

Optimalisasi Proses Penyewaan Baju Pada Galeri Bu Nunuk Sahid Menggunakan Algoritma *First Come First Serve* (FCFS)

Mokhammad Brian Yusuf¹, Dodik Arwin Dermawan²

Manajemen Informatika, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya
Jl. Ketintang Gang II, Kec. Wonokromo, Kota Surabaya, Jawa Timur 60231

¹mokhammad.20036@mhs.unesa.ac.id

²dodikdermawan@unesa.ac.id

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses penyewaan baju adat pada Galeri Bu Nunuk Sahid, sebuah UMKM yang masih menggunakan sistem manual sehingga terjadi masalah double booking dan ketidakakuratan data inventaris. Solusi yang dikembangkan berupa sistem informasi penyewaan berbasis website untuk mengotomatisasi proses pemesanan dan pengelolaan stok. Sistem ini menerapkan Algoritma First Come First Serve (FCFS) sebagai dasar penentuan prioritas pesanan yang dikombinasikan dengan skema pessimistic locking serta dua mekanisme alokasi, yaitu Time-based allocation untuk pengaturan jadwal penyewaan dan buffer time, serta Capacity-based allocation untuk memastikan ketersediaan stok berdasarkan ukuran dan kategori secara realtime. Pengembangan sistem dilakukan menggunakan Model Waterfall, dengan implementasi teknis berbasis PHP Native dan Tailwind CSS sehingga menghasilkan sistem yang ringan, efisien, dan sesuai dengan kebutuhan UMKM.

Kata kunci— Penyewaan Baju Adat, Sistem Informasi, First Come First Serve (FCFS), Pessimistic locking, Time-Based Allocation, Capacity-Based Allocation, Waterfall, PHP Native, Tailwind CSS, UMKM.

Abstract—This research aims to optimize the traditional clothing rental process at Galeri Bu Nunuk Sahid, an MSME that currently relies on manual systems, resulting in double bookings and inventory inaccuracies. The proposed solution is a web-based rental information system designed to automate ordering and stock management by implementing the First Come First Serve (FCFS) algorithm for order prioritization, integrated with a pessimistic locking scheme and two distinct allocation mechanisms: time-based allocation for scheduling and buffer time management, and capacity-based allocation for real-time stock availability based on size and category. Developed using the Waterfall Model and implemented with Native PHP and Tailwind CSS, this system provides a lightweight, efficient solution specifically tailored to the operational needs of the enterprise.

Kata kunci— Bv Penyewaan Baju Adat, Sistem Informasi, First Come First Serve (FCFS), Pessimistic locking, Time-Based Allocation, Capacity-Based Allocation, Waterfall, PHP Native, Tailwind CSS, UMKM.

I. PENDAHULUAN

Di tengah percepatan era digital, perkembangan teknologi informasi telah menjadi faktor penting dalam transformasi berbagai sektor bisnis, termasuk Usaha Mikro, Kecil, dan

Menengah (UMKM). Penerapan teknologi kini bukan lagi pilihan tambahan, melainkan kebutuhan utama untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, dan daya saing [1]. Salah satu UMKM yang menghadapi tantangan ini adalah Toko Persewaan Baju Adat Bu Nunuk Sahid, yang berlokasi di Dusun Betengrowo, Desa Sumberejo, Kabupaten Tuban. Toko ini memiliki jangkauan pasar yang luas mulai dari wilayah Tuban hingga ke Bojonegoro dan Lamongan, terutama ketika memasuki periode tertentu seperti saat musim perpisahan sekolah atau wisuda, peringatan hari kemerdekaan, serta hari besar daerah lainnya. Namun seiring dengan meningkatnya permintaan dan semakin besarnya cakupan layanan, pola pengelolaan usaha secara manual di Galeri Bu Nunuk Sahid menjadi kurang relevan. Sistem pengelolaan yang masih dilakukan secara manual terbukti kurang efektif dan menimbulkan berbagai permasalahan, seperti terjadinya double booking dan ketidakakuratan data inventaris. Kondisi ini menyulitkan pemilik usaha dalam memantau ketersediaan stok secara akurat serta berpotensi menurunkan kepuasan pelanggan dan reputasi usaha. Oleh karena itu, diperlukan sistem pengelolaan yang lebih modern, terstruktur, dan berbasis teknologi informasi.

Sebagai respons atas berbagai permasalahan yang telah diuraikan, dibutuhkan sebuah sistem informasi yang mampu mengotomatisasi proses penyewaan dan dapat memastikan setiap transaksi berlangsung secara adil, terstruktur, serta bebas dari tumpang tindih jadwal. Salah satu alternatif yang dapat diterapkan adalah penggunaan algoritma First Come First Serve (FCFS) sebagai dasar penentuan prioritas pemrosesan pesanan. Pendekatan ini dinilai paling relevan dengan karakteristik sistem penyewaan karena mampu merepresentasikan urutan tindakan aktual pelanggan dalam melakukan pemesanan, sehingga pelanggan yang terlebih dahulu mengirimkan formulir penyewaan akan memperoleh prioritas utama dalam proses pelayanan[2]. Untuk mendukung penerapan algoritma ini, sistem juga perlu dilengkapi dengan mekanisme alokasi sumber daya berbasis waktu (*time-based allocation*) dan kapasitas (*capacity-based allocation*). Hal ini sejalan dengan prinsip alokasi sumber daya optimal yang menekankan bahwa distribusi yang terstruktur dapat meminimalkan risiko perilaku strategis yang merugikan serta memaksimalkan efisiensi penggunaan sumber daya yang tersedia [3]. Mekanisme *time-based allocation* berfungsi

untuk mengatur periode penyewaan agar tidak terjadi tumpang tindih jadwal, di mana setiap baju adat yang sedang disewa akan otomatis dinonaktifkan dari daftar ketersediaan selama interval waktu tertentu. Interval ini juga dapat mencakup tambahan waktu jeda (*buffer time*) sebagai antisipasi kegiatan perawatan dan persiapan barang sebelum disewakan kembali. Sementara itu, *capacity-based allocation* digunakan untuk memastikan jumlah stok setiap model baju tercatat secara akurat dan diperbarui secara *realtime*, sehingga tidak ada transaksi yang melebihi kapasitas yang tersedia. Integrasi antara algoritma FCFS berbasis dengan kedua mekanisme alokasi ini diharapkan dapat menciptakan sistem penyewaan yang optimal, mencegah terjadinya *double booking*, menjaga keseimbangan distribusi sumber daya, serta menjamin setiap pelanggan memperoleh layanan secara transparan, efisien, dan adil [3], [4].

