

Implementasi Algoritma K-Nearest Neighbor Berbasis Website pada Sistem Rekomendasi Persewaan Alat Camping

Yusril Ahda Wicaksono¹, Febrian Wahyu Christanto^{2*}, Iman Saufik Suasana³

^{1,2}Teknik Informatika, Universitas Semarang, Indonesia

³Sistem Komputer, Universitas Sains dan Teknologi Komputer, Indonesia

Email: ¹yusrilahda151997@gmail.com, ²febrian.wahyu.christanto@usm.ac.id, ³saufik@stekom.ac.id

ABSTRAK – Perkembangan teknologi informasi saat ini memberikan peluang bagi pemilik usaha untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas layanan termasuk dalam industri persewaan alat camping. Aygadventure sebagai salah satu usaha persewaan alat camping menghadapi beberapa kendala operasional seperti pencatatan manual yang tidak efisien, antrian panjang, serta kesalahan dalam pengelolaan data. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem rekomendasi persewaan berbasis website menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN) untuk mengatasi permasalahan tersebut. Algoritma K-NN digunakan untuk memberikan rekomendasi produk berdasarkan data persewaan sehingga meningkatkan efisiensi dalam proses transaksi. Metode pengembangan sistem menggunakan metode Prototyping yang memungkinkan penyesuaian sistem sesuai dengan kebutuhan pengguna. Pengujian sistem dilakukan dengan beberapa metode termasuk pengujian white box, black box, dan uji kepuasan pengguna dengan hasil yang memuaskan. Pengujian white box menunjukkan hasil 100% pengkodean di dalam sistem berhasil, sedangkan pengujian black box menghasilkan keberhasilan penuh pada semua fitur dan fungsional sistem yang diuji. Hasil uji kepuasan pengguna (user acceptance test) menunjukkan rata-rata kepuasan sebesar 83,30%, responden menyatakan kepuasan terhadap aspek kegunaan, kecepatan akses, dan kemudahan navigasi. Dengan demikian sistem ini berhasil meningkatkan efisiensi operasional Aygadventure, memberikan pengalaman pengguna yang lebih baik, serta meningkatkan kepuasan pelanggan secara keseluruhan.

Kata Kunci: Sistem Rekomendasi, K-Nearest Neighbor, Prototyping, Website.

ABSTRACT – Development of information technology currently provides opportunities for business owners to improve efficiency and quality of service including in the camping equipment rental industry. Aygadventure as one of the camping equipment rental companies faces several operational constraints such as inefficient manual recording, long queues, and errors in data management. This study aims to design and implement a website-based rental recommendation system using the K-Nearest Neighbor (K-NN) algorithm to overcome these problems. The K-NN algorithm is used to provide product recommendations based on rental data to increase efficiency in the transaction process. The system development method uses the Prototyping method which allows system adjustments according to user needs. System testing uses several methods including white box testing, black box testing, and user satisfaction testing with satisfactory results. White box testing shows 100% successful coding results in the system, while black box testing results in full success on all features and functionalities of the system being tested. The results of the user acceptance test show an average satisfaction of 83.30%, respondents expressed satisfaction with the aspects of usability, access speed, and ease of navigation. Thus, this system successfully improves Aygadventure's operational efficiency, provides a better user experience, and increases overall customer satisfaction.

Keywords: Recommendation System, K-Nearest Neighbor, Prototyping, Website.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi saat ini berdampak pada segala bidang usaha [1]. Pemilik usaha harus bisa memanfaatkan kemajuan teknologi informasi untuk membantu operasional bisnis karena hal ini akan lebih menguntungkan dan memudahkan pelaku dan pemilik usaha dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas pelayanan termasuk

pelayanan dalam usaha persewaan alat camping [2]. Camping sendiri adalah rekreasi yang dilakukan di luar ruangan atau di alam terbuka [3]. Mayoritas kegiatan camping menggunakan tenda dan beberapa alat pendukung seperti meja lipat, kursi lipat, kompor, dan sebagainya. Penggunaan alat-alat camping biasanya tidak secara rutin dan hanya bersifat periodik sehingga biasanya orang akan

lebih memilih untuk menyewa daripada membeli karena lebih murah biayanya [4]. Hal ini menjadikan usaha persewaan alat *camping* dapat berkembang dengan baik.

Aygdventure adalah salah satu usaha jasa yang menawarkan persewaan alat *camping*. Dengan harga yang relatif murah mulai dari Rp50.000 hingga Rp500.000 per *item* per hari dan lokasi toko yang strategis di tengah Kota Semarang sehingga menjadikan Aygdventure dapat melayani lebih dari 500 pelanggan sejak didirikan pada 2019. Namun produktivitas Aygdventure terhambat oleh proses pemesanan sewa yang masih *manual*. Pelanggan harus datang langsung ke toko untuk mengisi formulir kontrak sewa, memenuhi persyaratan yang diajukan, menentukan jadwal sewa, mengetahui daftar harga, serta ketersediaan peralatan. Akibatnya selama tiga bulan terakhir rata-rata 15% pelanggan potensial batal melakukan pemesanan karena waktu tunggu yang lama dan alat yang tidak tersedia. Saat ini pencatatan informasi pelanggan, alat *camping*, dan status alat sewa di Aygdventure belum terkomputerisasi sehingga menyebabkan inefisiensi dalam pelaporan dan pengendalian data. Berdasarkan laporan internal Aygdventure ditemukan fakta bahwa proses pengisian formulir kontrak sewa di toko memerlukan waktu rata-rata 20 menit per pelanggan. Dengan adanya 5-15 pelanggan per hari, 30-50 pelanggan pada akhir pekan, sedangkan karyawan yang melayani di Aygdventure hanya 2 orang setiap *shift* kerja, maka antrian yang panjang menyebabkan hilangnya potensi pelanggan setiap bulannya. Selain itu karena informasi ketersediaan alat belum terkomputerisasi sehingga banyak pelanggan mengalami kekecewaan karena alat *camping* yang diinginkan tidak tersedia.

Implementasi sistem informasi persewaan alat *camping* beserta sistem rekomendasi berbasis *website* dibutuhkan disini untuk mempercepat pelayanan kepada pelanggan. Sistem rekomendasi dapat didukung dengan algoritma *K-Nearest Neighbor* (K-NN) yang membantu memberikan rekomendasi cepat berdasarkan data historis peminjaman alat *camping* setiap pelanggan [5]. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan kepuasan pelanggan melalui rekomendasi yang tepat sasaran. Algoritma K-NN bekerja dengan mengidentifikasi alat *camping* yang sering disewa. Dengan menghitung jarak terdekat antara permintaan pelanggan saat ini dengan data persewaan sebelumnya maka sistem dapat memberikan rekomendasi alat *camping* yang sesuai

dengan kebutuhan setiap pelanggan. Hal ini memungkinkan pelanggan untuk menghemat waktu dalam memilih peralatan yang mereka butuhkan dan memastikan bahwa alat yang direkomendasikan telah terbukti populer dan sangat berguna untuk mendukung kegiatan *camping*. Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas sistem rekomendasi dan implementasi K-NN sebagai tolak ukur pada penelitian ini. *State of the art* penelitian ini ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

No	Judul	Hasil Penelitian
1	Penerapan Algoritma K-Nearest Neighbor untuk Klasifikasi Penyakit Diabetes Melitus [6]	Sistem rekomendasi deteksi gejala dan ciri-ciri penyakit Diabetes Melitus menggunakan 8 variabel dengan hasil penelitian didapatkan tingkat akurasi mencapai 93% terhadap deteksi gejala dan ciri-ciri dari penyakit Diabetes ini.
2	Implementasi Algoritma K-Nearest Neighbor untuk Prediksi Penjualan Alat Kesehatan pada Media Alkes [7]	Sistem rekomendasi untuk memprediksi penjualan alat kesehatan dengan tingkat akurasi mencapai 95%. Hasil penelitian ini digunakan menjadi rekomendasi dalam perencanaan penjualan dan efisiensi pengelolaan stok barang.
3	Perbandingan Metode K-Nearest Neighbor (K-NN) dan Naive Bayes untuk Rekomendasi Penentuan Mahasiswa Penerima Beasiswa Pada Universitas Kuningan [8]	Penelitian ini membandingkan dua algoritma yaitu K-Nearest Neighbor (K-NN) dan Naive Bayes. yang efektif untuk sistem rekomendasi penentuan mahasiswa penerima beasiswa di Universitas Kuningan
4	Perbandingan Algoritma K-Nearest Neighbor untuk Klasifikasi	Implementasi K-NN menggunakan pendekatan optimasi algoritma genetika

