

Perancangan Logika dan Pengembangan Sistem Electronic Medical Record (EMR) Menggunakan C++

Afriansyah Yogatama¹, Bima Yoga Pratama², Eugene Eric Conary³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro, Kota Semarang

Artikel Info

Kata kunci:

Electronic Medical Record
Sistem Informasi Kesehatan
Pemrograman C++
Pengelolaan Data Medis
Digitalisasi Rekam Medis

ABSTRAK

Pengelolaan rekam medis yang efektif merupakan komponen krusial dalam peningkatan kualitas pelayanan kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem *Electronic Medical Record* (EMR) berbasis bahasa pemrograman C++ sebagai solusi terhadap permasalahan pengelolaan rekam medis konvensional. Metodologi pengembangan sistem menggunakan pendekatan pemrograman terstruktur dengan implementasi struktur data, algoritma pencarian, dan algoritma pengurutan. Sistem yang dikembangkan memiliki empat fitur utama: (1) registrasi pasien dengan validasi otomatis, (2) kalkulasi biaya pengobatan berbasis kategori penyakit dan demografi pasien, (3) visualisasi data pasien terurut berdasarkan usia, dan (4) pencarian pasien berdasarkan Nomor Induk Kependudukan (NIK). Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem EMR yang dikembangkan mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan data medis dengan mereduksi waktu pencarian data, meminimalkan risiko kehilangan arsip, dan mengotomatisasi proses kalkulasi biaya dengan mempertimbangkan subsidi bagi populasi rentan (lansia dan anak-anak). Kontribusi penelitian ini terletak pada penyediaan prototipe sistem EMR yang sederhana namun fungsional, yang dapat menjadi fondasi pengembangan sistem informasi kesehatan yang lebih komprehensif di masa depan.

Penulis Korespondensi :

Afriansyah Yogatama,
Program Studi Teknik Informatika
Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Dian Nuswantoro, Kota Semarang, 50131
Email: 111202516171@mhs.dinus.ac.id

1. PENDAHULUAN

Transformasi digital di sektor kesehatan merupakan isu strategis yang mendapat perhatian luas dari pemerintah, praktisi, dan akademisi [1]. Digitalisasi layanan kesehatan tidak hanya dipandang sebagai inovasi teknologi, tetapi sebagai kebutuhan fundamental untuk meningkatkan mutu, efisiensi, dan keberlanjutan sistem pelayanan kesehatan. Perkembangan teknologi informasi mendorong integrasi sistem berbasis data dalam proses administrasi maupun klinis, sehingga memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih cepat, akurat, dan berbasis bukti. Dalam pelayanan kesehatan modern, pengelolaan rekam medis yang akurat, aman, dan mudah diakses menjadi faktor penentu kualitas layanan [2]. Rekam medis merupakan dokumen penting yang memuat identitas pasien, riwayat pemeriksaan, diagnosis, tindakan medis, terapi, serta perkembangan kondisi kesehatan pasien. Sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 269/MENKES/PER/III/2008, rekam medis berfungsi tidak hanya sebagai alat dokumentasi administratif, tetapi juga sebagai dasar pertanggungjawaban profesional, bahan evaluasi mutu layanan, serta sumber data untuk kepentingan penelitian dan perencanaan kebijakan kesehatan [3]. Oleh karena itu, pengelolaan rekam medis yang akurat, lengkap, dan mudah diakses menjadi prasyarat utama dalam penyelenggaraan pelayanan kesehatan yang berkualitas.

Namun, sebagian besar fasilitas kesehatan berskala kecil hingga menengah masih mengandalkan pencatatan manual berbasis kertas [4]. Sistem konvensional ini memiliki berbagai keterbatasan. Proses pencarian data pasien membutuhkan waktu yang relatif lama karena bergantung pada pengarsipan fisik. Risiko

kehilangan, kerusakan, atau duplikasi dokumen juga cukup tinggi, terutama ketika volume pasien meningkat. Selain itu, keterbatasan ruang penyimpanan arsip fisik menjadi kendala tersendiri bagi fasilitas kesehatan dengan kapasitas ruang terbatas. Dari sisi manajerial, sistem manual menyulitkan proses rekapitulasi data, analisis tren penyakit, maupun evaluasi efektivitas layanan secara berkala. [5].

Sebagai respons, penerapan *Electronic Medical Record* (EMR) diidentifikasi sebagai solusi strategis [6]. EMR memungkinkan pencatatan data pasien secara digital, terstruktur, dan terintegrasi, sehingga meningkatkan aksesibilitas informasi bagi tenaga medis yang berwenang. Sistem ini juga mendukung integritas dan keamanan data melalui mekanisme penyimpanan terpusat dan pengendalian akses. Selain itu, EMR berperan penting dalam meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi redundansi pencatatan, serta meminimalkan potensi kesalahan administratif. Dalam jangka panjang, ketersediaan data yang terstruktur juga mendukung pengambilan keputusan klinis berbasis bukti (evidence-based decision making) serta pengembangan sistem kesehatan yang lebih adaptif [7]. Namun demikian, implementasi EMR di fasilitas kesehatan primer tidak selalu berjalan optimal. Tantangan utama meliputi keterbatasan sumber daya finansial, infrastruktur teknologi yang belum memadai, serta rendahnya kapasitas teknis dalam pengembangan dan pemeliharaan sistem informasi. Banyak solusi EMR komersial yang dirancang untuk rumah sakit besar dengan kompleksitas tinggi, sehingga kurang sesuai untuk fasilitas kesehatan dengan kebutuhan fungsional yang lebih sederhana. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pengembangan sistem yang lebih ringan, efisien, dan adaptif terhadap keterbatasan sumber daya, tanpa mengabaikan aspek fungsionalitas dan keandalan sistem.