Sebagai langkah implementatif atas solusi tersebut, sistem informasi penyewaan ini akan dirancang berbasis website dengan menggunakan kombinasi PHP Native sebagai bahasa pemrograman utama dan Tailwind CSS sebagai *framework* perancangan antarmuka. Pemilihan platform berbasis web dilakukan karena memiliki tingkat aksesibilitas yang tinggi dan kompatibel di berbagai perangkat, baik komputer, tablet, maupun ponsel, tanpa memerlukan proses instalasi aplikasi tambahan [5]. Adapun penggunaan PHP Native dinilai paling sesuai untuk skala usaha mikro dan menengah karena bersifat ringan, fleksibel, mudah dikembangkan, dan tidak memerlukan konfigurasi server yang kompleks[6]. Dibandingkan dengan framework besar yang membutuhkan spesifikasi *server* lebih tinggi dan struktur kode yang lebih kompleks, PHP Native memungkinkan proses pengembangan dilakukan secara cepat dan sederhana tanpa menurunkan kinerja sistem. Di sisi lain, Tailwind CSS dipilih karena mampu menghasilkan tampilan antarmuka yang modern, responsif, dan konsisten dengan beban sumber daya minimal, sekaligus mempercepat proses *styling* tanpa harus menulis kode CSS dari awal [7], [8]. Kombinasi antara PHP Native dan Tailwind CSS ini diharapkan dapat menghasilkan sistem informasi yang ekonomis, efisien, dan mudah diakses oleh pengguna, sekaligus menjadi langkah nyata dalam mendukung transformasi digital UMKM melalui penerapan teknologi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Galeri Bu Nunuk Sahid

Galeri Bu Nunuk Sahid merupakan usaha penyewaan pakaian adat yang berdiri sejak tahun 2010 dan berlokasi di Dusun Betengrowo, Desa Sumberejo, Kecamatan Rengel, Kabupaten Tuban. Usaha ini dimiliki dan dikelola oleh Ibu Nunuk bersama keluarga, dengan pola pengelolaan berbasis kekeluargaan yang menekankan kepercayaan dan kedekatan dengan pelanggan. Galeri ini menyediakan berbagai jenis pakaian adat dari seluruh daerah di Indonesia, termasuk busana pernikahan dan wisuda, sehingga menjadi salah satu penyedia jasa penyewaan busana terlengkap di wilayah Tuban dan sekitarnya. Pelanggan utama galeri ini berasal dari kalangan guru dan perias yang sering menyelenggarakan kegiatan sekolah atau acara adat, disusul masyarakat umum serta instansi pendidikan yang memanfaatkan layanan

penyewaan untuk kebutuhan tertentu. Wilayah jangkauan pelanggan cukup luas, mencakup 3 wilayah kabupaten yaitu Tuban, Bojonegoro, dan Lamongan.

Kendati memiliki pelanggan tetap dan permintaan yang tinggi pada periode tertentu seperti bulan wisuda, peringatan hari kemerdekaan, dan hari besar daerah, Galeri Bu Nunuk Sahid masih menghadapi sejumlah kendala dalam pengelolaan operasionalnya. Sistem manual yang digunakan sering menimbulkan permasalahan seperti *double booking*, ketidakakuratan stok, dan keterlambatan pencatatan transaksi. Melihat kondisi tersebut, pemilik menyadari pentingnya penerapan sistem informasi berbasis web agar seluruh proses penyewaan dapat berjalan lebih cepat, transparan, dan efisien. Penerapan sistem digital diharapkan mampu membantu otomatisasi pemesanan, pengelolaan stok, serta penjadwalan penyewaan, sekaligus menjadi sarana promosi daring yang memperluas jangkauan pasar Galeri Bu Nunuk Sahid di era transformasi digital.

B. Sistem Informasi

Sistem informasi adalah kombinasi kerangka kerja yang menggabungkan berbagai elemen seperti perangkat keras, perangkat lunak, data, prosedur, dan manusia untuk mengumpulkan, memproses, menyimpan, dan menyebarkan informasi guna mendukung pengambilan keputusan dan operasi dalam organisasi. Menurut Effendi, Harahap, & Rambe [9], sistem informasi dirancang sebagai blok-blok pembangun (input, teknologi, database, kontrol) yang bersama-sama memenuhi kebutuhan pengolahan data dalam organisasi. Sementara itu, dalam Jurnal Ekonomi Manajemen Sistem Informasi [10], sistem informasi didefinisikan sebagai sistem yang menyediakan informasi yang cepat, relevan, dan akurat untuk mendukung efisiensi operasional dan manajemen dalam berbagai jenis organisasi.

Secara umum sistem informasi dapat diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori utama [11], yaitu :

- Transaction Processing System (TPS), TPS adalah sistem yang berfungsi untuk menangani dan mencatat transaksi harian, seperti pemesanan barang, pembayaran, atau data pelanggan.
- Management Information System (MIS), MIS adalah sistem yang berfungsi menyediakan ringkasan data dari TPS dan sumber lain untuk mendukung manajemen menengah dalam laporan rutin.
- Decision Support System (DSS), DSS adalah sistem interaktif yang membantu manajemen mengambil keputusan berdasarkan analisis data yang kompleks dan sering kali menyediakan simulasi atau prediksi.
- Executive Information System (EIS), EIS adalah sistem berfungsi menyediakan informasi yang disusun khusus untuk level eksekutif agar mudah dipahami dan strategis.

C. Sistem Penyewaan (Rental System)

Sistem penyewaan, atau *rental system*, adalah sistem yang mengatur proses peminjaman sementara barang atau jasa dengan periode tertentu agar dapat digunakan ulang oleh pelanggan lain. Dalam banyak usaha berbasis *website* maupun *mobile*, sistem rental memungkinkan kegiatan pemesanan

untuk pengguna dan pengelolaan stok secara otomatis untuk peyewa mengurangi pekerjaan pencatatan manual dan menghindari kekeliruan administratif [12], [13]. Sistem seperti ini umumnya mencakup fitur-fitur utama seperti pemesanan (*booking*), verifikasi ketersediaan barang, pencatatan transaksi, pengaturan periode sewa, dan pengelolaan pengembalian barang. Rental system berbasis web banyak dipilih oleh usaha penyewaan karena memungkinkan pelanggan melakukan pemesanan dari jarak jauh dan pengelola memantau status barang secara *realtime*, sehingga meningkatkan efisiensi operasional [14].

D. Algoritma First Come First Serve (FCFS)

Algoritma *First Come First Serve* (FCFS), atau yang dalam Bahasa Indonesia sering disebut "Pertama Datang Pertama Dilayani", adalah algoritma penjadwalan *nonpreemptive* yang paling sederhana. Algoritma ini bekerja berdasarkan prinsip antrean FIFO (*First-In, First-Out*), di mana proses atau permintaan yang tiba pertama kali dalam antrean akan dilayani terlebih dahulu hingga selesai, tanpa mempertimbangkan durasi layanan atau prioritas lainnya.

Prinsip dasar FCFS adalah keadilan berdasarkan waktu kedatangan. Dharmalau, Hiswara, & Martiningsih [15] menjelaskan bahwa FCFS sangat mudah dipahami dan diimplementasikan karena hanya mengandalkan urutan waktu kedatangan permintaan. Dalam konteks sistem operasi, algoritma ini umum digunakan untuk penjadwalan tugas CPU, sementara dalam sistem transaksi, FCFS digunakan untuk mengatur urutan pelayanan pelanggan atau pemrosesan pesanan.

Kelebihan FCFS :

- Sederhana dan mudah diimplementasikan karena hanya membutuhkan waktu kedatangan sebagai parameter utama.
- Adil karena setiap permintaan akan dilayani sesuai urutan, tanpa diskriminasi prioritas.
- Efektif dalam meminimalkan konflik, terutama *double booking*, karena sumber daya dialokasikan secara eksklusif kepada permintaan yang datang lebih awal.

Kekurangan FCFS :

- Dalam konteks penyewaan, FCFS mungkin tidak mempertimbangkan urgensi, yang dapat menyebabkan ketidakpuasan jika ada pemesan yang sangat mendesak.
- Tidak mempertimbangkan faktor lain seperti status keanggotaan, riwayat pelanggan, atau nilai transaksi (yang biasanya ditangani oleh algoritma *Priority Scheduling*).

