

RANCANG BANGUN SISTEM PENJADWALAN IMUNISASI ANAK MENGGUNAKAN ALGORITMA GREEDY PADA POLINDES DESA GABEL

¹ Dian Anisa Agustina, ² Angga Prasetyo, ³ Jamilah Karaman

^{1,2,3} Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Ponorogo

¹diananisaagustina@gmail.com, ² angga_raspi@umpo.ac.id , ³ milafergie.mf@gmail.com

Abstract - Timely immunization services for children are essential to prevent serious diseases. At Polindes Gabel, immunizations are still carried out collectively once a month, leading to participant congestion. This study designs a web-based immunization scheduling information system using the Waterfall method and the Greedy algorithm, which is implemented as a heuristic optimization technique in Artificial Intelligence (AI). The Greedy algorithm is applied to automatically prioritize immunization schedules based on the ideal age for each vaccine type and the child's age, ensuring a fairer and more efficient time allocation. The results show that the algorithm successfully optimizes scheduling with 5-minute intervals starting at 08:00 AM, placing more urgent immunizations earlier. This approach improves the organization of immunization services at Polindes Gabel. Furthermore, the system integrates AI-based scheduling with automatic WhatsApp notifications, ensuring effective delivery of schedule information to parents. In the future, this system can be enhanced with machine learning to analyze delay patterns and provide more adaptive scheduling recommendations.

Keywords — *Immunization Scheduling System, Greedy Algorithm, Artificial Intelligence, Website, Waterfall*

Abstrak— Pelayanan imunisasi anak yang tepat waktu sangat penting untuk mencegah penyakit berbahaya. Di Polindes Desa Gabel, imunisasi masih dilakukan serentak satu kali setiap bulan sehingga menimbulkan penumpukan peserta. Penelitian ini merancang sistem informasi penjadwalan imunisasi berbasis web dengan metode Waterfall dan algoritma Greedy, yang diterapkan sebagai teknik optimasi heuristik dalam Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence/AI). Algoritma Greedy digunakan untuk memprioritaskan jadwal imunisasi secara otomatis berdasarkan usia ideal tiap jenis imunisasi dan usia anak, sehingga pembagian waktu lebih adil dan efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma ini mampu mengoptimalkan jadwal dengan interval 5 menit mulai pukul 08.00 WIB, menempatkan imunisasi yang lebih mendesak pada waktu lebih awal. Pendekatan ini meningkatkan keteraturan pelayanan imunisasi di Polindes Desa Gabel. Selain itu, sistem mengintegrasikan penjadwalan berbasis AI dengan notifikasi otomatis melalui WhatsApp, sehingga informasi jadwal tersampaikan secara efektif. Ke depan, sistem dapat dikembangkan dengan *machine learning* untuk menganalisis pola keterlambatan dan menghasilkan rekomendasi jadwal yang lebih adaptif.

Kata Kunci— *Sistem Penjadwalan Imunisasi, Algoritma Greedy, Artificial Intelligence, Website, Waterfall*.

I. PENDAHULUAN

Sistem imun merupakan mekanisme pertahanan tubuh yang berfungsi melawan paparan penyakit melalui penolakan virus maupun bakteri yang masuk ke dalam tubuh [1]. Pada bayi baru lahir, sistem imun awal diperoleh dari ibu, namun perlindungan ini tidak bertahan lama sehingga bayi menjadi rentan terhadap berbagai penyakit [2]. Untuk meningkatkan daya tahan tubuh, diperlukan imunisasi [3]. Berdasarkan data Kementerian Kesehatan RI tahun 2015, capaian imunisasi dasar lengkap pada bayi di Indonesia mencapai 86,54%, sedangkan target yang ditetapkan adalah 91% [4].

Selisih capaian tersebut menunjukkan perlunya strategi peningkatan cakupan imunisasi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah pengelolaan jadwal imunisasi yang lebih tertib dan terstruktur. Hasil observasi di Polindes Desa Gabel, Kecamatan Kauman, Kabupaten Ponorogo, menunjukkan bahwa pelayanan imunisasi dilaksanakan terpusat satu kali setiap bulan. Mekanisme ini menimbulkan penumpukan peserta pada satu hari yang sama sehingga pelayanan kurang efisien dan perhatian petugas kepada anak tidak optimal. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan sistem penjadwalan imunisasi yang dapat mengatur pembagian waktu pelayanan secara otomatis, adil, dan terorganisir.

Beberapa penelitian terdahulu telah berkontribusi pada topik serupa. Widodo dkk. mengembangkan sistem informasi penjadwalan imunisasi berbasis SMS Gateway yang mampu mengingatkan orang tua terhadap jadwal imunisasi [5]. Penelitian lain oleh Naufal Fakhri dkk. menerapkan Algoritma Greedy dalam menentukan prioritas pengerjaan tugas kuliah, yang terbukti efektif dalam memilih pekerjaan berdasarkan tenggat waktu dan bobot kesulitan [6]. Dari kajian tersebut dapat diketahui bahwa penerapan teknologi informasi, khususnya metode optimasi, memiliki potensi besar dalam mendukung pelayanan kesehatan.

Selain itu, penelitian oleh Roihan dkk. menunjukkan bahwa penerapan Algoritma Greedy dengan kombinasi perulangan mampu menghasilkan penjadwalan praktikum laboratorium yang lebih efisien dan minim bentrok [7]. Penelitian lain mengenai pengelolaan aset desa juga menerapkan sistem berbasis web dengan optimasi penjadwalan menggunakan pendekatan greedy, yang terbukti meningkatkan akurasi pencatatan dan mempermudah pengelolaan sumber daya [8]. Lebih lanjut, studi terkini mulai mengarah pada penerapan kecerdasan buatan dalam sistem pakar dan chatbot, di mana teknologi machine learning dapat digunakan untuk menganalisis pola keterlambatan serta menyesuaikan notifikasi secara adaptif [9]. Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa kombinasi antara metode optimasi penjadwalan dan penerapan kecerdasan buatan berpotensi memberikan solusi yang lebih efektif, adaptif, dan terstruktur.

