitas dan Literasi Digital Musisi Independen dalam pemanfaatan Platform Distribusi Musik Believe Backstage," vol. 8, no. 2, pp. 43–62, 2025, doi: 10.24114/grenk.v14i2.68819.
- [3] J. Meyn, M. Kandziora, S. Albers, and M. Clement, "Consequences of platforms' remuneration models for digital content: initial evidence and a research agenda for streaming services," *J. Acad. Mark. Sci.*, vol. 51, no. 1, pp. 114–131, 2023, doi: 10.1007/s11747-022-00875-6.
- [4] R. Prey, M. Esteve Del Valle, and L. Zwerwer, "Platform pop: disentangling Spotify's intermediary role in the music industry," *Inf. Commun. Soc.*, vol. 25, no. 1, pp. 74–92, 2022, doi: 10.1080/1369118X.2020.1761859.
- [5] B. J. Hracz and J. Webster, "From selling songs to engineering experiences: exploring the competitive strategies of music streaming platforms," *J. Cult. Econ.*, vol. 14, no. 2, pp. 240–257, 2021, doi: 10.1080/17530350.2020.1819374.
- [6] R. Seifert, J. Denk, M. Clement, M. Kandziora, and J. Meyn, "Conversion in Music Streaming Services," *J. Interact. Mark.*, vol. 59, no. 2, pp. 201–219, 2024, doi: 10.1177/10949968231186950.
- [7] M. Alda, "Perancangan E-Commerce Penjualan Kue Dengan Menerapkan Model B2C (Business To Consumer)," *J. Comput. Digit. Bus.*, vol. 1, no. 1, pp. 28–36, 2022, doi: 10.56427/jcbdv1i1.6.
- [8] D. A. Ramadhani, P. E. Nugraha, M. I. Syahrizal, and R. Rakhmat Sani, "Perancangan Aplikasi E-Commerce Top-Up Game Online Berbasis Website dengan Integrasi Payment Gateway," *J. Teknol. dan Inf.*, vol. 15, no. 2, pp. 160–173, 2025, doi: 10.34010/jati.v15i2.17055.
- [9] S. Sudarsanan Nair and K. Mariappan, "A Secure Framework for Communication and Data Processing in Web Applications," *Eng. Proc.*, vol. 59, no. 1, 2023, doi: 10.3390/engproc2023059001.
- [10] W. R. Adhitya, T. Teviana, S. Sienny, A. Hidayat, and I. Khaira, "Implementasi Digital Marketing Menggunakan Platform E-Commerce dan Media Sosial Terhadap Masyarakat Dalam Melakukan Pembelian," *TIN Terap. Inform. Nusant.*, vol. 5, no. 1, pp. 63–72, 2024, doi: 10.47065/tin.v5i1.5293.
- [11] S. Alfarezy, M. F. Ridho, and J. Prayoga, "Sistem Pembayaran Kos Berbasis Web Menggunakan Midtrans Payment Gateway," *Syntax J. Softw. Eng. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 580–585, 2024, doi: 10.46576/syntax.v5i2.5558.
- [12] W. Harjono and Kristianus Jago Tute, "Perancangan Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web Menggunakan Metode Waterfall," *SATESI J. Sains Teknol. dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 1, pp. 47–51, 2022, doi: 10.54259/satesi.v2i1.773.
- [13] A. Saravanos and M. X. Curinga, "Simulating the Software Development Lifecycle: The Waterfall Model," *Appl. Syst. Innov.*, vol. 6, no. 6, 2023, doi: 10.3390/asi6060108.
- [14] S. A. Alsagaby and M. T. Alharbi, "Cancer in saudi arabia (CSA): Web-based application to study cancer data among saudis using waterfall model," *J. Multidiscip. Healthc.*, vol. 14, pp. 2333–2343, 2021, doi: 10.2147/JMDH.S326168.
- [15] W. N. Hadi, U. Latifah, U. D. Susilowati, A. N. Wilda, and M. Fadel, "Design and Development of an E-commerce Application Using the Web Information System Development Methodology," *J. Electr. Eng. Comput.*, vol. 7, no. 1, pp. 69–76, 2025, doi: 10.33650/jeeecom.v7i1.10745.
- [16] A. Salim, "Implementasi Black Box Testing pada Website E-commerce Shopee menggunakan State Transition Testing," *J. Inform. dan Bisnis*, vol. 13, no. 2, pp. 161–170, 2024, doi: 10.46806/jib.v13i2.1321.
- [17] Jasmine Aulia Mumtaz et al., "Functional Testing of the JivaJoy Online Product Stock Management and Ordering System Software Using Black Box Testing," *Int. J. Comput. Technol. Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 47–57, 2024, doi: 10.62951/ijcts.v2i1.126.
- [18] M. Aman, I. Sasono, and Y. A. Nugroho, "Improving Sales by Object-Oriented System Approach : E-Commerce Utilization Analysis," *Int. J. Soc. Manag. Stud.*, vol. 2, no. 3, pp. 84–92, 2021. [Online]. Available: <https://www.ijosmas.org>
- [19] R. Y. Endra, Y. Aprilinda, Y. Y. Dharmawan, and W. Ramadhan, "Analisis Perbandingan Bahasa Pemrograman PHP Laravel dengan PHP Native pada Pengembangan Website," *Expert J. Manaj. Sist. Inf. dan Teknol.*, vol. 11, no. 1, p. 48, 2021, doi: 10.36448/expert.v11i1.2012.
- [20] A. Syawalia, R. Fenanda, R. E. Tija, L. Komariah, R. Andrew, and D. M. Mukaromah, "Efisiensi dan Produktivitas Pengembangan Aplikasi Web sebagai Nilai Ekonomi : Studi Komparatif Framework Laravel dan PHP Native," vol. 1, pp. 190–196, 2026. [Online]. Available: <https://ejournal.risetanakbangsa.id/jeta/article/view/818>
- [21] Dea Cindi Amelia, Ginting Ginting, and Muhammad Irwan Padli Nasution, "Analisis Kinerja Database Dalam Sistem E-Commerce," *Masip J. Manaj. Adm. Bisnis dan Publik Terap.*, vol. 1, no. 3, pp. 42–45, 2023, doi: 10.59061/masip.v1i3.303.
- [22] D. E. Harefa et al., "Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi Indonesia Sistem Pencetakan Sertifikat Terintegrasi RESTful API Berbasis JSON Pada Aplikasi Quistiq Certificate Printing System Integrated with RESTful API JSON on Quistiq Application," vol. 11, no. 1, pp. 28–37, 2026. [Online]. Available: <http://ejurnal.unmuhjember.ac.id/index.php/JUSTINDO/index>
- [23] A. Rafi, C. Shepherd, and K. Markantonakis, "A First Look at Digital Rights Management Systems for Secure Mobile Content Delivery," *Proc. - 2023 IEEE 22nd Int. Conf. Trust. Secur. Priv. Comput. Commun. Trust. 2023*, pp. 549–558, 2023, doi: 10.1109/TrustCom60117.2023.00087.
- [24] M. D. Gustinov, N. W. Azani, R. Al Ghani, S. N. Auliani, S. Maharani, M. L. Hamzah, and M. Rizki, "Analysis of Web-Based E-Commerce Testing Using Black Box and White Box Methods," *International Journal of Information System and Innovation Management*, vol. 2, no. 3, pp. 20–31, 2013, doi: <https://doi.org/10.55583/ijisim.v1i1.687>