E. Mekanisme Resource Allocation

Mekanisme resource allocation atau alokasi sumber daya merupakan proses pengaturan dan pembagian sumber daya terbatas agar dapat dimanfaatkan secara optimal sesuai kebutuhan dan prioritas yang telah ditentukan. Dalam konteks sistem informasi, *resource allocation* digunakan untuk mengatur penggunaan sumber daya seperti waktu, kapasitas, dan ketersediaan barang agar tidak terjadi konflik penggunaan secara bersamaan. Menurut Grigoriev dan Mondrus [3], alokasi sumber daya yang tepat sangat krusial dalam sistem

manajemen untuk meminimalkan perilaku tidak efisien dan memastikan distribusi aset dilakukan secara optimal guna mencapai output maksimal. Alokasi sumber daya merupakan bagian penting dari sistem manajemen karena membantu mengoptimalkan jadwal penggunaan aset dan menghindari ketidakseimbangan beban pada sistem. Dalam kasus adaptasi sistem penyewaan berbasis web, mekanisme ini memastikan bahwa setiap item yang sedang dipinjam akan dinonaktifkan dari daftar ketersediaan hingga masa sewa berakhir, sehingga menghindari terjadinya *double booking* atau kesalahan penjadwalan.

Penerapan *resource allocation* dapat dibedakan menjadi dua pendekatan utama, yaitu :

- Time-Based Allocation, adalah pendekatan pengaturan sumber daya berdasarkan dimensi waktu tertentu, di mana setiap sumber daya hanya dapat digunakan dalam interval waktu yang telah ditetapkan. Sebagaimana dijelaskan oleh Kamila dan Asmunin [4], pendekatan ini memungkinkan sistem menentukan interval waktu penggunaan yang jelas bagi setiap aktivitas sehingga mencegah tumpang tindih jadwal (overlapping) dan menjaga ketertiban transaksi sesuai urutan waktu kedatangan.
- Capacity-based allocation, adalah mekanisme alokasi yang berfokus pada jumlah atau kapasitas sumber daya yang tersedia. Grigoriev dan Mondrus [3] menyebutkan bahwa metode ini digunakan untuk memastikan setiap sumber daya tidak digunakan melebihi batas kapasitas yang dimilikinya. Dalam implementasi penelitian ini, pendekatan *capacity-based* diterapkan untuk mengatur jumlah stok pakaian adat yang dapat disewa secara bersamaan berdasarkan jenis, ukuran dan kategori. Setiap kali terjadi transaksi, jumlah stok pakaian akan otomatis berkurang dan baru akan aktif kembali setelah proses pengembalian selesai. Dengan mekanisme ini, sistem mampu menjaga akurasi data ketersediaan dan mencegah transaksi melebihi kapasitas yang sebenarnya.

F. Race Condition dan Concurrency Control

Pada sistem informasi berbasis *multi-user*, *Race Condition* dapat terjadi ketika dua atau lebih proses mengakses dan memodifikasi data yang sama secara bersamaan tanpa mekanisme pengendalian yang memadai. Kondisi ini menyebabkan hasil akhir bergantung pada urutan eksekusi proses yang tidak dapat diprediksi, sehingga berpotensi menimbulkan inkonsistensi data, seperti *lost update* atau *double booking* pada sistem penyewaan [16]. Penerapan algoritma *First Come First Serve* (FCFS) pada sistem penyewaan sangat rentan terhadap *race condition* apabila tidak disertai mekanisme pengendalian akses data.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan mekanisme *Concurrency Control* yang bertujuan mengatur akses data agar setiap transaksi berjalan secara konsisten dan terisolasi dari transaksi lain yang berjalan paralel [17]. mekanisme *concurrency control* memiliki 2 jenis yaitu :

- *Pessimistic Locking*
Pessimistic locking merupakan pendekatan pengendalian akses data dengan asumsi bahwa konflik antar transaksi

kemungkinan besar terjadi. Oleh karena itu, data akan dikunci sejak awal sebelum proses pembaruan dilakukan, dan transaksi lain harus menunggu hingga kunci dilepaskan. Pendekatan ini efektif dalam mencegah *race condition* karena hanya satu transaksi yang dapat mengakses data tertentu dalam satu waktu [17].

- *Optimistic Locking*

Berbeda dengan pendekatan pesimistik, *optimistic locking* berasumsi bahwa konflik akses data jarang terjadi. Oleh karena itu, sistem tidak melakukan penguncian di awal, melainkan melakukan validasi pada saat proses penyimpanan data. Validasi ini umumnya dilakukan dengan membandingkan nilai versi atau *timestamp* untuk memastikan data tidak berubah sejak pertama kali dibaca [17].

G. Teknologi Pendukung Sistem

Penelitian ini membutuhkan berberapa teknologi pendukung dalam pengembangan sistem informasi untuk optimalisasi proses penyewaan baju adat di Galeri Bu Nunuk Sahid sebagai berikut :

- Website

Website merupakan sekumpulan halaman digital yang saling terhubung dan dapat diakses melalui jaringan internet menggunakan *web browser*. Setiap halaman berisi informasi dalam bentuk teks, gambar, video, atau elemen interaktif yang disusun menggunakan bahasa markup seperti *HyperText Markup Language* (HTML). Website adalah media informasi berbasis digital yang terdiri atas sejumlah halaman yang saling terhubung di bawah satu domain dan dapat diakses secara daring melalui jaringan global[18].

- PHP

PHP (Hypertext Preprocessor) adalah bahasa pemrograman sisi-server yang dirancang khusus untuk pengembangan aplikasi web dinamis dan interaktif, yang dapat mengolah permintaan dari browser lalu menghasilkan respons dalam bentuk HTML atau data lainnya [19]. Di antaranya keunggulannya adalah bersifat *open-source*, mendukung berbagai sistem basis data, dan kompatibel dengan banyak platform server [20].

- PHP Native

PHP Native merupakan pendekatan pengembangan web yang mengacu pada penggunaan bahasa PHP tanpa mengadopsi framework besar seperti Laravel ataupun CodeIgniter, dimana struktur aplikasi, alur pengontrolan, dan pemanggilan basis data ditulis secara manual oleh pengembang. Pendekatan ini sesuai bagi pengembang dengan sumber daya terbatas yang membutuhkan fleksibilitas tinggi tanpa harus mempelajari struktur framework besar [6], [21].