Algoritma Greedy merupakan metode optimasi yang bekerja dengan memilih solusi terbaik pada setiap langkah secara lokal dengan harapan memperoleh solusi global yang optimal [6]. Prinsip ini relevan untuk penjadwalan imunisasi, di mana prioritas diberikan pada jenis imunisasi dengan usia pemberian lebih dini serta pada anak dengan usia lebih tua untuk imunisasi sejenis. Dengan demikian, jadwal pelayanan dapat disusun lebih terstruktur dan efisien. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini merancang sistem penjadwalan imunisasi anak berbasis web dengan penerapan Algoritma Greedy di Polindes Desa Gabel. Sistem juga dilengkapi fitur notifikasi otomatis melalui WhatsApp untuk menyampaikan informasi jadwal imunisasi kepada orang tua. Diharapkan hasil penelitian ini dapat mendukung peningkatan kualitas pelayanan imunisasi, mengurangi penumpukan peserta, serta menciptakan proses pelayanan yang lebih efektif dan terorganisir.

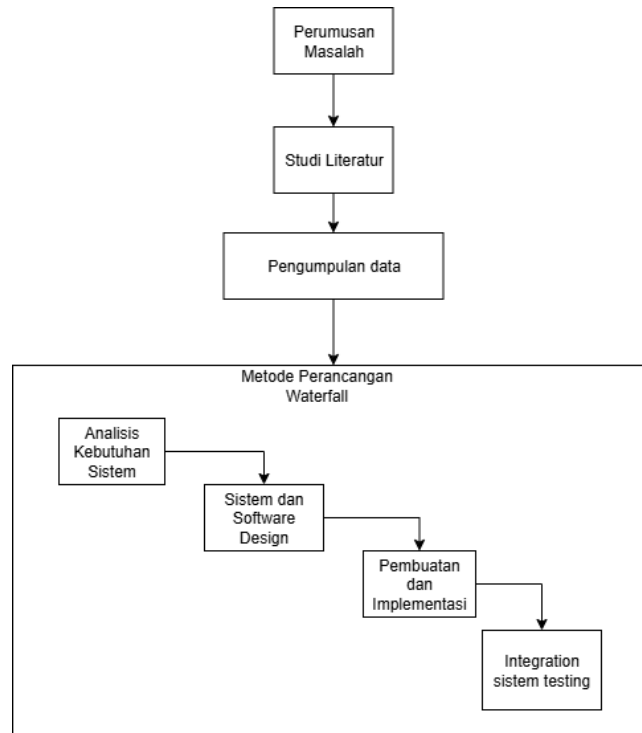
II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Pondok Bersalin Desa (Polindes) di Desa Gabel, Kecamatan Kauman, Kabupaten Ponorogo. Polindes Desa Gabel merupakan salah satu pondok bersalin desa yang berada di bawah naungan Puskesmas Kauman dan Dinas Kesehatan. Polindes Desa Gabel beralamat di Jl. Imam Bonjol RT 02/ RW 01, Gondang, Morosari, Kecamatan Kauman, Kabupaten Ponorogo, Jawa Timur. Polindes Desa Gabel berfungsi sebagai tempat pelayanan kesehatan ibu dan anak (termasuk Keluarga Berencana/KB), pemeriksaan kehamilan, dan pertolongan persalinan.

B. Tahapan Penelitian

Penelitian ini mengadaptasi dari model pengembangan *Waterfall*, yang terdiri dari beberapa tahap: perumusan masalah, studi literatur, pengumpulan data, perancangan sistem menggunakan metode *waterfall* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Berdasarkan wawancara dengan petugas kesehatan, pelaksanaan imunisasi di Polindes Desa Gabel hanya satu kali dalam sebulan dan terpusat pada satu hari pelaksanaan. Pada hari tersebut, seluruh anak di Desa Gabel yang memiliki kewajiban imunisasi diwajibkan hadir untuk mendapatkan pelayanan. Mekanisme pelaksanaan yang dilakukan secara serentak dinilai kurang kondusif karena berpotensi menimbulkan penumpukan peserta. Kondisi ini mengakibatkan pembagian waktu pelayanan kurang merata sehingga petugas kesehatan tidak dapat memberikan perhatian optimal pada setiap anak. Diperlukan sistem penjadwalan imunisasi yang lebih terorganisir.

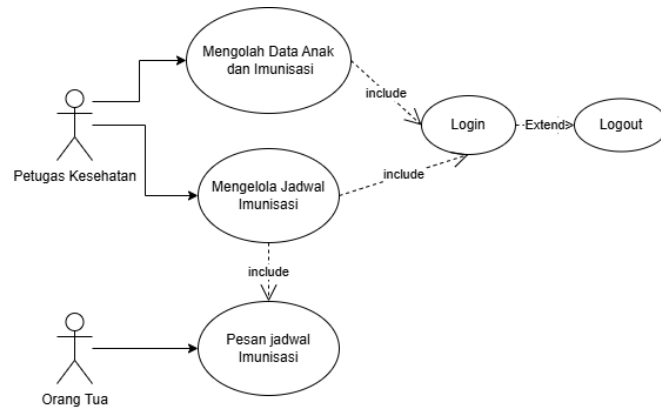
Tinjauan pustaka dilakukan untuk menelusuri landasan teori yang berkaitan dengan sistem penjadwalan berbasis web dan algoritma penjadwalan. Referensi diperoleh dari jurnal akademik, buku, dan karya ilmiah terkait sistem informasi kesehatan dan otomatisasi di bidang kesehatan. Tinjauan ini membantu mengidentifikasi celah penelitian yang ada dan memilih pendekatan yang paling tepat untuk pengembangan sistem.

Data diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara dengan petugas kesehatan di Polindes Desa Gabel. Observasi difokuskan pada alur kerja operasional imunisasi, sedangkan wawancara menggali tantangan dalam pengelolaan jadwal. Data yang dikumpulkan mencakup profil anak, jenis imunisasi, dan pola penjadwalan sebelumnya.