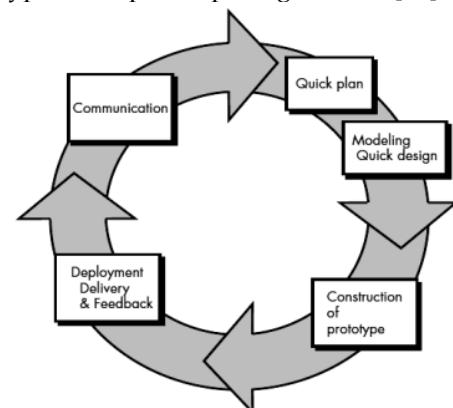
No	Judul	Hasil Penelitian
	Jenis Mangga Menggunakan Berdasarkan Fitur Gray Level Co-Occurrence Matric dan Fitur Warna [9]	seperti <i>gray level co-occurrence matrix</i> dengan jumlah <i>dataset</i> daun sebanyak 800 citra. Hasilnya optimasi yang dilakukan meningkatkan nilai akurasi dari yang sebelumnya 80% menjadi 93%.
5	Perbandingan Metode Klasifikasi <i>Naive Bayes</i> , <i>Decision Tree</i> dan K- <i>Nearest Neighbor</i> pada <i>Data Log Firewall</i> [10]	<i>Analisis</i> prediksi serangan di dalam jaringan komputer menggunakan perbandingan hasil K-NN, <i>Naive Bayes</i> , dan <i>Decision Tree</i> . Data sumber diambil dari <i>log firewall</i> dalam jaringan.

Dibandingkan dengan algoritma lain seperti *Collaborative Filtering* atau *Decision Trees*, K-NN memiliki keunggulan dalam kesederhanaan dan efektivitas *dataset* yang tidak terlalu besar dan dengan pola yang tidak terlalu kompleks. *Collaborative Filtering* misalnya memerlukan data interaksi pengguna yang lebih luas dan kompleks dalam. Sementara *Decision Trees* dapat lebih efektif dalam pengambilan keputusan yang memerlukan analisis berbasis aturan [11]. Namun dalam konteks persewaan alat *camping* di Aygadventure dimana rekomendasi berdasarkan kesamaan data, maka K-NN menawarkan solusi yang lebih langsung. Dengan K-NN sistem dapat dengan cepat memberikan rekomendasi yang akurat tanpa memerlukan pemrosesan yang berlebihan. Melalui implementasi sistem informasi persewaan alat *camping* beserta sistem rekomendasi berbasis *website* menggunakan algoritma K-*Nearest Neighbor* (K-NN) diharapkan dapat mengatasi permasalahan pemilik usaha dan pelanggan dalam memberikan rekomendasi alat *camping* yang sesuai dengan kebutuhan pelanggan, meningkatkan efisiensi transaksi, serta meningkatkan kepuasan pelanggan.

METODE

Implementasi sistem informasi persewaan alat *camping* beserta sistem rekomendasi berbasis *website* menggunakan algoritma K-*Nearest Neighbor* (K-NN) untuk usaha di Aygadventure ini

akan menggunakan metode Prototype. Pemilihan metode pengembangan sistem ini dirasa tepat dalam penelitian ini karena keunggulannya terhadap komunikasi yang lebih baik antara pengembang dan pengguna sistem sehingga dapat memastikan hasil akhir sesuai dengan harapan serta waktu yang dibutuhkan dalam implementasi sistem menjadi lebih efisien [12]. Langkah-langkah dalam metode ini dimulai dengan fase Communication yaitu identifikasi kebutuhan awal melalui pertemuan dengan pemangku kepentingan. Proses ini melibatkan penentuan fitur dan fungsionalitas utama yang diinginkan [13]. Kemudian dilanjutkan dengan fase Quick Plan yaitu penentuan cepat dari hasil fase Communication. Dalam hal ini setelah dilakukan wawancara, maka ditentukanlah bahwa solusi untuk usaha persewaan alat *camping* Aygadventure adalah dengan implementasi sistem informasi persewaan alat *camping* beserta sistem rekomendasi berbasis *website* menggunakan algoritma K-*Nearest Neighbor* (K-NN). Representasi dari model pengembangan sistem prototype ditampilkan pada gambar 1 [14].



Gambar 1. Metode Prototype

Fase Modelling Quick Design adalah tahap di mana desain awal dari sistem dibuat secara cepat berdasarkan pemahaman dari tahap perencanaan. Desain ini biasanya mencakup pembuatan Diagram alur kerja (flowchart), sketsa antarmuka pengguna (UI/UX), dan pemodelan sederhana dari struktur sistem yang akan dibangun [15]. Tujuannya adalah untuk memberikan gambaran visual kepada pengguna dan mendapatkan umpan balik awal sebelum masuk ke tahap pengembangan lebih lanjut. Pada tahap ini dibuatlah sketsa awal antarmuka pengguna untuk sistem persewaan berbasis *website* yang mencakup halaman utama, formulir penyewaan, dan modul rekomendasi alat *camping* menggunakan diagram UML seperti Use

Case, Activity Diagram, dan Class Diagram untuk menggambarkan alur interaksi antara pengguna dan sistem. Desain ini kemudian ditunjukkan kepada pihak Aygadventure untuk mendapatkan umpan balik awal sebelum masuk ke Construction of Prototype.

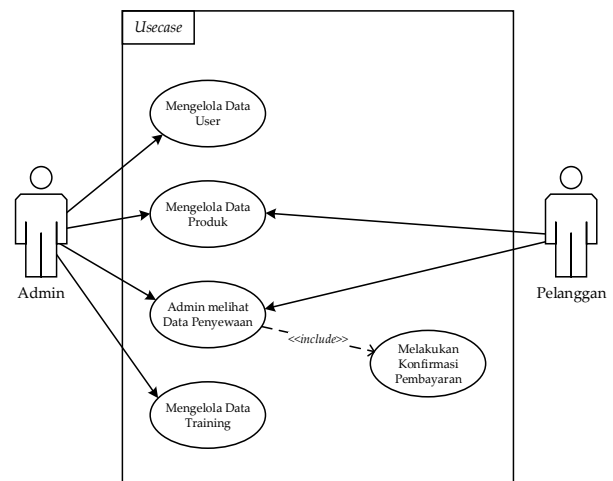
Fase Construction of Prototype adalah tahap di mana prototipe dari sistem dikembangkan berdasarkan desain cepat yang telah dibuat sebelumnya. Prototipe ini berfungsi sebagai model awal dari sistem yang dapat diuji oleh pengguna untuk memberikan umpan balik langsung. Prototipe ini biasanya mencakup fitur inti dan antarmuka dasar yang akan digunakan dalam versi akhir sistem [16] [17]. Dalam tahap ini implementasi sistem informasi persewaan alat camping beserta sistem rekomendasi berbasis website menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN) dibangun menggunakan bahasa pemrograman PHP dan database MySQL. Prototipe ini mencakup fitur-fitur dasar seperti formulir persewaan, pencatatan data pelanggan, dan algoritma K-NN sederhana untuk rekomendasi alat camping. Prototipe ini kemudian diuji cobakan dengan beberapa metode pengujian dan dipersiapkan untuk dipresentasikan kepada pihak Aygadventure untuk mendapatkan umpan balik lebih lanjut.