- Tailwind CSS

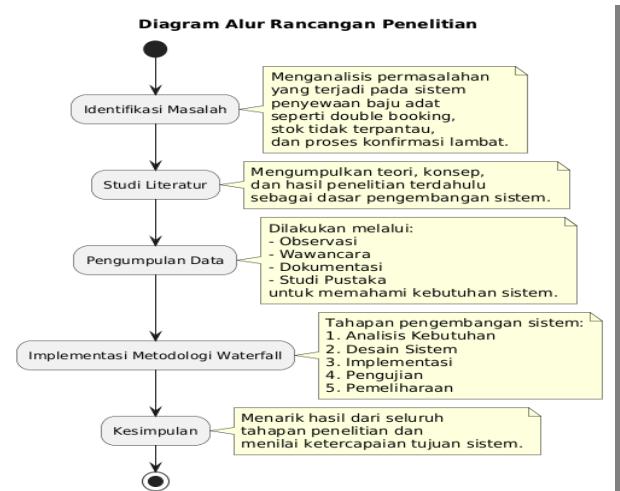
Tailwind CSS adalah sebuah *utility-first* CSS framework yang dirancang untuk mempermudah pengembangan antarmuka web dengan sejumlah besar kelas utilitas kecil yang dapat dikombinasikan untuk

membentuk gaya tampilan secara cepat dan fleksibel [22]. Framework ini berbeda dengan kerangka kerja CSS tradisional yang menyediakan komponen siap pakai seperti tombol atau panel, sebaliknya, Tailwind memberikan kontrol penuh kepada pengembang untuk membangun tampilan sesuai kebutuhan tanpa dibatasi oleh komponen yang sudah ada. Dengan Tailwind CSS, tampilan sistem dapat disesuaikan secara cepat tanpa perlu menulis banyak file CSS dari awal atau mempelajari struktur kerangka kerja besar yang kompleks.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini menjelaskan tahapan yang dilakukan dalam proses optimalisasi sistem penyewaan baju adat pada Galeri Bu Nunuk Sahid. Metodologi penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa perangkat lunak. Setiap tahapan penelitian tahap dilakukan secara sistematis meliputi identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, penerapan metodologi pengembangan sistem dengan model Waterfall, serta tahap kesimpulan. Adapun alur lengkap dari rancangan penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1 Rancangan Penelitian

B. Rancangan Implementasi Penelitian

Seluruh kegiatan pada tahap ini dilakukan dengan mengacu pada model pengembangan Waterfall yang terdiri dari beberapa tahap :

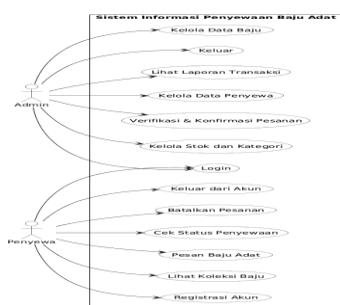
1. Analisis Kebutuhan

Dilakukan identifikasi kebutuhan fungsional (fitur penyewaan, manajemen stok, dan laporan) serta kebutuhan non-fungsional (performa sistem dan kemudahan penggunaan) untuk mendukung operasional Galeri Bu Nunuk Sahid.

2. Desain Sistem

Tahap ini dilakukan untuk menggambarkan bentuk rancangan sistem penyewaan baju adat yang akan dikembangkan meliputi pembuatan model :

- Usecase



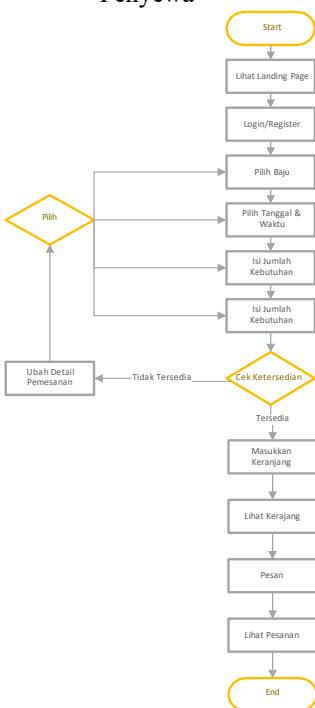
Gambar 2 Usecase

- Flowchart

- Admin

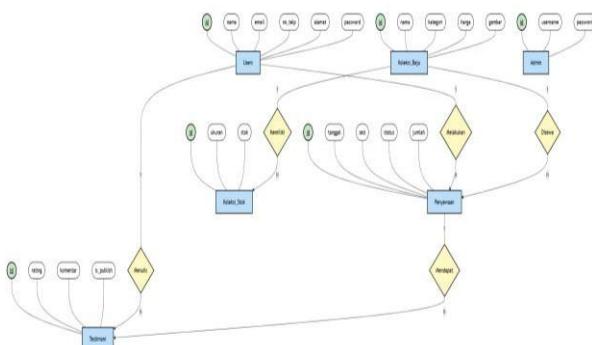


- Penyewa



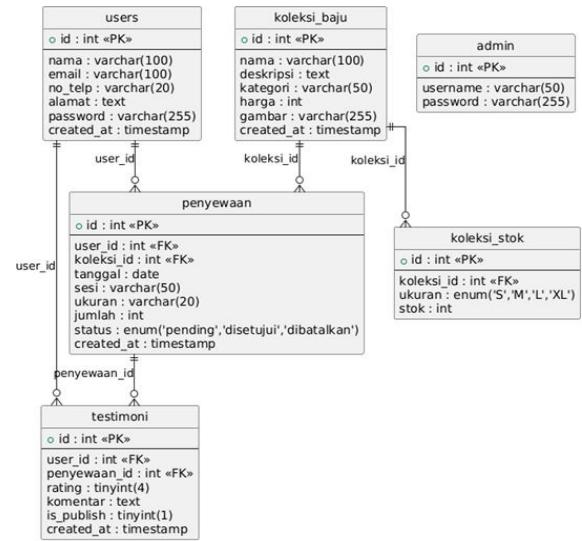
Gambar 3 Flowchart

- Entity Relationship Diagram (ERD)



Gambar 4 Entity Relationship Diagram

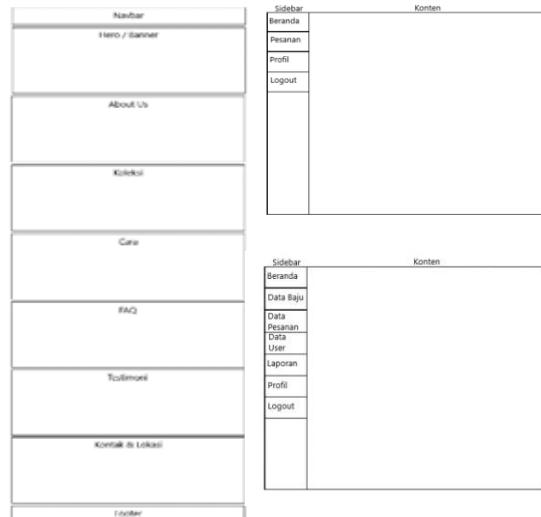
- Desain Database PDM



Gambar 5 Desain Database PDM

- Desain Antarmuka

Membuat desain berupa mockup landing page, dashboard admin dan user seperti berikut



Gambar 6 Model Mockup

3. Implementasi Sistem

Tahap ini menjelaskan penerapan logika algoritmik yang digunakan dalam sistem informasi penyewaan baju adat Galeri Bu Nunuk Sahid.