Proses pengembangan mengadaptasi metode Waterfall, yang meliputi tahap analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi, pengujian, dan pemeliharaan. Arsitektur sistem divisualisasikan menggunakan DFD, ERD, Use Case Diagram, dan Class Diagram. Pengembangan menggunakan PHP dan Visual Studio Code, sedangkan perilaku sistem divalidasi menggunakan white-box testing untuk menilai logika internalnya.

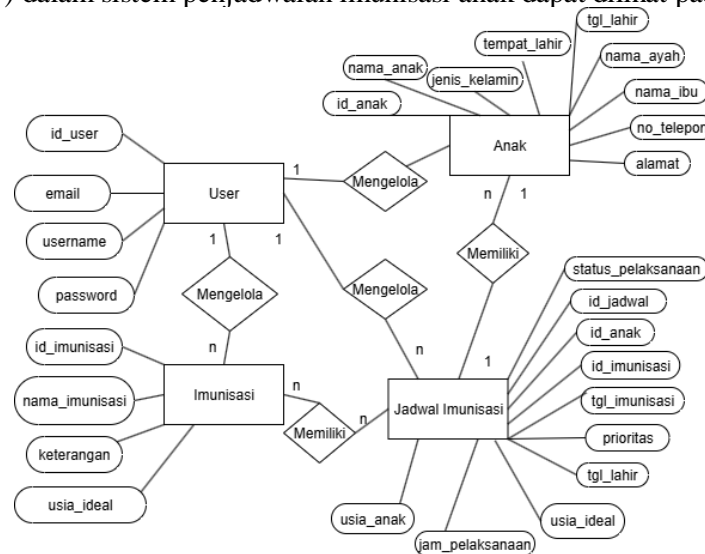
C. Perancangan Sistem

Berikut merupakan perancangan sistem untuk membangun sebuah perangkat lunak. Pada tahap ini, Use case diagram digunakan untuk menggambarkan interaksi antara aktor dengan sistem. Diagram ini menunjukkan berbagai fungsi utama yang dapat dilakukan oleh pengguna sistem. Setiap fungsi direpresentasikan dalam bentuk use case yang saling berhubungan, sehingga memberikan gambaran umum mengenai perilaku sistem dari perspektif pengguna. Berikut ini adalah Use Case dari perancangan sistem penjadwalan imunisasi anak dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Use Case Sistem Penjadwalan Imunisasi Anak

Pada Gambar 2, terlihat visualisasi hubungan antara pengguna dan sistem. Sistem ini melibatkan dua entitas utama: petugas kesehatan dan orang tua. Petugas kesehatan mengakses sistem melalui antarmuka *website*, sedangkan orang tua menerima informasi melalui *platform* lain tanpa menggunakan website. Petugas kesehatan dapat melakukan login ke dalam sistem dan mengelola data anak, data imunisasi, serta jadwal imunisasi anak. Sementara itu, orang tua menerima notifikasi jadwal imunisasi melalui layanan *Chatbot WhatsApp*. Bagian Selanjutnya yaitu *Entity Relationship Diagram (ERD)* dalam sistem penjadwalan imunisasi anak dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. ERD Sistem Penjadwalan Imunisasi Anak

Gambar 3 merupakan *Entity-Relationship Diagram (ERD)* yang menggambarkan sistem penjadwalan imunisasi anak. Diagram ini memiliki empat entitas utama, yaitu Anak, User, Imunisasi, dan Jadwal Imunisasi, yang saling berhubungan melalui relasi.

Relasi "Memiliki" menunjukkan bahwa satu anak dapat memiliki satu jadwal imunisasi, sementara relasi "Mengelola" menghubungkan user dengan anak, imunisasi, dan jadwal imunisasi yang dapat dikelola. Setiap entitas memiliki atribut unik yang menyimpan data spesifik yang mendukung pengelolaan data secara terstruktur.

D. Algoritma Greedy

Proses pembangunan sistem menggunakan Algoritma Greedy untuk menentukan prioritas pembagian jadwal imunisasi anak di Polindes Gabel dengan mempertimbangkan urutan prioritas imunisasi berdasarkan usia ideal sesuai ketentuan pada Buku Kesehatan Ibu dan Anak (KIA). Imunisasi dengan usia target lebih dini akan diprioritaskan lebih tinggi. Jika terdapat beberapa anak yang memiliki jenis imunisasi sama, maka prioritas berikutnya ditentukan berdasarkan usia anak, di mana anak yang lebih tua memperoleh jadwal lebih awal.

Proses penjadwalan dilakukan dengan langkah berikut:

1. Mengelompokkan data anak berdasarkan jenis imunisasi.
2. Mengurutkan kelompok sesuai usia ideal imunisasi .
3. Mengurutkan kembali dalam kelompok berdasarkan usia anak.

. Urutan akhir digunakan untuk menentukan pembagian jam pelaksanaan imunisasi secara otomatis, sehingga anak dengan usia target imunisasi lebih dini dan usia lebih mendekati/melewati usia ideal akan mendapatkan jadwal lebih awal. Pendekatan ini membantu petugas mengelola jadwal imunisasi secara efisien dan terstruktur.

Aturan perhitungan prioritas:

a. Usia Ideal Imunisasi

Jenis imunisasi dengan usia ideal lebih awal diprioritaskan. Berikut merupakan jenis imunisasi dengan usia ideal dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Usia Ideal Imunisasi

No	Jenis Imunisasi	Usia Ideal
1	Polio 1	1 Bulan
2	DPT-HB-Hib 1	2 Bulan
3	Polio 2	2 Bulan
4	DPT-HB- Hib 2	3 Bulan
5	Polio 3	3 Bulan
6	DPT-HB- Hib 3	4 Bulan
7	Polio 4	4 Bulan
8	IPV 1	4 Bulan
9	IPV 2	9 Bulan

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa imunisasi dasar seperti Polio dan DPT-HB-Hib diberikan secara bertahap sejak usia 1 bulan hingga 4 bulan, dengan tambahan IPV pada usia 4 dan 9 bulan. Urutan ini digunakan sebagai acuan algoritma Greedy dalam sistem, sehingga imunisasi yang lebih mendesak akan dijadwalkan lebih awal dibandingkan dengan imunisasi yang dapat ditunda.

b. Usia Anak

- 1) Jika ada lebih dari satu anak dengan jenis imunisasi yang sama, maka diurutkan berdasarkan usia anak.
- 2) Anak yang lebih tua mendapat prioritas lebih tinggi.