Fase Deployment Delivery & Feedback adalah tahap akhir di mana prototipe yang telah dikembangkan diberikan kepada pengguna untuk diuji dalam lingkungan nyata. Pada tahap ini umpan balik dari pengguna sangat penting untuk mengidentifikasi area yang perlu diperbaiki, dioptimalkan, atau ditambahkan dengan fitur dan perbaikan yang baru. Tujuan akhirnya adalah memastikan bahwa sistem memenuhi kebutuhan pengguna sebelum diimplementasikan secara penuh. Pada tahap ini prototipe yang telah dibangun dijalankan ke lingkungan nyata di usaha Aygadventure untuk diuji oleh pengguna akhir. Umpan balik yang didapat dari pengguna mengenai fungsionalitas, kemudahan penggunaan, dan efisiensi sistem dikumpulkan. Berdasarkan umpan balik ini dilakukan iterasi perbaikan pada sistem untuk memastikan bahwa semua kebutuhan pengguna terpenuhi dengan baik sebelum sistem diterapkan secara penuh dalam operasional sehari-hari Aygadventure.

HASIL DAN PEMBAHASAN

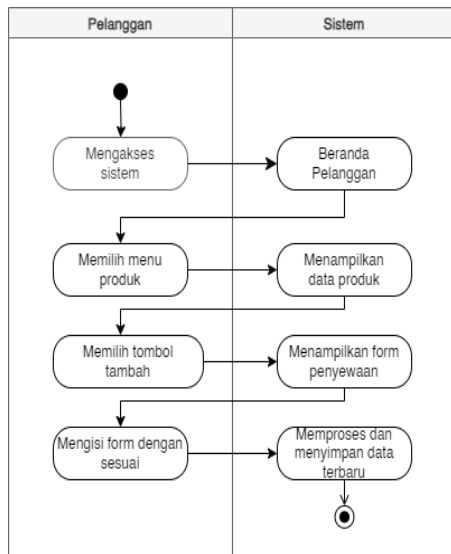
3.1. Perancangan Sistem

Perancangan sistem informasi persewaan alat camping beserta sistem rekomendasi berbasis website menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN) diawali dengan pembuatan *Use Case Diagram*. *Use Case Diagram* menggambarkan berbagai fungsionalitas yang dapat diakses oleh pengguna sistem (*admin* dan pelanggan) dan interaksi antara aktor dan sistem. Berikut dalam gambar 2 adalah penggambaran dari *Use Case Diagram* sistem yang akan diimplementasikan.



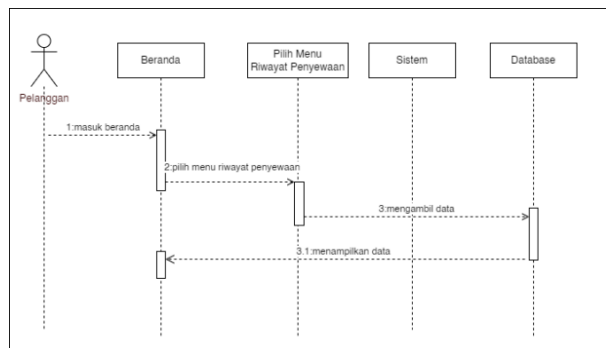
Gambar 2. Use Case Diagram

Terdapat 2 aktor didalam sistem yaitu *Admin* dan *Pelanggan*. Aktor *Admin* mempunyai aktivitas mengelola data *user*, mengelola data produk, mengelola data persewaan sekaligus mengelola pembayaran, serta mengelola data *training* yang nantinya akan muncul sebagai hasil rekomendasi persewaan alat camping. Sedangkan aktor *Pelanggan* dapat memilih produk dan melihat data persewaan pribadi. *Activity Diagram* digambarkan dengan aktivitas tambah persewaan. Proses ini dimulai ketika aktor *Pelanggan* atau *Admin* melakukan aktivitas persewaan alat camping baru. Pengguna memilih menu Tambah Persewaan dari *dashboard*. Pengguna memilih produk yang ingin disewa dari daftar produk yang tersedia di sistem. Pengguna dapat memilih beberapa item sekaligus setelah itu mengisi *form* penyewaan yang mencakup data seperti tanggal penyewaan, durasi sewa, dan informasi pelanggan. Jika ada data yang tidak valid atau produk tidak tersedia maka sistem meminta pengguna untuk memperbaiki atau memilih produk lain. Setelah validasi persewaan maka konfirmasi berhasil dan sistem memproses persewaan. Gambar 3 menunjukkan representasi dari uraian di atas.



Gambar 3. Activity Diagram Tambah Persewaan

Sequence diagram menggambarkan suatu operasi di dalam sistem berdasarkan waktu [18]. Sequence Diagram menampilkan riwayat penyewaan pelanggan salah satunya yang menggambarkan aktivitas historis setiap pelanggan dalam persewaan alat camping. Dari operasi ini menjadi dasar operasi dari sistem rekomendasi. Sequence diagram dari operasi tersebut dapat dilihat pada gambar 4.

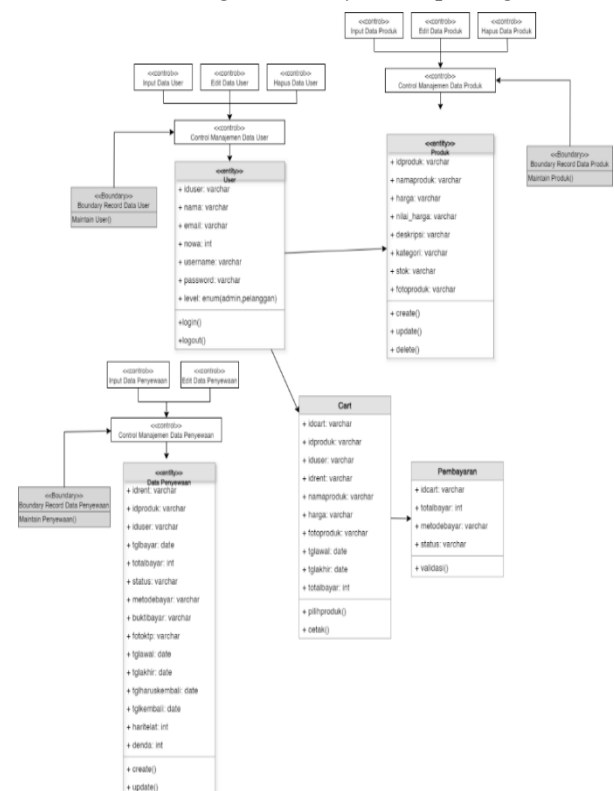


Gambar 4. Sequence Diagram Menampilkan Riwayat Persewaan Pelanggan

Sequence Diagram menampilkan riwayat penyewaan pelanggan ditunjukkan pada gambar 4 adalah operasi yang dimulai ketika Pelanggan memilih menu Riwayat Penyewaan dari antarmuka pengguna. Permintaan untuk melihat riwayat persewaan dikirim dari antarmuka pengguna ke controller sistem. Controller menerima permintaan tersebut dan memverifikasi identitas Pelanggan berdasarkan data login. Setelah verifikasi maka controller mengirimkan query ke model untuk mengambil data riwayat persewaan yang terkait dengan pelanggan tersebut dari database. Model kemudian mengambil data riwayat persewaan dari

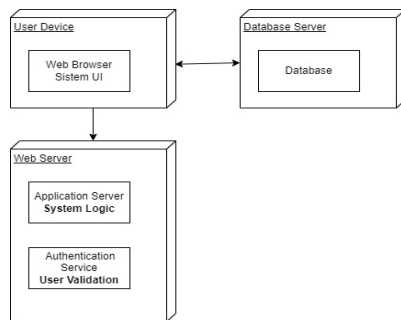
database dan mengirimkannya kembali ke controller. Controller menerima data riwayat penyewaan yang telah diambil kemudian memformatnya sesuai kebutuhan dan mengirimkan data tersebut ke antarmuka pengguna. Antarmuka pelanggan menampilkan riwayat persewaan seperti melihat detail persewaan, item yang disewa, dan status setiap transaksi. Proses ini berakhir setelah pelanggan berhasil melihat riwayat persewaan mereka.