- FCFS + Pessimistic Locking

Penerapan algoritma FCFS pada sistem dilakukan secara otomatis ketika data pemesanan baru masuk ke basis data. Untuk menjamin bahwa urutan pemrosesan sesuai dengan prinsip FCFS pada lingkungan multi-user, sistem menerapkan mekanisme *pessimistic locking* pada data stok. Berikut pseudocode dari penerapan algoritma *First Come First Serve* (FCFS) dalam sistem:

```

Algoritma FCFS dengan Pessimistic Locking
Input : id_penyewa, id_baju, ukuran, tanggal, sesi, jumlah
Output : status pemesanan (berhasil / gagal)

1. Mulai transaksi database
2. Kunci data stok berdasarkan id_baju dan ukuran
   SELECT stok
   FROM koleksi_stok
   WHERE koleksi_id = id_baju
   AND ukuran = ukuran
   FOR UPDATE
3. Tentukan sesi yang saling bertabrakan (overlapping session)
4. Hitung jumlah stok yang telah terpakai
   SELECT SUM(jumlah)
   FROM penyewaan
   WHERE koleksi_id = id_baju
   AND ukuran = ukuran
   AND tanggal = tanggal
   AND sesi termasuk sesi bentrok
   AND status ∈ {pending, disetujui}
5. Hitung sisa stok
   sisa_stok = stok - stok_terpakai
6. Jika sisa_stok < jumlah
   Batalkan transaksi
   Kembalikan status gagal
Else
   Simpan data penyewaan
   INSERT INTO penyewaan (... )
   Commit transaksi
   Kembalikan status berhasil
7. Akhiri algoritma

```

Gambar 7 Pseudocode FCFS

- *Time-based Allocation*

Penerapan *time-based allocation* dilakukan saat penyewa menentukan tanggal dan sesi penyewaan. Sistem akan mengecek apakah pada tanggal dan sesi yang sama sudah terdapat penyewaan sebelumnya. Jika terdapat pesanan aktif pada sesi tertentu, maka sistem akan menolak pemesanan baru pada sesi yang sama maupun sesi berikutnya (sebagai *buffer*), kecuali untuk penyewaan pada sesi malam, di mana jadwal berikutnya (pagi hari) tetap dibuka karena terdapat waktu persiapan tambahan dari pukul 00.00–06.00. Berikut visualisasi mekanisme *time-based allocation*.

TABEL I
TIME-BASED ALLOCATION

Sesi Disewa	Sesi Buffer (tidak bisa disewa)	Sesi Tersedia Kembali
Pagi (06–12)	Siang (12–18)	Malam (18–24)
Siang (12–18)	Malam (18–24)	Pagi (06–12) hari berikutnya
Malam (18–24)	Tidak diblokir	Pagi (06–12) hari berikutnya (langsung tersedia)

Berikut pseudocode dari *Time-Based Allocation* :

```

Algoritma Alokasi Waktu Berbasis Sesi
Input : sesi_pemesanan
Output : daftar_sesi_bentrok

1. Normalisasi sesi_pemesanan menjadi huruf kecil
2. Jika sesi_pemesanan = "pagi"
   daftar_sesi_bentrok ← {"pagi"}
   Jika sesi_pemesanan = "siang"
   daftar_sesi_bentrok ← {"pagi", "siang"}
   Jika sesi_pemesanan = "malam"
   daftar_sesi_bentrok ← {"siang", "malam"}
   Selain itu
   daftar_sesi_bentrok ← {sesi_pemesanan}
3. Kembalikan daftar_sesi_bentrok
4. Akhiri algoritma

```

Gambar 8 Pseudocode Time-Based Allocation

- *Capacity-based Allocation*

Penerapan *capacity-based allocation* digunakan untuk mengatur ketersediaan stok baju adat berdasarkan ukuran dan jumlah yang tersedia di galeri. Tujuannya adalah agar sistem dapat memastikan bahwa setiap pemesanan hanya dapat dilakukan selama stok baju dengan ukuran yang dipilih masih mencukupi, meskipun terdapat pemesanan lain pada tanggal dan sesi yang sama. Berikut pseudocode penerapan *Capacity-Based Allocation* dalam sistem:

```

Algoritma Alokasi Kapasitas Penyewaan
Input : id_baju, ukuran, tanggal, daftar_sesi_bentrok, jumlah_diminta
Output : status_ketersediaan (cukup / tidak_cukup)

1. Ambil stok_total dari tabel koleksi_stok
   berdasarkan id_baju dan ukuran
2. Hitung total_kapasitas_terpakai
   dengan menjumlahkan seluruh jumlah penyewaan
   yang memenuhi kondisi:
   - id_baju sama
   - ukuran sama
   - tanggal sama
   - sesi termasuk daftar_sesi_bentrok
   - status ∈ {pending, disetujui}
3. Hitung sisa_kapasitas
   sisa_kapasitas ← stok_total - total_kapasitas_terpakai
4. Jika sisa_kapasitas ≥ jumlah_diminta
   status_ketersediaan ← cukup
Else
   status_ketersediaan ← tidak_cukup
5. Kembalikan status_ketersediaan
6. Akhiri algoritma

```

Gambar 9 Pseudocode Capacity-Based Allocation

4. Pengujian

Pengujian dilakukan terhadap dua aspek utama, yaitu pengujian fungsional dan pengujian algoritmik. Pengujian fungsional bertujuan untuk memastikan bahwa setiap fitur sistem, baik yang digunakan oleh pengguna maupun admin, dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsinya. Pengujian algoritmik dilakukan untuk memverifikasi bahwa algoritma *First Come First Serve (FCFS)*, mekanisme *time-based allocation*, dan *capacity-based allocation* telah bekerja sesuai dengan perancangan dalam mengelola urutan pemesanan, alokasi waktu, dan kapasitas stok.

5. Pemeliharaan

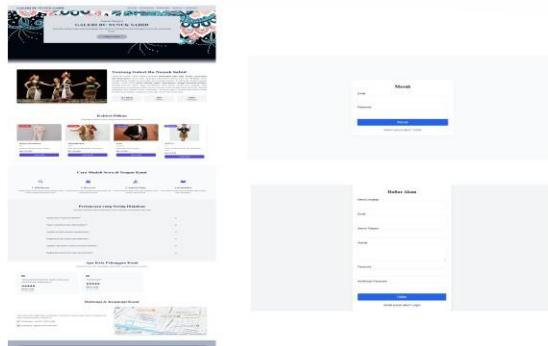
Tahap pemeliharaan sistem dilakukan setelah proses pengujian selesai untuk memastikan sistem tetap berjalan dengan baik dan stabil. Pemeliharaan ini mencakup kegiatan perbaikan terhadap kesalahan (bug) yang ditemukan selama pengujian, penyesuaian tampilan antarmuka, serta peningkatan performa pada bagian tertentu apabila dibutuhkan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Sistem

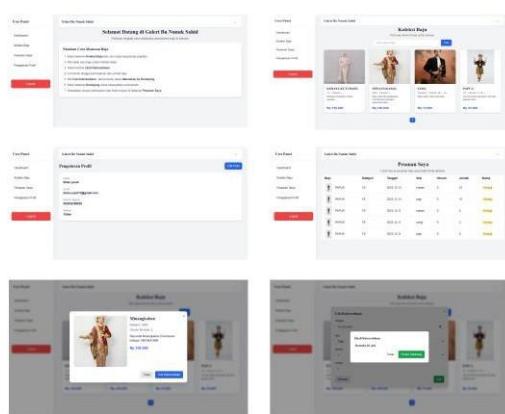
Subbab ini menunjukkan hasil dari implementasi dalam pembuatan sistem informasi penyewaan baju adat Galeri Bu Nunuk Sahid yang dikembangkan menggunakan *PHP Native* sebagai *backend* dan *Tailwind CSS* sebagai *framework* antarmuka.