Penjadwalan Jam Pelaksanaan Imunisasi

Penentuan waktu pelaksanaan imunisasi dilakukan secara sistematis dengan mempertimbangkan urutan prioritas anak yang telah ditetapkan sebelumnya. Kegiatan imunisasi dimulai pada pukul 08:00 WIB sebagai jam awal pelaksanaan. Setiap anak dijadwalkan dengan interval waktu 5 menit untuk memastikan proses berjalan tertib dan menghindari penumpukan peserta.

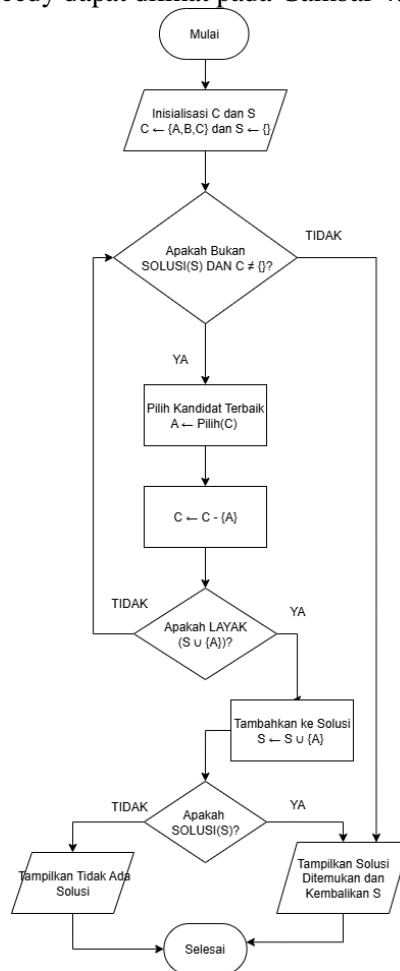
Pembagian waktu dilakukan secara berurutan berdasarkan urutan prioritas. Anak dengan prioritas tertinggi akan mendapatkan jadwal pada jam mulai, sedangkan anak berikutnya akan memperoleh jadwal dengan menambahkan interval waktu sesuai urutannya.

Perhitungan waktu pelaksanaan dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$jam_pelaksanaan = jam_mulai + (urutan - 1) \times interval \tag{1}$$

Dengan formula tersebut, apabila seorang anak berada pada urutan pertama, maka jadwalnya adalah pukul 08:00 WIB. Anak pada urutan kedua akan dijadwalkan pukul 08:15 WIB, urutan ketiga pada pukul 08:30 WIB, dan seterusnya hingga seluruh anak memperoleh waktu pelaksanaan imunisasi masing-masing.

Berikut merupakan Proses Algoritma Greedy dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses Algoritma Greedy

Flowchart pada Gambar 4 menggambarkan tahapan kerja Algoritma Greedy dalam membentuk solusi penjadwalan imunisasi. Proses diawali dengan inisialisasi himpunan kandidat CCC (daftar imunisasi/anak yang akan dijadwalkan) dan solusi sementara SSS yang masih kosong. Selama solusi akhir belum terpenuhi dan kandidat masih tersedia, sistem akan memilih kandidat terbaik berdasarkan kriteria tertentu, misalnya usia ideal imunisasi paling dini atau anak dengan prioritas tertinggi. Kandidat tersebut kemudian dihapus dari daftar dan diperiksa kelayakannya. Apabila layak (tidak terjadi bentrok jadwal maupun pelanggaran aturan imunisasi), kandidat ditambahkan ke dalam solusi. Proses ini berulang hingga seluruh jadwal terbentuk atau kandidat habis. Jika solusi lengkap diperoleh, sistem menampilkan hasil penjadwalan, sedangkan jika tidak ada kombinasi yang layak maka sistem menampilkan pesan “tidak ada solusi”. Metode ini memastikan anak dengan kebutuhan imunisasi lebih mendesak mendapat prioritas lebih dahulu, sehingga pelayanan lebih terorganisir dan optimal.

E. Pengujian Sistem

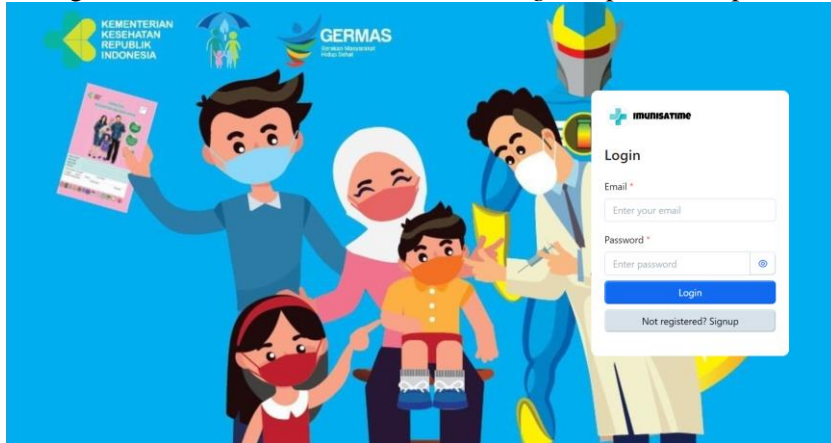
Pengujian aplikasi dilakukan menggunakan metode white-box testing dengan mengevaluasi struktur internal kode melalui pembuatan grafik alur, perhitungan kompleksitas siklomatik, identifikasi jalur independen, dan pengembangan kasus uji. Fitur login memiliki 4 jalur uji dengan kompleksitas 4, meliputi login berhasil, password salah, email tidak ditemukan, dan form tidak dikirim. Fitur registrasi diuji melalui 3 jalur dengan kompleksitas 3, mencakup registrasi berhasil, email sudah terdaftar, dan form tidak dikirim. Operasi CRUD data anak memiliki 8 jalur uji dengan kompleksitas 4 untuk tiap operasi (create, read, update, delete), mencakup validasi input, kondisi gagal simpan/hapus, dan pengambilan data.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas hasil implementasi sistem penjadwalan imunisasi yang meliputi user interface, proses kerja, dan analisis fungsionalitas fitur sesuai kebutuhan pengguna. Hasil implementasi mencakup halaman utama seperti login, input data anak dan imunisasi, penjadwalan menggunakan algoritma greedy, serta pengiriman pesan melalui WhatsApp. Setiap tampilan dijelaskan fungsinya dengan fokus pada relevansi dan efektivitas sistem dalam mendukung imunisasi di Polindes Desa Gabel.