Class diagram menggambarkan struktur dan hubungan antar kelas dalam suatu sistem [19]. Class Diagram sistem informasi persewaan alat camping beserta sistem rekomendasi berbasis website menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN) memetakan berbagai entitas utama yang terlibat dalam proses bisnis penyewaan alat camping. Diagram ini terdiri dari beberapa class inti yang merepresentasikan user, produk, penyewaan, pembayaran, serta hubungan di antara class tersebut. Class diagram ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5. Class Diagram

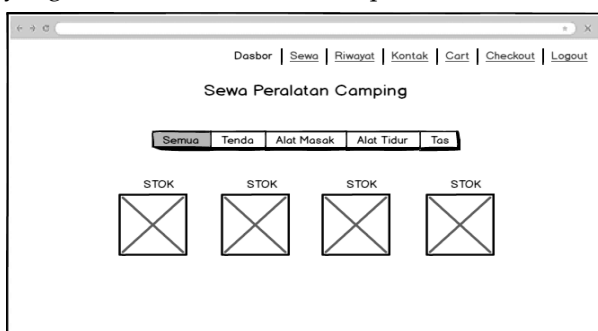
Deployment diagram menggambarkan hubungan antara perangkat lunak dan perangkat keras yang mendukung sistem informasi persewaan alat camping beserta sistem rekomendasi berbasis website menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN) ini [20]. Deployment Diagram ditunjukkan pada gambar 6.



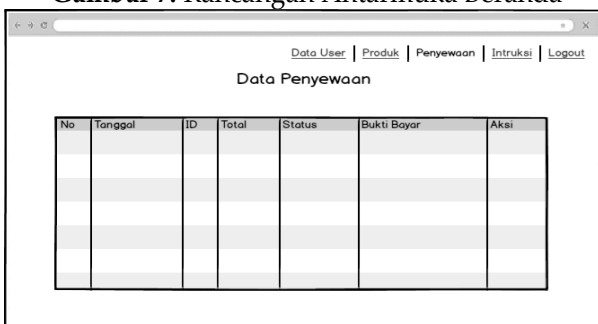
Gambar 6. Deployment Diagram

Terdapat 3 komponen dalam *Deployment Diagram* sistem yang akan diimplementasikan yaitu *User Device*, *Database Server*, dan *Web Server*. *User Device* berisi perangkat yang digunakan oleh pengguna untuk mengakses *website*. Contohnya bisa berupa *laptop*, *smartphone*, *tablet*, dan tentu saja *web browser* yang digunakan untuk berinteraksi dengan sistem. *Database Server* menyimpan semua data yang terkait dengan *website* termasuk informasi peralatan, data pengguna, dan riwayat pemesanan. Dalam hal ini *Database Server* akan menggunakan MySQL. *Web Server* adalah bagian terakhir dari *Deployment Diagram* ini yang berisi aplikasi *website* sistem rekomendasi berbasis *website* menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN) ini beserta data pengguna yang dijalankan pada *Web Server* XAMPP.

Perancangan antarmuka dibuat agar antarmuka sistem saat diimplementasikan sesuai dengan kebutuhan pengguna sistem. Gambar 7 dan Gambar 8 menyajikan rancangan antarmuka sistem yang direncanakan untuk diimplementasikan.

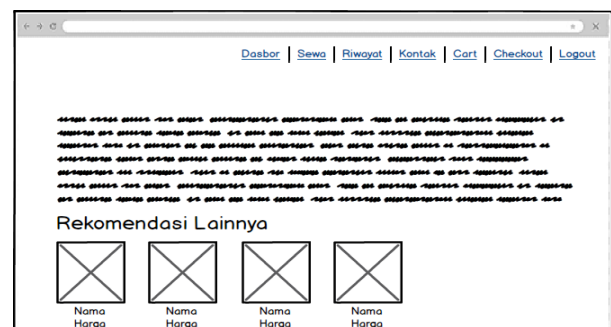


Gambar 7. Rancangan Antarmuka Beranda



Gambar 8. Rancangan Antarmuka Data Persewaan

Rancangan Antarmuka Beranda Pelanggan dan Rancangan Antarmuka Data Persewaan ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8 berisi halaman daftar produk yang ditawarkan oleh Aygadventure, menu pencarian berdasarkan kategori, informasi nama dan harga produk, serta data persewaan Pelanggan. Setelah pelanggan melihat daftar persewaan maka akan muncul halaman sistem rekomendasi persewaan alat *camping* yang berhubungan dengan alat-alat yang sudah disewa pelanggan sebelumnya menggunakan algoritma KNN. Rancangan antarmuka halaman ini terdapat pada gambar 9.

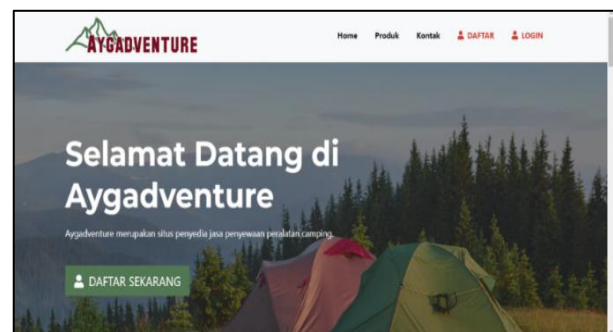


Gambar 9. Rancangan Antarmuka Implementasi Algoritma KKN

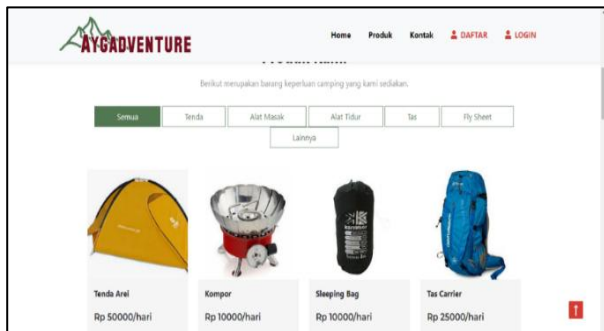
Rancangan Antarmuka Halaman Rekomendasi Produk ini terdapat instruksi penggunaan produk yang dipilih dan akan muncul rekomendasi produk sewa lain sesuai dengan hasil pemrosesan algoritma yang diterapkan pada sistem.

3.2. Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan bagian dari fase *Construction of Prototype* dalam metode pengembangan sistem *Prototype* yaitu fase di mana model atau versi awal dari sistem atau aplikasi yang sedang dikembangkan dibuat berdasarkan desain yang telah disusun sebelumnya. Tujuan dari tahap ini adalah untuk menguji dan mengevaluasi konsep dan fitur-fitur kunci sebelum masuk ke dalam tahap pengembangan penuh.