1. Implementasi Antarmuka Umum



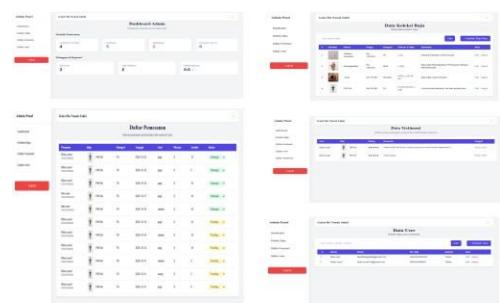
Gambar 10 Antarmuka Umum

2. Implementasi Antarmuka User



Gambar 11 Antarmuka User

3. Implementasi Antarmuka Admin



Gambar 12 Antarmuka Admin

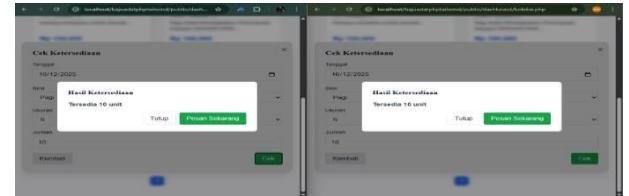
B. Implementasi Algoritma

Subbab ini menjelaskan hasil implementasi algoritma yang digunakan dalam sistem penyewaan baju adat Galeri Bu Nunuk Sahid. Algoritma yang diterapkan berfokus pada pengaturan urutan pemrosesan penyewaan, pengelolaan alokasi waktu, serta pengendalian kapasitas stok agar tidak terjadi benturan jadwal maupun *double booking*.

1. FCFS + Pessimistic Locking

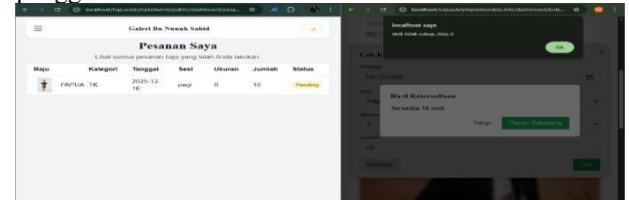
Sistem menerapkan prinsip First Come First Serve (FCFS) yang dikombinasikan dengan mekanisme

pessimistic locking untuk menangani transaksi bersamaan.



Gambar 13 User Cek Ketersediaan Bersamaan

Gambar 13 (Saat Kedua User Cek Ketersediaan): Menggambarkan kondisi ketika dua pengguna (User A dan User B) secara bersamaan memeriksa ketersediaan baju yang sama untuk tanggal, sesi, dan jumlah yang sama. Pada tahap pengecekan, sistem memberikan informasi bahwa stok masih tersedia bagi kedua pengguna tersebut.

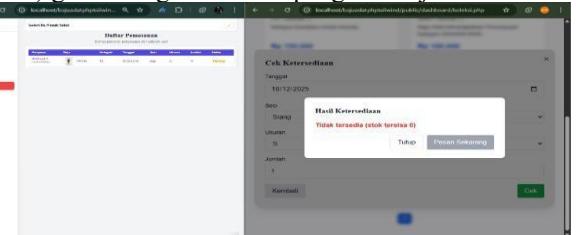


Gambar 14 User Pesan Baju Bersama

Gambar 14 (Saat Kedua User Pesan Baju Bersama): Menunjukkan hasil ketika kedua pengguna mencoba melakukan pemesanan pada waktu yang hampir bersamaan. Melalui perintah SELECT...FOR UPDATE, sistem mengunci data stok saat User A memproses penyimpanan. Akibatnya, permintaan User B harus menunggu hingga transaksi User A selesai. Setelah User A berhasil, sisa stok menjadi nol sehingga permintaan User B otomatis ditolak. Mekanisme ini secara efektif mencegah race condition dan memastikan keadilan layanan berdasarkan urutan waktu proses.

2. Time-based Allocation

Alokasi berbasis waktu digunakan untuk mengatur penggunaan koleksi baju berdasarkan sesi (pagi, siang, malam) guna menghindari tumpang tindih jadwal.



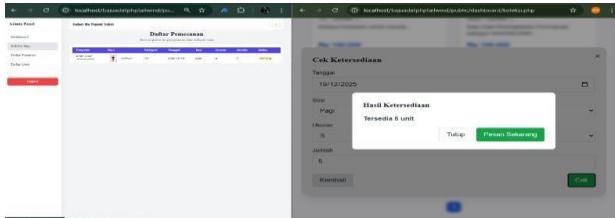
Gambar 15 Periksa Alokasi Waktu

Gambar 15 (Periksa Alokasi Waktu): Menjelaskan skenario di mana sebuah baju telah dipesan hingga batas maksimal pada sesi pagi. Jika ada pengguna lain yang mencoba memesan baju tersebut pada sesi siang di tanggal yang sama, sistem akan menolak permintaan tersebut karena dianggap berbenturan dengan jadwal sebelumnya. Namun, pemesanan tetap diizinkan untuk

sesi malam karena tidak lagi memiliki kaitan waktu dengan sesi pagi, sehingga alokasi waktu dianggap tersedia kembali.

3. Capacity-based Allocation

Mekanisme ini memastikan ketersediaan baju dikelola berdasarkan jumlah stok fisik yang ada pada kategori dan ukuran tertentu.



Gambar 16 Periksa Alokasi Kapasitas

Gambar 16 (Periksa Alokasi Kapasitas): Menunjukkan bagaimana sistem melakukan validasi terhadap jumlah unit yang diminta dibandingkan dengan sisa stok yang tersedia di gudang untuk sesi waktu tertentu. Sistem memungkinkan beberapa pelanggan berbeda untuk menyewa jenis baju yang sama di waktu yang sama, selama total kuantitas pemesanan belum melebihi kapasitas stok maksimal. Jika permintaan melebihi sisa kapasitas, sistem akan memberikan notifikasi penolakan secara otomatis tanpa perlu intervensi admin.

C. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fitur dan algoritma yang diimplementasikan pada sistem penyewaan baju adat Galeri Bu Nunuk Sahid berjalan sesuai dengan perancangan. Pengujian dibagi menjadi dua jenis, yaitu pengujian fungsional (*black box testing*) dan pengujian algoritmik.

1. Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional (*black box testing*) dilakukan untuk memastikan bahwa setiap fitur pada sistem penyewaan baju adat Galeri Bu Nunuk Sahid berfungsi sesuai dengan kebutuhan pengguna. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan masukan pada sistem dan mengamati keluaran yang dihasilkan tanpa memperhatikan proses internal atau logika program yang berjalan di belakang sistem.

Pengujian mencakup tiga jenis pengguna, yaitu pengguna umum (guest), pengguna terdaftar (user), dan administrator (admin). Setiap fitur diuji berdasarkan skenario penggunaan yang telah dirancang pada tahap perancangan sistem. Berikut ketiga tabel hasil pengujian fungsional tersebut :

TABEL II
HASIL PENGUJIAN FITUR UMUM

No	Fitur	Skenario Pengujian	Hasil Diharapkan	Hasil
1	Landing Page	Mengakses halaman utama sistem	Halaman utama tampil dengan informasi galeri	Sesuai

2	Login	Memasukkan username dan password valid	Pengguna berhasil masuk ke sistem	Sesuai
3	Login	Memasukkan password tidak valid	Sistem menolak login	Sesuai
4	Register	Mengisi data pendaftaran dengan benar	Akun baru berhasil dibuat	Sesuai

TABEL III
HASIL PENGUJIAN FITUR PENGGUNA

No	Fitur	Skenario Pengujian	Hasil Diharapkan	Hasil
1	Dashboard User	Mengakses halaman utama sistem	Dashboard user tampil	Sesuai
2	Koleksi Baju	Melakukan pencarian baju	Data baju ditampilkan sesuai kata kunci	Sesuai
3	Koleksi Baju	Navigasi halaman (pagination)	Data berpindah halaman	Sesuai
4	Detail Baju	Klik salah satu baju	Modal detail baju tampil	Sesuai
5	Cek Ketersediaan	Klik tombol cek ketersediaan	Form cek ketersediaan tampil	Sesuai
6	Hasil Cek	Klik cek ketersediaan ulang	Modal hasil cek tampil	Sesuai
7	Pesan Sekarang	Stok tidak tersedia	Tombol pesan tidak dapat diklik	Sesuai
8	Pesan Sekarang	Stok tersedia	Pesan dapat diproses	Sesuai
9	Pesanan Saya	Mengakses halaman pesanan	Daftar pesanan dan status tampil	Sesuai
10	Profil	Klik tombol edit profil	Modal edit profil tampil	Sesuai