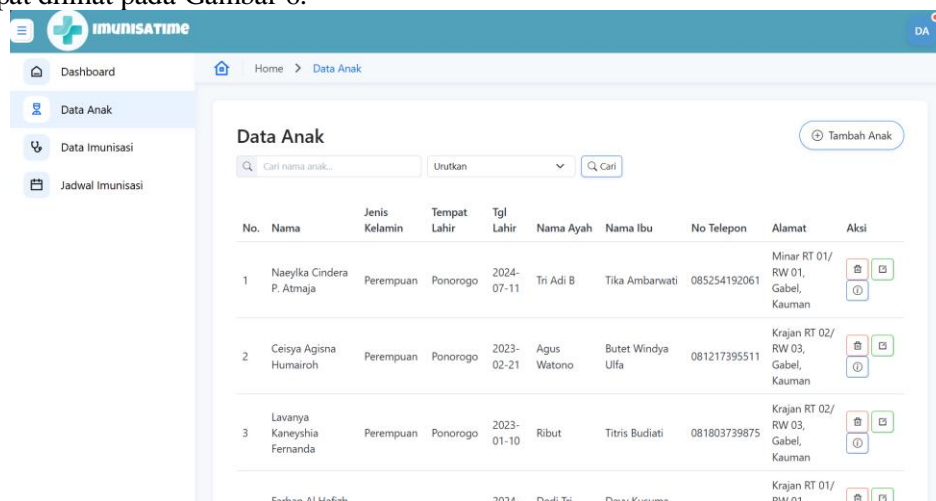
A. Antarmuka Sistem

Implementasi antar muka sistem penjadwalan imunisasi anak mencakup beberapa layar utama yang dirancang untuk memudahkan tenaga kesehatan dalam mengelola data dan jadwal imunisasi. Halaman *login* dan registrasi memungkinkan pengguna mengakses sistem secara aman. Halaman *login* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 1. Halaman Login

Gambar 5 menunjukkan tampilan antarmuka (user interface) halaman *login* pada sistem penjadwalan imunisasi berbasis web. Pada bagian kanan terdapat *form login* yang berisi kolom *Email* dan *Password* untuk autentikasi pengguna, serta tombol *Login* dan opsi *Signup* bagi pengguna baru. Setelah berhasil *login*, pengguna diarahkan ke halaman *dashboard* yang menampilkan ringkasan data anak, imunisasi, dan jadwal. Halaman data anak dan imunisasi mendukung operasi CRUD (Create, Read, Update, Delete) secara langsung. Berikut merupakan Halaman data anak dapat dilihat pada Gambar 6.



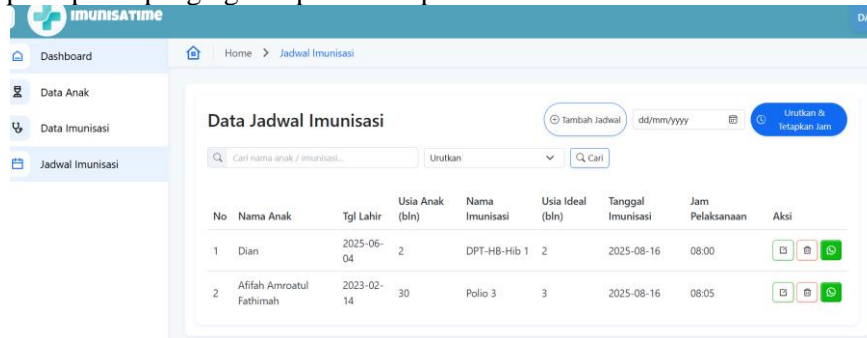
Gambar 2. Halaman Data Anak

Gambar 6 memperlihatkan tampilan halaman Data Anak pada sistem penjadwalan imunisasi berbasis web. Halaman ini berfungsi untuk menampilkan daftar anak yang terdaftar sebagai peserta imunisasi, lengkap dengan

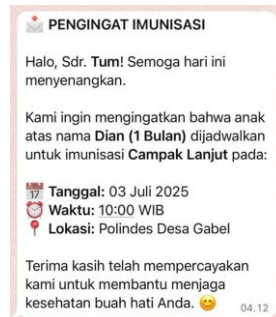
informasi identitas meliputi: nama, jenis kelamin, tempat dan tanggal lahir, nama ayah, nama ibu, nomor telepon, serta alamat.

Pada bagian kanan tabel terdapat kolom *Aksi* yang memungkinkan petugas untuk mengedit, menghapus, atau meninjau data anak secara detail. Sistem juga menyediakan fitur pencarian (*search*) dan pengurutan (*sorting*) untuk memudahkan pengguna dalam menemukan data anak tertentu. Selain itu, terdapat tombol Tambah Anak yang digunakan untuk memasukkan data peserta baru ke dalam sistem.