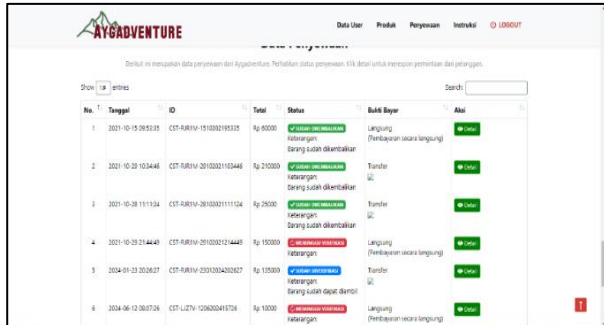


Gambar 10. Halaman Beranda Awal



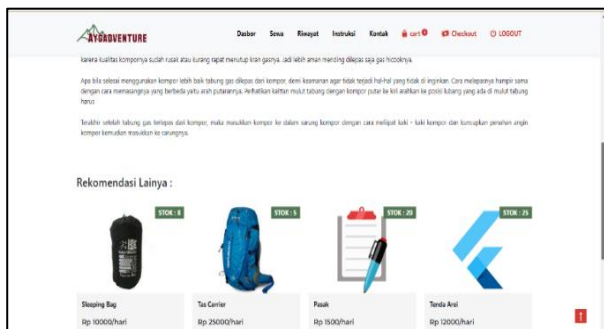
Gambar 11. Halaman Produk

Dalam halaman Beranda Awal menampilkan menu produk, daftar, dan login pada sistem. Login digunakan untuk pelanggan yang sudah memiliki akun sedangkan menu daftar digunakan oleh pelanggan baru. Halaman Produk berisi daftar produk yang ditawarkan oleh Aygadventure. Terdapat menu pencarian berdasarkan kategori yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan lengkap dengan informasi nama dan harga produk. Halaman Riwayat Sewa berisi informasi data penyewaan yang terdiri data tanggal, id, total, status sewa, dan status bayar. Admin dapat melakukan kelola data sewa dengan melakukan konfirmasi pada tombol detail pada halaman ini.



Gambar 12. Halaman Riwayat Persewaan

Selain sistem informasi persewaan, terdapat sistem rekomendasi yang ditampilkan hasil pengolahan data riwayat persewaan menggunakan algoritma KNN. Hal ini untuk mempermudah pelanggan dalam melakukan persewaan yang lengkap saat melakukan aktivitas *camping*.



Gambar 13. Halaman Rekomendasi Produk

Fungsi utama dalam halaman tersebut adalah mendapatkan rekomendasi berdasarkan algoritma K-NN. Algoritma K-NN menghitung kemiripan dengan membandingkan barang yang disewa oleh pelanggan dan menghitung jarak (jumlah item yang sama) kemudian mengambil rekomendasi dari pelanggan yang memiliki jarak terdekat (top K *neighbors*) [21]. Kode program rekomendasi terdapat pada gambar 14.

```

// Sort by distance (ascending)
$distances = array_values($distances);
sort($distances, SORT_ASC);
return $distances;

// Take top K neighbors
$neighbors = array_slice($distances, 0, $k);

// Get item recommendations from neighbors
$recommended_items = [];
foreach ($neighbors as $neighbor) {
    $neighbor_rentals = $data->recommendation_model->get_customer_rentals($neighbor['customer_id']);
    foreach ($neighbor_rentals as $item) {
        if (!in_array($item, $customer_rentals)) {
            $recommended_items[] = $item['item_id'];
        }
    }
}

// Sort item names for recommendations
$final_recommendations = [];
foreach ($recommended_items as $item_id) {
    $item = $data->get_item($item_id);
    if ($item['item_id'] == $item_id) {
        $final_recommendations[] = $item;
    }
}

return $final_recommendations;

```

Gambar 14. Kode Program Menampilkan Hasil Rekomendasi

Proses memberikan rekomendasi menggunakan algoritma KNN dimulai dengan informasi mengenai skala klasifikasi yang digunakan untuk menilai kualitas atau tingkat suatu variabel dalam sistem [22]. Terdapat tiga tingkat klasifikasi seperti yang terdapat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Keterangan Klasifikasi

Keterangan	Klasifikasi
3	Baik
2	Sedang
1	Kurang

Berikut dalam Tabel 3 berisi data sampel yang digunakan dalam implementasi algoritma KNN. Setiap baris data mencakup informasi tentang nama data sampel, harga, jumlah produk yang disewa, dan klasifikasinya. Data ini digunakan untuk melatih algoritma dalam menentukan klasifikasi berdasarkan karakteristik tertentu seperti harga dan jumlah produk yang disewa.

Tabel 3. Data Sampel

Nama	Harga	Disewa	Klasifikasi
Data Test 1	70	85	3
Data Test 2	65	87	2
Data Test 3	77	88	3
Data Test 4	73	96	3
Data Test 5	7	81	2
Data Test 6	65	92	3
Data Test 7	73	85	3

Nama	Harga	Disewa	Klasifikasi
Data Test 8	7	85	2
Data Test 9	6	75	2
Data Test 10	4	67	1
Data Test 11	500	24	2

Tampilan data mengenai produk yang tersedia untuk disewa dalam sistem memiliki nama, nilai harga, jumlah produk yang disewa, dan klasifikasi yang ditetapkan berdasarkan nilai yang ada seperti yang terdapat dalam Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Data Persewaan

Nama Produk	Harga	Disewa	Klasifikasi
Tenda	50	0	3
Kompor	10	0	2
Sleeping Bag	10	0	2
Tas Carrier	25	2	2
Lampu Tenda	50	0	3
Pasak	1	10	2
Tenda Arei	12	0	2
Kompor Gas	12	0	2
Tenda Tnf	350	0	3

Untuk melakukan perhitungan menggunakan Algoritma K-NN dimulai dengan menentukan Nilai K yang dalam kasus ini menggunakan K=3. Hal ini berarti akan dipertimbangkan tiga tetangga terdekat untuk menentukan klasifikasi dari produk baru. Kemudian menghitung jarak *Euclidean* antar setiap produk baru dan data test yang ada. Jarak *Euclidean* dihitung dengan rumus [23]:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Dimana x_1 dan x_2 adalah nilai harga sedangkan y_1 dan y_2 adalah jumlah produk yang disewa. Salah satunya adalah perhitungan untuk produk baru Tenda dengan nilai harga 50 dan jumlah disewa 0 maka proses menghitung jarak *Euclidean* antara Tenda dan setiap *data test* adalah sebagai berikut.

$$dTenda, Data Test1 = \sqrt{(70 - 50)^2 + (85 - 0)^2} = \sqrt{400 + 7225} = \sqrt{7625} = 87.34$$

$$dTenda, Data Test2 = \sqrt{(65 - 50)^2 + (87 - 0)^2} = \sqrt{225 + 7569} = \sqrt{7794} = 88.29$$

$$dTenda, Data Test3 = \sqrt{(77 - 50)^2 + (88 - 0)^2} = \sqrt{729 + 7744} = \sqrt{8473} = 92.05$$

$$dTenda, Data Test4 = \sqrt{(73 - 50)^2 + (96 - 0)^2} = \sqrt{529 + 9216} = \sqrt{9745} = 98.71$$

$$dTenda, Data Test5 = \sqrt{(7 - 50)^2 + (81 - 0)^2} = \sqrt{1849 + 6561} = \sqrt{8410} = 91.69$$

$$dTenda, Data Test6 = \sqrt{(65 - 50)^2 + (92 - 0)^2} = \sqrt{225 + 8464} = \sqrt{8689} = 93.22$$

$$dTenda, Data Test7 = \sqrt{(73 - 50)^2 + (85 - 0)^2} = \sqrt{529 + 7225} = \sqrt{7754} = 88.06$$

$$dTenda, Data Test8 = \sqrt{(7 - 50)^2 + (85 - 0)^2} = \sqrt{1849 + 7225} = \sqrt{9074} = 95.26$$

$$dTenda, Data Test9 = \sqrt{(6 - 50)^2 + (75 - 0)^2} = \sqrt{1936 + 5625} = \sqrt{7561} = 86.96$$

$$dTenda, Data Test10 = \sqrt{(4 - 50)^2 + (67 - 0)^2} = \sqrt{2116 + 4489} = \sqrt{6605} = 81.28$$

$$dTenda, Data Test11 = \sqrt{(500 - 50)^2 + (24 - 0)^2} = \sqrt{202500 + 576} = \sqrt{203076} = 450.64$$

Dari hasil perhitungan di atas maka dapat ditentukan 3 tetangga terdekat untuk produk Tenda yaitu *Data Test 10* dengan jarak 81.28 (Klasifikasi 1 - Kurang), *Data Test 9* dengan jarak 86.96 (Klasifikasi 2 - Sedang), dan *Data Test 1* dengan jarak 87.34 (Klasifikasi 3 - Baik). Dari ketiga tetangga terdekat maka dapat ditentukan *voting* klasifikasi akhir yang masing-masing adalah *Data Test 10*: Klasifikasi 1 (Kurang), *Data Test 9*: Klasifikasi 2 (Sedang), dan *Data Test 1*: Klasifikasi 3 (Baik). Klasifikasi dilakukan berdasarkan mayoritas yaitu setiap tetangga memiliki klasifikasi yang berbeda (Kurang, Sedang, Baik) sehingga hasil akhirnya tergantung pada kebijakan sistem atau menggunakan klasifikasi dengan prioritas tertentu.