TABEL IV
HASIL PENGUJIAN FITUR ADMIN

No	Fitur	Skenario Pengujian	Hasil Diharapkan	Hasil
1	Dashboard Admin	Mengakses dashboard admin	Dashboard admin tampil	Sesuai
2	Daftar Baju	Melakukan pencarian baju	Data baju tampil sesuai pencarian	Sesuai
3	Tambah Baju	Klik tombol tambah baju	Modal tambah baju tampil	Sesuai
4	Edit Baju	Klik tombol edit	Modal edit baju tampil	Sesuai
5	Hapus Baju	Klik tombol hapus	Data baju terhapus	Sesuai
6	Pesanan	Mengakses halaman pesanan	Seluruh data pesanan tampil	Sesuai
7	Ubah Status	Mengubah status pesanan	Status pesanan berubah	Sesuai

8	Data User	Mengakses halaman user	Daftar user tampil	Sesuai
9	Edit User	Klik tombol edit user	Data user berhasil diperbarui	Sesuai

2. Pengujian Algoritmik

Pengujian algoritmik dilakukan untuk memverifikasi bahwa algoritma yang digunakan telah berhasil diimplementasikan pada sistem sesuai hasil pembahasan yang dijelaskan pada hasil Implementasi Sistem. Pengujian dilakukan berdasarkan beberapa skenario yang merepresentasikan kondisi nyata pada proses penyewaan baju adat. Berikut tabel hasil uji algoritmik dari setiap algoritma yang dipakai di sistem :

TABEL V
HASIL PENGUJIAN ALGORITMIK FCFS

No	Fitur	Skenario Pengujian	Hasil Diharapkan	Hasil
1	FCFS + Pessimistic	User A dan User B memesan baju yang sama dengan tanggal, sesi, ukuran, dan jumlah maksimal secara bersamaan	User A diproses terlebih dahulu, User B ditolak	Sesuai
2	FCFS + Pessimistic	User A menyimpan pesanan lebih dahulu	Pesanan User A berhasil disimpan	Sesuai
3	FCFS + Pessimistic	User B menyimpan pesanan setelah stok habis	Sistem menolak pemesanan	Sesuai

TABEL VI
HASIL PENGUJIAN ALGORITMIK TIME-BASED

No	Fitur	Skenario Pengujian	Hasil Diharapkan	Hasil
1	Time-Based	Baju dipesan maksimal pada sesi pagi	Pemesanan sesi pagi berhasil	Sesuai
2	Time-Based	Pemesanan pada sesi siang di tanggal yang sama	Pemesanan ditolak karena bentrok sesi	Sesuai
3	Time-Based	Pemesanan pada sesi malam di tanggal yang sama	Pemesanan berhasil	Sesuai

TABEL VII
HASIL PENGUJIAN ALGORITMIK CAPACITY-BASED

No	Fitur	Skenario Pengujian	Hasil Diharapkan	Hasil
----	-------	--------------------	------------------	-------

1	Capacity-Based	Stok awal 10 unit, disewa 5 unit pada sesi pagi	Sisa stok 5 unit	Sesuai
2	Capacity-Based	Penyewaan 5 unit pada sesi siang	Pemesanan masih dapat diproses	Sesuai
3	Capacity-Based	Permintaan melebihi sisa stok	Pemesanan ditolak	Sesuai

D. Pembahasan

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian yang telah dipaparkan sebelumnya, dapat dilakukan analisis mendalam terhadap sistem informasi penyewaan pada Galeri Bu Nunuk Sahid sebagai berikut:

1. Analisis Implementasi Algoritma FCFS

Penerapan algoritma *First Come First Serve* (FCFS) yang diintegrasikan dengan *Pessimistic Locking* terbukti menjadi solusi efektif dalam menangani persaingan data (*race condition*). Melalui logika ini, sistem tidak hanya sekadar mengurutkan antrian, tetapi secara aktif mengunci ketersediaan stok produk pada saat transaksi sedang diproses. Hal ini memastikan bahwa integritas data stok tetap terjaga meskipun terdapat akses bersamaan dari beberapa pengguna.

2. Efektivitas Pencegahan Double Booking

Hasil pengujian pada menunjukkan bahwa skenario *double booking* yang sebelumnya menjadi kendala utama pada sistem manual telah berhasil diatasi. Dengan adanya *Capacity-Based Allocation* yang divalidasi berdasarkan rentang waktu sewa, sistem mampu memberikan penolakan otomatis kepada penyewa kedua jika stok pada tanggal tersebut sudah habis. Hal ini memberikan kepastian ketersediaan barang baik bagi pelanggan maupun pihak pengelola galeri.

3. Optimalisasi Operasional Galeri

Secara keseluruhan, transisi dari sistem manual ke sistem informasi berbasis web ini memberikan optimalisasi nyata dalam tiga aspek utama:

- Akurasi: Penghitungan stok sisa tidak lagi bergantung pada ingatan atau catatan kertas yang rentan hilang.
- Transparansi: Penyewa dapat melihat ketersediaan produk secara langsung tanpa harus menunggu konfirmasi manual.
- Keamanan Transaksi: Skema FCFS menjamin keadilan bagi penyewa yang melakukan pemesanan lebih awal.

Dengan demikian, hasil pengembangan sistem ini telah menjawab permasalahan penelitian dan mencapai tujuan untuk mengoptimalkan proses bisnis pada Galeri Bu Nunuk Sahid melalui otomatisasi yang tervalidasi.

V. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, penelitian ini berhasil mencapai tujuan optimalisasi proses bisnis pada Galeri Bu Nunuk Sahid dengan kesimpulan sebagai berikut:

- Pencapaian Tujuan Digitalisasi: Sistem informasi penyewaan berbasis web yang dikembangkan telah berhasil menggantikan proses manual menjadi sistem yang terotomasi. Hal ini menjawab kebutuhan galeri akan akurasi data stok yang real-time dan transparansi informasi bagi pelanggan.
- Efektivitas Algoritma FCFS: Implementasi algoritma First Come First Serve (FCFS) yang didukung dengan mekanisme pessimistic locking terbukti efektif menjamin keadilan transaksi. Sistem berhasil memberikan prioritas layanan kepada penyewa berdasarkan urutan waktu proses, sekaligus menjaga integritas data saat terjadi akses data simultan.
- Keberhasilan Pencegahan Kesalahan Jadwal: Mekanisme validasi berbasis kapasitas (capacity-based) dan waktu (time-based) yang diterapkan telah berhasil mengeliminasi permasalahan double booking. Sistem mampu melakukan penolakan otomatis secara akurat jika stok atau jadwal yang diminta telah mencapai batas maksimal, sehingga meningkatkan keandalan layanan galeri.
- Optimalisasi Operasional: Secara keseluruhan, sistem ini telah memenuhi kriteria keberhasilan dalam meningkatkan efisiensi operasional galeri, meminimalkan risiko kesalahan manusia (human error), dan mempercepat alur transaksi dari pemesanan hingga pelaporan.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan implementasi sistem yang telah dilakukan, pengembangan lanjutan terhadap sistem penyewaan baju adat Galeri Bu Nunuk Sahid dapat difokuskan pada peningkatan performa dan skalabilitas sistem. Seiring dengan bertambahnya jumlah pengguna dan data penyewaan, sistem berpotensi menghadapi beban akses yang lebih tinggi, khususnya pada proses pemesanan yang dilakukan secara bersamaan. Oleh karena itu, optimalisasi pada sisi basis data, seperti pengaturan indeks yang lebih tepat serta pengelolaan transaksi yang lebih efisien, dapat dipertimbangkan untuk menjaga waktu respon sistem tetap stabil tanpa mengurangi konsistensi data yang telah dicapai melalui penerapan pessimistic locking.