Sedangkan halaman jadwal imunisasi digunakan untuk mengelola dan memprioritaskan pelaksanaan imunisasi berdasarkan usia ideal imunisasi menggunakan algoritma Greedy. Sistem juga menyediakan fitur pengiriman pesan imunisasi melalui WhatsApp, baik secara otomatis maupun manual. Implementasi antar muka menekankan navigasi yang mudah, tata letak sederhana, dan efisiensi dalam operasi harian oleh tenaga kesehatan. Berikut halaman jadwal imunisasi dan juga template pesan pengingat dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 3. Interface Dashboard Jadwal



Gambar 8. Template Pesan pengingat

Gambar 8 memperlihatkan tampilan halaman Data Jadwal Imunisasi pada sistem penjadwalan imunisasi berbasis web. Halaman ini menampilkan daftar jadwal imunisasi anak yang telah terdaftar, lengkap dengan informasi detail meliputi: nama anak, tanggal lahir, usia anak dalam bulan, jenis imunisasi, usia ideal pemberian imunisasi, tanggal imunisasi, serta jam pelaksanaan. Pada bagian atas halaman, tersedia tombol Tambah Jadwal untuk menambahkan jadwal baru, serta fitur pencarian (*search*) dan pengurutan (*sorting*) agar memudahkan petugas dalam menyesuaikan data. Selain itu, terdapat tombol Urutkan & Tetapkan Jam yang berfungsi untuk mengatur jadwal pelaksanaan secara otomatis berdasarkan prioritas menggunakan algoritma *Greedy*, dengan interval waktu antar peserta 5 menit. Kolom *Aksi* menyediakan tombol untuk mengedit, menghapus, serta mengirimkan notifikasi melalui WhatsApp kepada orang tua peserta, sehingga mereka dapat menerima pengingat jadwal imunisasi secara real-time.

B. Implementasi Algoritma Greedy

Pada sistem ini, Algoritma Greedy digunakan untuk membagi jam pelaksanaan imunisasi secara optimal berdasarkan usia ideal sesuai Buku KIA. Data jadwal diurutkan dari usia ideal terkecil, dan jika sama maka prioritas diberikan kepada anak dengan usia lebih tua. Setelah urutan prioritas terbentuk, sistem membagi jam imunisasi mulai pukul 08.00 dengan interval 5 menit per peserta. Proses dimulai dengan query yang menggabungkan tabel *jadwal_imunisasi*, *anak*, dan *imunisasi*, difilter berdasarkan tanggal pilihan pengguna. Jika tidak ada jadwal, sistem kembali ke daftar. Jika ada, sistem menghitung usia anak dalam bulan dari selisih tanggal lahir dan tanggal

pelaksanaan, lalu hasilnya dipakai sebagai dasar prioritas. Output akhirnya berupa jadwal imunisasi terurut yang ditampilkan dalam tabel sesuai hasil penerapan Algoritma Greedy.

Berikut merupakan sample hasil pengolahan Algoritma Greedy Menggunakan data riil dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengolahan Algoritma Greedy

No	Nama	Tanggal Lahir	L / P	Nama Ibu/Ayah	tgl_imunisasi_terakhir	nama_imunisasi	usia_ideal	usia_nak_bulan	jam_pelaksanaan	prioritas
3	Kenzie Agqary	05/01/2024	L	Tatik	25/11/2024	IPV 2	9	10,83	08:00	1
1	Haidar Kori Azkandra	07/01/2024	L	Puri/Amin	25/11/2024	IPV 2	9	10,77	08:05	2
2	Haidir Kori Aryandra	07/01/2024	L	Puri/Amin	25/11/2024	IPV 2	9	10,77	08:10	3
19	Davian Hanenda Arzaqona	12/05/2024	L	Rohmah / Darmanto	25/11/2024	IPV 2	9	6,57	08:15	4
27	Shazfa Rizqia F	03/02/2024	P	Nurhandayani	27/12/2024	DPT-HB3	4	10,93	08:00	1
20	Muhammad Narendra Alfarizqi	12/03/2024	L	Nopi/Dodi	27/12/2024	IPV 2	9	9,67	08:05	2
18	Farhan Alhafiz Darmanto	05/05/2024	L	Devi/Dedi	27/12/2024	IPV 2	9	7,87	08:10	3
8	Alzeina Glanea	25/10/2024	P	Suparmi/Seto	25/02/2025	DPT-HB3	4	4,1	08:00	1
22	Adib Alim Aminullah	03/07/2024	L	Dwi/Elfan	25/02/2025	IPV 2	9	7,9	08:05	2
36	Sambara Adi Laga Wibawa	02/10/2025	L	Agustina / Bagus	25/03/2025	DPT-HB3	4	-6,37	08:00	1
21	Isaiah Bethael Kandra Jatmiko	15/05/2024	P	Angeline/Sujatmiko	25/03/2025	IPV 2	9	10,47	08:05	2

28	Kanaka Albirru Maheswar a	19/05/2024	L	Putri	25/03/2025	IPV 2	9	10,33	08:10	3
4	Helena Melka Ayudisa Azzahra	30/05/2024	P	Intan/Agung	25/03/2025	IPV 2	9	9,97	08:15	4
29	Arda Yuda Pratama	04/06/2024	L	Nurul	25/03/2025	IPV 2	9	9,8	08:20	5
11	Riesha Shannon Nadiva	14/12/2024	P	Lilik	23/04/2025	Polio 2	2	4,33	08:00	1
7	Enizama Narendra Arfnani	29/10/2024	L	Wahyu	23/04/2025	IPV 1	4	5,87	08:05	2
9	Neyiko Cinderia Putri	11/07/2024	P	Tika	23/04/2025	IPV 2	9	9,53	08:10	3
10	Muhammad Reyshaka Novendra Alfari	18/11/2024	L	Riski/Heri	20/05/2025	DPT-HB3	4	6,1	08:00	1
34	Fynlee	20/01/2025	P	Sivana	20/05/2025	DPT-HB3	4	4	08:05	2
23	Alghifari Aksara Santoso	10/07/2024	L	Nopita	20/05/2025	IPV 2	9	10,47	08:10	3
6	Muhammad Hasan Assalim	13/07/2024	L	Mei/Miftahul	20/05/2025	IPV 2	9	10,37	08:15	4
33	Adrian Hanenda Rafassya	02/05/2025	L	Indah / Husein	26/06/2025	Polio 1	1	1,83	08:00	1
32	Rafardan Arya Wicaksono	05/05/2025	L	Risma / Zaenal	26/06/2025	Polio 1	1	1,73	08:05	2