Klasifikasi dilakukan berdasarkan mayoritas. Dalam hal ini setiap tetangga memiliki klasifikasi yang berbeda (Kurang, Sedang, Baik), sehingga hasil akhirnya tergantung pada kebijakan sistem atau menggunakan klasifikasi dengan prioritas tertentu. Dengan tidak adanya mayoritas yang jelas maka klasifikasi untuk produk Tenda dapat disesuaikan dengan prioritas atau preferensi sistem. Dalam hal ini sistem dapat mengklasifikasikan Tenda sebagai Sedang (Klasifikasi 2) jika memilih hasil yang berada di tengah dari skala klasifikasi. Langkah yang sama dilakukan untuk produk lainnya seperti Kompor, *Sleeping Bag*, dan seterusnya dengan menghitung jarak *Euclidean* untuk setiap produk terhadap *data test* kemudian menentukan 3 tetangga terdekat dan melakukan *voting* untuk klasifikasi akhir.

3.3. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan agar sistem yang akan diimplementasikan berjalan dengan baik sebelum sistem diterapkan secara penuh dalam operasional

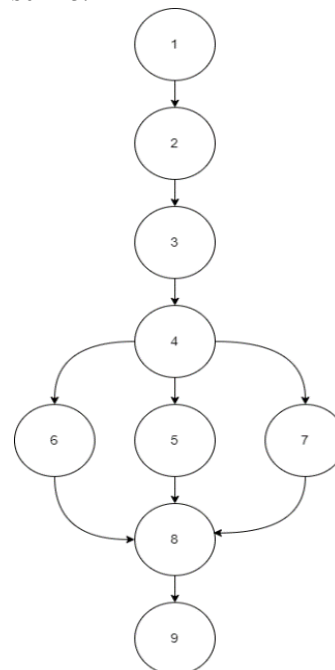
sehari-hari Aygadventure. Pengujian *White Box* dilakukan untuk menguji detail perancangan yang dibuat dengan meneliti kode-kode program yang ada dan menganalisa apakah terdapat kesalahan atau tidak dalam pengkodean [24]. Hasil pengujian tersebut terdapat dalam tabel 5.

Tabel 5. Pengujian Pengkodean Sistem

Node	Script	Penjelasan Code
1	include '../koneksi.PHP'; \$kvall = \$_POST['k_vall']; \$query_k_del = "TRUNCATE TABLE nilai_k"; MySQLi_query(\$koneksi, \$query_k_del); \$query_k = "INSERT into nilai_k (k)VALUES ('\$kvall')"; MySQLi_query(\$koneksi, \$query_k);	Inisialisasi Database
2	for(\$i=0;\$i<\$banyak_data2;\$i++){for(\$j=0;\$j<\$banyak_data;\$j++){ \$isi=0; for(\$z = 2; \$z<\$jmlh_kolom-3;\$z++){ \$data_train = MySQLi_result(\$result_data,\$j,\$z); \$data_test = MySQLi_result(\$result_data2,\$i,\$z); \$isi=\$isi+pow(\$data_train-\$data_test,2);} \${'eu'.'.si'}[\$j]=sqrt(\$isi); }}	Menghitung Jarak Euclidean
3	for(\$i=0;\$i<\$banyak_data2;\$i++){ asort(\${'eu'.'.si'}); foreach(\${'eu'.'.si'} as \$x => \$x_value) { \${'keys'.'.si'}[\$i] = \$x ; \${'val'.'.si'}[\$i] = \$x_value; }}	Sorting Data Euclidean
4	for(\$k=0;\$k<\$banyak_data2;\$k++){ for(\$l=0;\$l<\$kvall;\$l++){ if(\${'klasifikasi'.'.si'}[\$l] == \$kelas1) { \$counterClass1++; } else if(\${'klasifikasi'.'.si'}[\$l] == \$kelas2) { \$counterClass2++; } else { \$counterClass3++; }	Klasifikasi Berdasarkan Nilai k Terdekat

Node	Script	Penjelasan Code
5	if(\$counterClass1>\$counterClass2 && \$counterClass1>\$counterClass3) {	Klasifikasi Kelas 1
6	else if(\$counterClass2>\$counterClass1 && \$counterClass2>\$counterClass3) {	Klasifikasi Kelas 2
7	else if(\$counterClass3>\$counterClass1 && \$counterClass3>\$counterClass2) {	Klasifikasi Kelas 3
8	"insert into temp (klasifikasi) values ('\$kelas')"	Menyimpan Hasil
9	\$counterClass1=0; \$counterClass2=0; \$counterClass3=0;	Inisiasi Penghitung

Selanjutnya dilakukan penggambaran dari alur script, berikut merupakan gambaran *flow diagram* dari script diatas seperti yang terdapat dalam gambar 15.



Gambar 15. Basic Path

Perhitungan metrik *Complexity Cyclometric* dilakukan sebagai berikut. $V(G)=E-N+2$, $V(G)=10-9+2$, $V(G)=3$ dengan $V(G)$ adalah *Cyclomatic Complexity* untuk *flow graph* G , E adalah panah (*edge*), dan N adalah lingkaran (*node*). Dari hasil perhitungan *Cyclomatic Complexity* terdapat 3

independent Path yang diperoleh yaitu Path 1: 1,2,3,4,5,8,9, Path 2: 1,2,3,4,6,8,9, dan Path 3: 1,2,3,4,7,8,9.

Value Test dilakukan sebagai pengujian *independent path*. Tabel 6 menunjukkan hasil pengujian *Value Test* yang merupakan bagian dari pengujian *independent path*. Pengujian ini bertujuan untuk memvalidasi jalur eksekusi yang berbeda dalam sistem berdasarkan klasifikasi data yang diberikan. Setiap jalur atau *path* diuji dengan *input* tertentu dan diharapkan menghasilkan *output* yang sesuai dengan kondisi klasifikasi data.

Tabel 6. *Value Test*

<i>Path</i>	<i>Input</i>	<i>Output</i>	<i>Ket</i>
1,2,3,4,5,8,9	Menyimpan data Jika diklasifikasi sebagai kelas 1	Berhasil menyimpan data Jika diklasifikasi sebagai kelas 1	Berhasil
1,2,3,4,6,8,9	Menyimpan data Jika diklasifikasi sebagai kelas 2	Berhasil menyimpan data Jika diklasifikasi sebagai kelas 2	Berhasil
1,2,3,4,7,8,9	Menyimpan data Jika diklasifikasi sebagai kelas 3	Berhasil menyimpan data Jika diklasifikasi sebagai kelas 3	Berhasil

Berdasarkan pada Tabel 6 hasil pengujian didapatkan hasil = $3/3 \times 100\% = 100\%$ dan Gagal = $0 \times 100\% = 0\%$ sehingga pengujian menggunakan diagram alir menghasilkan nilai *Cyclomatic Complexity flow graph* 3. Diketahui *independent path* bahwa *node* awal dan *node* akhir saling terhubung dan kesemua *edge* dilalui sehingga syarat *Independent Path* dapat diimplementasikan dalam *Value Test* dengan mengganti angka pada jalur pada setiap *Node* yang berarti sistem yang diimplementasikan memenuhi kriteria rekayasa perangkat lunak.