REFERENSI

- [1] A. N. Bahasoan, W. Nur Qamariah S. I. B, and M. S. Azis, "Transformasi Digital pada UMKM : Penggerak Pertumbuhan," *J. Indragiri Penelit. Multidisiplin*, vol. 5, no. 1, pp. 9–19, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal.indrainstitute.id/index.php/jipm/index>
- [2] R. K. Pambudi, "PENERAPAN SISTEM ANTRIAN DIGITAL MENGGUNAKAN METODE FIRST-COME FIRST-SERVED (FCFS)," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 3, Jul. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i3.6702.
- [3] A. Grigoriev and O. Mondrus, "Managing academic performance by optimal resource allocation," *Scientometrics*, vol. 127, no. 5, pp. 2433–2453, 2022, doi: 10.1007/s11192-022-04342-5.
- [4] A. Kamila, "Pengembangan Sistem Informasi Manajemen Peminjaman Ruangan Berbasis Website Dengan Metode First In First Out (FIFO) Dan Time-Based Allocation (Studi Kasus Fakultas Vokasi Universitas Negeri Surabaya)," *JMI (Jurnal Manaj. Inform.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–9, 2024.
- [5] H. Fauzi, "Aplikasi Berbasis Web: Definisi, Jenis, Manfaat, & Contohnya." Accessed: Nov. 04, 2025. [Online]. Available: <https://nevaweb.id/blog/apa-itu-aplikasi-berbasis-web/>
- [6] Prasatya, "PHP Native Adalah: Pengertian, Keunggulan, dan Cara Kerjanya - CODEPOLITAN." Accessed: Nov. 04, 2025. [Online]. Available: <https://www.codepolitan.com/blog/php-native-adalah-pengertian-keunggulan-dan-cara-kerjanya/>
- [7] D. A. A. Hamid, "NaZMa Office | Rahasia Membuat Website Cepat dan Responsif dengan Tailwind CSS." Accessed: Nov. 04, 2025. [Online]. Available: <https://nazmaoffice.com/blog/rahasia-membuat-website-cepat-dan-responsif-dengan-tailwind-css>
- [8] IDCloudHost, "Mengenal Tailwind CSS? Framework CSS Cepat dan Responsif - IDCloudHost." Accessed: Nov. 04, 2025. [Online]. Available: <https://idcloudhost.com/blog/mengenal-tailwind-css/>
- [9] Effandy Erwan, Harahap Santi, and Rambe Hafis Mutawalli, "Komponen Sistem Informasi," *J. Pendidik. dan Konseling*, vol. 5, no. 2, pp. 5076–5080, 2023.
- [10] Bratha Endra Gede Wayan, "Literature Review Komponen Sistem Informasi Manajemen: Software, Database Dan Brainware," *J. Ekon. Manaj. Sist. Inf.*, vol. 3, no. 3, pp. 344–360, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.31933/jemsi.v3i3>
- [11] T. Ulfianinda, "Contoh Sistem Informasi dan Fungsinya dalam Perusahaan." Accessed: Nov. 18, 2025. [Online]. Available: <https://www.mas-software.com/blog/contoh-sistem-informasi-erp>
- [12] F. Agusty and M. Daryl Bel Sandy Supriyadi, "Sistem Informasi Penyewaan Baju Adat Berbasis Web," *J. Sist. Inf. Apl. Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 2, pp. 75–80, 2025, doi: 10.53567/josiasi.v2i2.43.
- [13] S. Ramadhaniyah, Y. Ramadhan, and B. Baharsyah, "Perancangan Sistem Informasi Penyewaan Pakaian Adat Tradisional di Pakaianadat . Id Jambi Berbasis Web," vol. 4, no. 3, pp. 5909–5922, 2025, doi: <https://doi.org/10.31004/riggs.v4i3.2786>.
- [14] N. Yunita and R. Rosmawati, "Sistem Informasi Rental Mobil Berbasis Web Pada PT Karya Mobil," *Simpatik J. Sist. Inf. dan Inform.*, vol. 1, no. 1, pp. 53–62, 2021, doi: 10.31294/simpatik.v1i1.410.
- [15] A. Dharmalau, I. Hiswara, and N. Martiningsih, "Implementasi Metode First Come First Serve Pada Sistem Informasi Antrian Pelayanan Pegadaian Menggunakan Website," *Jris J. Rekayasa Inf. Swadharma*, vol. 4, no. 1, pp. 1–9, 2024, doi: 10.56486/jris.vol4no1.401.
- [16] R. F. Yusuf, "Mengenal Race Condition dan Pessimistic Locking VS Optimistic Locking | by Roby Firmando Yusuf | Medium." Accessed: Dec. 15, 2025. [Online]. Available: <https://robifyardoyusuf.medium.com/mengenal-race-condition-dan-pessimistic-locking-vs-optimistic-locking-9948a837ee8c>
- [17] D. Hartono, "Memahami Tentang Locking Pessimistic dan Optimistic dengan Mutex dan Versioning | by Dedi Hartono | Medium." Accessed: Dec. 15, 2025. [Online]. Available: <https://medium.com/@dedihartono.drive/memahami-tentang-locking-pessimistic-dan-optimistic-dengan-mutex-dan-versioning-9cae0e1ea053>
- [18] R. Januar Irmansyah, H. Zul Fahmi, D. Arwin Dermawan, and A. Hafidz, "Implementasi Metodologi Agile Pada Aplikasi Sipevo Sebagai Layanan Pengaduan Sarana Dan Prasaranra Berbasis Android (Studi Kasus: Fakultas Vokasi Universitas Negeri Surabaya)," no. Vol. 12 No. 02 (2023), pp. 1–10, 2023.
- [19] A. Volle, "PHP. Encyclopedia Britannica." Accessed: Nov. 07, 2025. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/technology/PHP>
- [20] D. Lincopinis, C. W. Paul Apiag, E. S. Bryan Cadiz, and D. R. Lincopinis, "A Review on PHP Programming Language," no. May, pp. 1–10, 2023, [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0001-9503-8965>,
- [21] BARAKA, "Perbedaan PHP Native dan Framework : Memahami Pilihan Terbaik untuk Pengembangan Web - Biro Perencanaan Sumber Daya Manusia dan Karir." Accessed: Nov. 07, 2025. [Online]. Available: <https://baraka.uma.ac.id/perbedaan-php-native-dan-framework-memahami-pilihan-terbaik-untuk-pengembangan>

- web/
[22] V. M. Biradar, "Tailwind CSS," *Int. J. Adv. Appl. Res.*, vol. Vol . 6, pp. 129–135, 2025, doi: DOI - 10.5281/zenodo.15194897.