17	Muhammad William Putra Narendra	14/05/2025	L	Devi/Yoyok	26/06/2025	Polio 1	1	1,43	08:10	3
25	Nausyad Elran Kairumi	29/05/2025	L	Sheli	26/06/2025	Polio 1	1	0,93	08:15	4
37	Cakra Jagat Wiranata	18/04/2025	L	Rica / Nanda	26/06/2025	DPT-HB1	2	2,3	08:20	5
12	Jazyla Cantika Azzalea	25/01/2025	P	Sudarsih/Edi	26/06/2025	DPT-HB2	3	5,07	08:25	6
13	Maher Zein Danasmara	10/02/2025	L	Sri/Dasuki	26/06/2025	DPT-HB2	3	4,53	08:30	7
24	Albara Arsena Aji Gumilar	07/09/2024	L	Tinon/Bayu	26/06/2025	IPV 2	9	9,73	08:35	8
41	Athasya Rezika Berlian	09/06/2025	P	Cholis / Danang	24/07/2025	Polio 1	1	1,5	08:00	1
42	Fayesha Anindya Kinandayu	18/06/2025	P	Rina / Slamet	24/07/2025	Polio 1	1	1,2	08:05	2
38	Arkana Reyndra Pratama	02/05/2025	L	Anis / Yoga	24/07/2025	DPT-HB1	2	2,77	08:10	3
16	Shakila Mei Zharafalisa	05/05/2025	P	Sugiyati/Taktak	24/07/2025	DPT-HB1	2	2,67	08:15	4
40	Humaira Aisyah Nirsyeda	20/05/2025	P	Ida / Irsyad	24/07/2025	DPT-HB1	2	2,17	08:20	5
30	Narendra Mahardika Rasya	23/02/2025	L	Titik	24/07/2025	DPT-HB2	3	5,03	08:25	6

31	Narendra Dimas Abimanyu	05/03/2025	L	Nindi	24/07/2025	DPT-HB2	3	4,7	08:30	7
39	Danish Mukti Prawira	20/03/2025	L	Eny / Mustakim	24/07/2025	DPT-HB2	3	4,2	08:35	8
15	Mohammad Arshaka Ramadhani	27/05/2025	L	Indang	24/07/2025	DPT-HB2	3	1,93	08:40	9
14	Rafka Dirga Alfatih	01/02/2025	L	Sriwati/Wingsika	24/07/2025	DPT-HB3	4	5,77	08:45	10
5	Mezaruna Shevania	10/10/2024	P	Reko	24/07/2025	IPV 2	9	9,57	08:50	11
35	Kenzie Raka Devanka	29/04/2025	L	Sundarti	22/10/2025	Polio 4	4	5,87	08:00	1

Berdasarkan data riil yang diolah menggunakan algoritma *Greedy* pada Tabel 2, sistem melakukan pembagian waktu pelaksanaan imunisasi berdasarkan usia jenis imunisasi paling dini dan usia anak. Hasil eksekusi ini kemudian digunakan untuk menentukan jam pelaksanaan imunisasi sesuai dengan tingkat prioritasnya dengan interval 5 menit setiap anak.

Melalui pengolahan ini, dapat dilihat bahwa algoritma *Greedy* membantu menyusun pembagian waktu imunisasi yang lebih terstruktur dan efisien dengan memberikan prioritas tertinggi kepada anak yang memiliki jenis imunisasi paling dini serta usia tertinggi dari jadwal.

C. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan setiap fungsi dalam aplikasi berjalan sesuai harapan. Pengujian dilakukan menggunakan PHPUnit, sebuah framework pengujian untuk bahasa PHP yang memungkinkan pengujian unit secara otomatis dan efisien. Pengujian sistem berikut didasarkan pada fungsi utama yang telah diimplementasikan. Berikut merupakan hasil pengujian algoritma *greedy* dapat dilihat pada Gambar 9.

```
Runtime:      PHP 8.2.12
Configuration: C:\xampp\htdocs\sistemimunisasi\phpunit.xml

....

Time: 00:00.068, Memory: 8.00 MB

Algorithm Greedy Positive
✓ Prioritas tertinggi jam 0800
✓ Prioritas kedua jam 0805
✓ Prioritas ketiga jam 0810
✓ Prioritas keempat jam 0815

OK (4 tests, 4 assertions)
(.venv) PS C:\xampp\htdocs\sistemimunisasi>
```

Gambar 9. Hasil Pengujian *White Box Testing*

Pada Gambar 9 Pengujian Algoritma *Greedy* dilakukan melalui empat skenario pengujian yaitu prioritas tertinggi, kedua, ketiga, dan keempat. Hasilnya menunjukkan semua anak dijadwalkan dengan tepat:

1. Anak dengan prioritas tertinggi dijadwalkan pada 08:00.
2. Anak dengan prioritas kedua dijadwalkan pada 08:05.
3. Anak dengan prioritas ketiga dijadwalkan pada 08:10.
4. Anak dengan prioritas keempat dijadwalkan pada 08:15.

Setiap test ditandai dengan tanda centang hijau, menandakan bahwa semua *assertion* berhasil. Hal ini mengindikasikan bahwa fungsi penjadwalan telah mengalokasikan jam secara akurat sesuai urutan prioritas.

Hasil implementasi sistem penjadwalan imunisasi dengan algoritma *Greedy* menunjukkan bahwa proses distribusi waktu pelaksanaan imunisasi dapat dilakukan secara lebih tertib, dengan meminimalisasi penumpukan peserta pada satu jam tertentu. Sistem ini mampu menghasilkan jadwal yang jelas berdasarkan prioritas dan interval yang telah ditentukan, sehingga tenaga kesehatan di Polindes lebih mudah dalam mengatur alur pelayanan. Dari sisi efisiensi, perbandingan antara metode manual dan algoritma *Greedy* memperlihatkan bahwa jadwal hasil sistem lebih merata dalam distribusi peserta, serta mengurangi keterlambatan pelayanan akibat antrian panjang.