Berikutnya dilakukan pengujian ketahanan sistem menggunakan Apache JMeter dengan jumlah pengguna bervariasi antara 10, 20, dan 30 pengguna dalam waktu yang sama [25]. Hasil pengujian tersebut terdapat dalam Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Tabel Hasil Pengujian Ketahanan Sistem

Jumlah Pengguna	Waktu Respon Rata-rata (ms)	Jumlah Permin-taan Berhasil (%)	Error Rate (%)	Throughput	Waktu Total Pengujian
10	300	100	0	20	1 menit
20	450	98	2	35	1,5 menit
30	600	95	5	50	2 menit

Dari hasil pengujian didapatkan hasil bahwa sistem mulai mengalami kendala apabila diakses 30 user secara bersama pada detik yang sama dan menu yang sama terbukti dengan *Error Rate* dan waktu respon yang paling besar dari pengujian dengan jumlah pengguna yang lebih sedikit. Untuk mendukung lebih dari 20 pengguna secara bersamaan akan lebih baik apabila dilakukan optimasi seperti *load balancing*, *caching*, atau peningkatan infrastruktur pada *server*.

Pengujian lain dilakukan terhadap sistem informasi persewaan alat *camping* beserta sistem rekomendasi berbasis website menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* (K-NN) adalah *Black Box Testing* yang menguji seluruh fungsi dan fitur didalam sistem [26]. Hasil pengujian ini terdapat pada Tabel 8 dibawah ini.

Tabel 8. Hasil Uji *Black Box*

No	Fitur Diuji	Deskripsi Uji	Hasil
1	Pencarian Produk	Memastikan fungsi pencarian produk.	Valid
2	Penyewaan Alat	Memastikan pelanggan dapat menyewa alat dengan lancar.	Valid
3	Konfirmasi Pembayaran	Memastikan pelanggan dapat mengonfirmasi pembayaran setelah menyewa alat.	Valid
4	Menampilkan Riwayat Penyewaan	Memastikan pelanggan dapat melihat riwayat penyewaan mereka.	Valid

No	Fitur Diuji	Deskripsi Uji	Hasil
5	Tambah Produk	Memastikan <i>admin</i> dapat menambah produk baru ke dalam sistem.	<i>Valid</i>
6	Konfirmasi Pembayaran	Memastikan <i>admin</i> dapat mengonfirmasi pembayaran yang dilakukan.	<i>Valid</i>
7	Menampilkan Rekomendasi	Memastikan sistem rekomendasi dengan algoritma K-NN berjalan dengan baik	<i>Valid</i>

Berdasarkan hasil pengujian *Black Box* yang dilakukan didapatkan bahwa semua fitur diuji dengan kondisi valid dan berhasil memenuhi ekspektasi. Semua fitur yang diuji dan menghasilkan tingkat validitas mencapai 100%. Dapat disimpulkan bahwa sistem telah berfungsi dengan baik dalam semua aspek yang diuji.

Pengujian terakhir adalah *User Acceptance Testing* (UAT) yang dilakukan terhadap 30 orang karyawan dan pelanggan Aygadventure. Hal ini dilakukan untuk mengevaluasi tingkat kepuasan pengguna sistem terhadap berbagai aspek dari sistem yang dikembangkan. Setiap aspek yang diuji dilengkapi dengan pertanyaan spesifik untuk mendapatkan umpan balik dari pengguna [27]. Pengguna diminta untuk memberikan jawaban dengan skala *likert* mulai dari "Sangat Setuju" hingga "Tidak Setuju", yang mencerminkan tingkat kepuasan terhadap aspek-aspek yang diuji. Hal ini terdapat di dalam Tabel 9 dibawah ini.

Tabel 9. Hasil Uji UAT

No	Aspek yang Diuji	Pertanyaan Pengujian	Responden		
			1	2	3
1	Tampilan (UI/UX)	Apakah Anda puas dengan tampilan antarmuka pengguna?	4	5	3
2	Kegunaan (<i>Usability</i>)	Apakah fitur-fitur pada sistem ini	5	4	4

No	Aspek yang Diuji	Pertanyaan Pengujian	Responden		
			1	2	3
		mudah digunakan?			
3	Kecepatan Akses	Apakah Anda merasa puas dengan kecepatan akses sistem?	4	4	5
4	Manfaat (<i>Effectiveness</i>)	Apakah sistem ini memberikan manfaat yang signifikan dalam aktivitas penyewaan Anda?	5	3	4
5	Konsistensi Tampilan	Apakah konsistensi tampilan antar halaman sudah sesuai dengan harapan Anda?	3	4	3
6	Kegunaan Formulir	Apakah formulir yang ada mudah diisi dan dipahami?	5	5	4
7	Kebermanfaatan Riwayat	Apakah fitur riwayat transaksi membantu Anda dalam mengelola penyewaan?	4	5	4
8	Tampilan Responsif	Apakah tampilan sistem	5	4	3

No	Aspek yang Diuji	Pertanyaan Pengujian	Responden		
			1	2	3
		tetap baik dan fungsional di berbagai perangkat (<i>desktop, tablet, smartphone</i>) ?			
9	Navigasi	Apakah Anda merasa mudah menavigasi sistem dan menemukan fitur atau informasi yang Anda butuhkan?	4	5	4
10	Integrasi Fungsi	Apakah Anda merasa fitur-fitur dalam sistem terintegrasi dengan baik dan memberikan pengalaman yang lancar?	4	4	5

Secara keseluruhan hasil pengujian UAT menunjukkan tingkat kepuasan pengguna yang baik dengan rata-rata kepuasan sebesar 83.30%. Area yang membutuhkan peningkatan lebih lanjut adalah konsistensi tampilan dan responsivitas sistem pada berbagai perangkat. Implementasi perbaikan di area ini diharapkan dapat meningkatkan pengalaman pengguna dan mencapai kepuasan yang lebih tinggi di masa mendatang.

KESIMPULAN

Sistem rekomendasi berbasis website menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN) telah berhasil dirancang dan diimplementasikan untuk Aygadventure. Sistem ini dirancang untuk mengatasi berbagai kendala yang sebelumnya dihadapi usaha ini seperti pencatatan manual yang tidak efisien, antrian yang menyebabkan kekecewaan pelanggan, dan kesalahan dalam pengelolaan data. Hasil pengujian User Acceptance Test (UAT) yang dilakukan dengan 30 responden didapatkan hasil rata-rata kepuasan pengguna mencapai 83.30% responden menyatakan bahwa sistem mudah digunakan dan fitur dalam sistem membantu dalam pengelolaan persewaan alat camping. Dari pengujian White Box diperoleh hasil Value Test yaitu tercapai $\frac{3}{3} \times 100\% = 100\%$ dan gagal $0 \times 100\% = 0\%$. Pengujian fungsional menggunakan Black Box mendapatkan hasil 100% berhasil serta pengujian ketahanan sistem dengan 30 pengguna mencerminkan kinerja sistem yang memadai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami haturkan kepada Universitas Semarang dan Universitas Sains dan Teknologi Komputer atas dukungan pada kolaborasi penelitian ini.

REFERENSI

- [1] E. Syahputra, S. Hutasuhtut, and Hasyim, "The Development of the Digital Economy in the Millennial Generation," in *International Seminar on Islamic Studies (INSIS 6)*, Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, 2024, pp. 1077–1085.
- [2] T. A. Berutu, D. L. R. Sigalingging, G. K. V. Simanjuntak, and F. Siburian, "Pengaruh Teknologi Digital terhadap Perkembangan Bisnis Modern," *Neptunus J. Ilmu Komput. Dan Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 3, pp. 358–370, 2024, doi: 10.61132/neptunus.v2i3.258.
- [3] Yolveri and B. Emely, "Strategi Pengembangan Aktivitas Hiking, Camping, Bersampan Di Kawasan Ikan Banyak, Nagari Pandam Gadang, Kabupaten Lima Puluh Kota," *Menara Ilmu*, vol. XVI, no. 1, pp. 127–134, 2022.
- [4] L. Rahmawati, D. D. Rahayu, H. Nivanty, and W. Lutfiah, "Fintech Syariah: Manfaat Dan Problematika Penerapan Pada UMKM," *J. Masharif al-Syariah J. Ekon. dan Perbank.*

- Syariah*, vol. 5, no. 1, pp. 75–90, 2020.
- [5] E. Najwaini, T. E. Tarigan, F. P. Putra, and Sulistyowati, "Application of the K-Nearest Neighbors (KNN) Algorithm on the Brain Tumor Dataset," *Int. J. Artif. Intell. Med. Issues*, vol. 1, no. 1, pp. 18–26, 2023, doi: 10.56705/ijaimi.v1i1.85.
- [6] H. A. D. Fasnuari, H. Yuana, and M. T. Chulkamdi, "Penerapan Algoritma K-Nearest Neighbor untuk Klasifikasi Penyakit Diabetes Melitus," *Antivirus J. Ilm. Tek. Inform.*, vol. 16, no. 2, pp. 133–142, 2022, doi: 10.35457/antivirus.v16i2.2445.
- [7] U. Nijunniyah, S. S. Hilabi, F. Nurapriani, and E. Novalia, "Implementasi Algoritma K-Nearest Neighbor untuk Prediksi Penjualan Alat Kesehatan pada Media Alkes," *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 4, no. 2, pp. 695–701, 2024, doi: 10.57152/malcom.v4i2.1326.
- [8] A. Sumiah and N. Mirantika, "Perbandingan Metode K-Nearest Neighbor dan Naive Bayes untuk Rekomendasi Penentuan Mahasiswa Penerima Beasiswa pada Universitas Kuningan," *Buffer Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–10, 2020.
- [9] F. Rizal and N. Nadiyah, "Perbandingan Algoritma K-Nearest Neighbor untuk Klasifikasi Jenis Mangga Menggunakan Berdasarkan Fitur Gray Level Co-Occurrence Matric dan Fitur Warna," *COREAI J. Kecerdasan Buatan, Komputasi dan Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 2, pp. 1–10, 2022, doi: 10.33650/coreai.v2i2.3099.
- [10] G. D. M. Zulma, Angelika, and N. Chamidah, "Perbandingan Metode Klasifikasi Naive Bayes, Decision Tree dan K-Nearest Neighbor pada Data Log Firewall," in *Seminar Nasional Mahasiswa Ilmu Komputer dan Aplikasinya (SENAMIKA)*, A. Zaidiah, Ed., Jakarta: Fakultas Ilmu Komputer Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, 2021, pp. 679–688. [Online]. Available: <https://conference.upnvj.ac.id/index.php/senamika/article/view/1396>
- [11] R. S. A. Daulay, "Analisis Kritis dan Pengembangan Algoritma K-Nearest Neighbor (KNN): Sebuah Tinjauan Literatur," *J. Pendidik. Sains dan Komput.*, vol. 4, no. 2, pp. 131–141, 2024, doi: 10.47709/jpsk.v4i02.5055.
- [12] G. E. A. Kustanto and H. P. Chernovita, "Perancangan Sistem Informasi Manajemen Berbasis Web Studi Kasus: PT Unicorn Intertranz," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 4, pp. 719–728, 2021, doi: 10.25126/jtiik.2021844849.
- [13] S. A. Asri, I. N. G. A. Astawa, I. G. A. M. Sunaya, K. A. Yasa, I. N. E. Indrayana, and W. Setiawan, "Implementation of Prototyping Method on Smart Village Application," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1569, no. 3, pp. 1–6, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1569/3/032094.
- [14] R. S. Pressman and B. R. Maxim, *Software Engineering: A Practioner's Approach*, 9th ed. New York: McGraw Hill, 2020.
- [15] S. Kamal, Y. Mardi, and R. Sakila, "Perancangan Prototype Sistem Informasi Rawat Jalan pada RSUD Aisyah Padang Tahun 2022," *J. Ilm. Perekam dan Inf. Kesehat. Imelda*, vol. 8, no. 1, pp. 28–38, 2023, doi: 10.52943/jipiki.v8i1.1179.
- [16] Lasminiasih, G. E. Saputra, R. B. Utomo, and E. Wiseno, "Using Prototyping Method for Analysis and Design of Information System for Student Registration in Sekolah Master," *Int. J. Sci. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 19–29, 2022, doi: 10.56127/ijst.v1i2.140.
- [17] D. J. C. Sihombing, "Exploring Prototype Methodology in Land Information System Development: Design and Evaluation of an Application," *J. Info Sains Inform. dan Sains*, vol. 14, no. 01, pp. 594–604, 2024, doi: 10.54209/infosains.v14i01.
- [18] S. Narulita, A. Nugroho, and M. Z. Abdillah, "Diagram Unified Modelling Language (UML) untuk Perancangan Sistem Informasi Manajemen Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (SIMLITABMAS)," *Bridg. J. Publ. Sist. Inf. dan Telekomun.*, vol. 2, no. 3, pp. 244–256, 2024, doi: 10.62951/bridge.v2i3.174.
- [19] S. Setiaji and R. Sastra, "Implementasi Diagram UML (Unified Modelling Language) Pada Perancangan Sistem Informasi Penggajian," *J. Tek. Komput. AMIK BSI*, vol. 7, no. 1, pp. 106–111, 2021, doi: 10.31294/jtk.v4i2.
- [20] A. Fu'adi and A. Prianggono, "Analisa dan Perancangan Sistem Informasi Akademik Akademi Komunitas Negeri Pacitan Menggunakan Diagram UML dan EER," *J. Ilm. Teknol. Inf. Asia*, vol. 16, no. 1, pp. 45–54, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.stmikasia.ac.id/index.php/jitik>

a/article/view/650

- [21] S. Gao, "Trend-Based K-Nearest Neighbor Algorithm in Stock Price Prediction," in *The 3rd International Conference on Digital Economy and Computer Application (DECA 2023)*, Shanghai, China: Atlantis Press International BV, 2023, pp. 746–756. doi: 10.2991/978-94-6463-304-7_78.
- [22] R. Nuraeni and S. Surono, "Rough Set Theory for Dimension Reduction on Machine Learning Algorithm," *J. Fourier*, vol. 10, no. 1, pp. 29–37, 2021, doi: 10.14421/fourier.2021.101.29-37.
- [23] M. Danny, A. Muhidin, and A. Jamal, "Application of the K-Nearest Neighbor Machine Learning Algorithm to Predict Sales of Best-Selling Products," *Brill. Res. Artif. Intell.*, vol. 4, no. 1, pp. 255–264, 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.4063.
- [24] I. R. Dhaifullah, M. Muttanifudin H, A. Ananda Salsabila, and M. Ainul Yaqin, "Survei Teknik Pengujian Software," *J. Autom. Comput. Inf. Syst.*, vol. 2, no. 1, pp. 31–38, 2022, doi: 10.47134/jacis.v2i1.42.
- [25] M. F. Aulia and A. Avorizano, "Penerapan Teknologi Single Page Application (SPA) pada Sistem Surat Disposisi Online (Sudion) di Universitas Muhammadiyah Prof Dr Hamka," *J. Tek. Inform. dan Komput.*, vol. 1, no. 1, pp. 19–24, 2022, doi: 10.22236/jutikom.v1i1.8740.
- [26] A. Maspupah, A. Rahmani, J. L. Min, and T. A. Roshinta, "Software Testing in the Indonesian Industry: Survey of Methods, Tools, and Documentation," *Innov. Res. Informatics*, vol. 6, no. 2, pp. 106–117, 2024.
- [27] I. Afrianto, A. Heryandi, A. Finadhita, and S. Atin, "User Acceptance Test For Digital Signature Application In Academic Domain To Support The Covid-19 Work From Home Program," *Int. J. Inf. Syst. Technol. Akreditasi*, vol. 5, no. 3, pp. 270–280, 2021, [Online]. Available: <https://tt-el.my.id/>.