Lebih jauh, meskipun sistem saat ini menggunakan pendekatan heuristik melalui algoritma *Greedy*, terdapat potensi besar untuk menjadikan sistem ini lebih cerdas dengan mengintegrasikan metode *Artificial Intelligence (AI)*, khususnya *Machine Learning (ML)*. Misalnya, sistem dapat dikembangkan untuk memprediksi keterlambatan kedatangan anak berdasarkan data historis, kondisi lingkungan, atau pola kehadiran pada jadwal sebelumnya. Selain itu, sistem dapat memberikan rekomendasi penjadwalan yang dipersonalisasi sesuai kebutuhan tiap anak dan preferensi orang tua, sehingga meningkatkan kepatuhan terhadap jadwal imunisasi.

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada penerapan algoritma *Greedy* yang tidak hanya diposisikan sebagai algoritma optimasi biasa, tetapi sebagai bagian dari pendekatan *AI-assisted scheduling*. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menghadirkan sistem informasi penjadwalan, namun juga membuka arah pengembangan menuju sistem penjadwalan berbasis *AI* yang lebih adaptif dan prediktif.

IV. KESIMPULAN

Sistem penjadwalan imunisasi anak berbasis web dengan fitur pengingat melalui *Chatbot WhatsApp* terbukti membantu petugas kesehatan dalam mengelola data serta jadwal imunisasi secara lebih efektif. Algoritma *Greedy* digunakan untuk mengoptimalkan pembagian waktu imunisasi berdasarkan usia ideal tiap jenis imunisasi yang tercantum pada buku KIA serta usia anak. Hasil implementasi menunjukkan bahwa imunisasi dengan prioritas tertinggi dijadwalkan pada pukul 08.00, kemudian prioritas berikutnya diberikan secara berurutan dengan interval 5 menit. Pendekatan ini memastikan imunisasi mendesak maupun tertunda dapat dilaksanakan lebih awal, sehingga proses imunisasi menjadi lebih terstruktur, efisien, dan kondusif.

Selain itu, kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan algoritma *Greedy* sebagai bagian dari pendekatan *AI-assisted scheduling*. Ke depan, sistem ini berpotensi dikembangkan lebih lanjut dengan penerapan *machine learning* untuk memprediksi keterlambatan kedatangan, menganalisis pola kehadiran, serta memberikan rekomendasi personalisasi jadwal. Dengan demikian, sistem dapat menjadi lebih adaptif, cerdas, dan mampu menyesuaikan layanan

sesuai kebutuhan masyarakat. Potensi penerapan machine learning juga dapat meningkatkan kemampuan sistem dalam menganalisis pola keterlambatan, sehingga menghasilkan penjadwalan yang lebih cerdas dan adaptif.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Hidayat and A. A. Syahputra, "Sistem Imun Tubuh Pada Manusia," *Vis. Herit. J. Kreasi Seni dan Budaya*, vol. 2, no. 03, pp. 144–149, 2020.
- [2] Ruqaiyah, "Gambaran Pengetahuan Ibu Tentang Pemberian Imunisasi Dasar Pada Bayi 0-12 Bulan di Puskesmas Jumpandang Baru Makassar Tahun 2021," *Pharmacogn. Mag.*, vol. 75, no. 17, pp. 399–405, 2021.
- [3] F. N. Hanum, F. Maulida, and L. Suryani, "Upaya Peningkatan Pemahaman Masyarakat melalui Penyuluhan Pentingnya Imunisasi pada Anak Usia Sekolah," *Abdi J. Pengabd. dan Pemberdaya. Masy.*, vol. 4, no. 2, pp. 306–310, 2022, doi: 10.24036/abdi.v4i2.319.
- [4] A. W. Arianggara, F. H. Pratiwi, and R. A. Tarigan, "Pemberian Imunisasi Dasar Lengkap Pada Bayi," *J. Kesehat. Holist.*, vol. 7, no. 1, pp. 18–27, 2023, doi: 10.33377/jkh.v7i1.148.
- [5] D. W. Widodo and A. Sanjaya, "Sistem Informasi Penjadwal Imunisasi Berbasis Sms Gateway Di Puskesmas Campurejo Kota Kediri," *Pros. SEMNAS INOTEK (Seminar Nas. Inov. Teknol.)*, vol. 5, no. 3, pp. 337–340, 2021.
- [6] N. Fakhri, A. Sigit Julian, D. Sandi Augustin, Z. Ceryl Mavanudin, and E. Christian, "Penerapan Algoritma Greedy Dalam Penentuan Prioritas Pengerjaan Tugas Kuliah Mahasiswa," *RESOLUSI Rekayasa Tek. Inform. dan Inf.*, vol. 4, no. 5, p. 454, 2024, [Online]. Available: <http://www.djournals.com/resolusi/article/view/1824>
- [7] A. Roihan, K. Nasution, and M. Z. Siambaton, "Implementasi Algoritma Greedy Kombinasi dengan Perulangan pada Aplikasi Penjadwalan Praktikum," *sudo J. Tek. Inform.*, vol. 1, no. 2, pp. 42–50, 2022, doi: 10.56211/sudo.v1i2.8.
- [8] A. R. Riswaya, J. Sudrajat, and D. A. Budiman, "Perancangan Penjadwalan Pinjaman Fixed Asset Desa dengan Penerapan Algoritma Greedy," *Intern. (Information Syst. Journal)*, vol. 6, no. 1, pp. 79–87, Jul. 2023, doi: 10.32627/INTERNAL.V6I1.717.
- [9] Juan euaggelion endoh, Q. C. Kainde, and S. C. Kumajas, "Pengembangan Laporan Penjadwalan Kegiatan Ibadah Gereja GPDI Hermon Leleko Berbasis Web Menggunakan Algoritma Greedy," *J. INFORMATICS, BUSINESS, Educ. Innov. Technol.*, vol. 3, no. 5, pp. 123–134, Jul. 2025, Accessed: Aug. 27, 2025. [Online]. Available: <https://jibeit.teknikinformatika.org/index.php/jibeit/article/view/327>