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan pengembangan prototipe EMR yang dapat diimplementasikan dengan sumber daya komputasi terbatas namun tetap memenuhi kebutuhan fungsional dasar. Bahasa pemrograman C++ dipilih karena efisiensi eksekusi, kontrol memori yang baik, serta kesesuaiannya untuk penerapan pemrograman terstruktur dalam pengembangan sistem informasi [8]. Berdasarkan analisis kondisi yang ada, permasalahan utama terletak pada belum optimalnya arsitektur sistem EMR, ketiadaan validasi data otomatis, pengelolaan biaya pengobatan yang belum adaptif terhadap karakteristik demografi pasien, serta proses pencarian dan pengurutan data yang kurang efisien. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem EMR berbasis C++ yang fungsional, melalui perancangan struktur data yang sistematis, pengembangan modul registrasi dengan validasi otomatis, implementasi algoritma kalkulasi biaya berbasis kategori penyakit dan demografi, serta integrasi algoritma pencarian dan pengurutan data. Seluruh fungsionalitas sistem dievaluasi melalui pengujian untuk memastikan kesesuaiannya dengan kebutuhan pengguna. Dengan karakteristik tersebut, C++ memungkinkan pengembangan sistem yang ringan namun tetap memiliki performa yang stabil dan terkontrol. Selain itu, pendekatan pemrograman terstruktur dalam C++ mendukung modularisasi sistem, sehingga memudahkan pengembangan dan pemeliharaan lebih lanjut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem EMR berbasis C++ yang fungsional melalui beberapa tahapan utama, yaitu: perancangan struktur data yang sistematis untuk merepresentasikan informasi pasien dan layanan medis, pengembangan modul registrasi dengan validasi otomatis untuk menjamin konsistensi dan keakuratan data, implementasi algoritma kalkulasi biaya berbasis kategori penyakit dan demografi pasien, serta integrasi algoritma pencarian dan pengurutan data untuk meningkatkan efisiensi akses informasi. Seluruh fungsionalitas sistem selanjutnya dievaluasi melalui pengujian untuk memastikan kesesuaian dengan kebutuhan pengguna dan stabilitas operasional sistem. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi teoretis dalam pengembangan sistem informasi kesehatan berbasis pemrograman terstruktur, sekaligus kontribusi praktis berupa prototipe EMR yang dapat diadaptasi oleh fasilitas kesehatan primer dengan keterbatasan sumber daya, serta mendukung implementasi digitalisasi kesehatan pada tingkat operasional.

2. METODE

Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian pengembangan sistem *Electronic Medical Record* (EMR). Pembahasan meliputi landasan konseptual sistem EMR sebagai objek penelitian, pendekatan pengembangan sistem, perancangan arsitektur, spesifikasi kebutuhan, hingga implementasi algoritma dan struktur data yang digunakan. Metodologi ini dirancang untuk memastikan bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga relevan dengan kebutuhan operasional fasilitas kesehatan skala primer.

2.1. Konsep dan Ruang Lingkup Electronic Medical Record

Electronic Medical Record (EMR) merupakan salah satu pilar utama dalam transformasi digital sektor kesehatan [9]. Health Information and Management Systems Society (HIMSS) mendefinisikan EMR sebagai repositori digital yang berisi informasi medis dan kesehatan pasien yang dikumpulkan dan dikelola dalam satu atau lebih pertemuan klinis di suatu organisasi pelayanan kesehatan [10]. Definisi ini menegaskan bahwa EMR bukan sekadar digitalisasi dokumen medis, melainkan sebuah sistem terintegrasi yang mendukung proses klinis, administratif, dan pengambilan keputusan medis secara berkelanjutan.



Gambar 1 Logo HIMSS

Secara historis, EMR merepresentasikan evolusi signifikan dari sistem pencatatan medis berbasis kertas yang telah mendominasi praktik kedokteran selama lebih dari satu abad [11]. Rekam medis konvensional, meskipun memiliki nilai historis dan legal, sering kali menghadapi keterbatasan dalam hal aksesibilitas, konsistensi data, serta kerentanan terhadap kehilangan dan kerusakan fisik. Keterbatasan tersebut mendorong kebutuhan akan sistem yang lebih andal, terstandar, dan mampu mengakomodasi kompleksitas pelayanan kesehatan modern.

2.1.2 Komponen Fungsional Sistem EMR

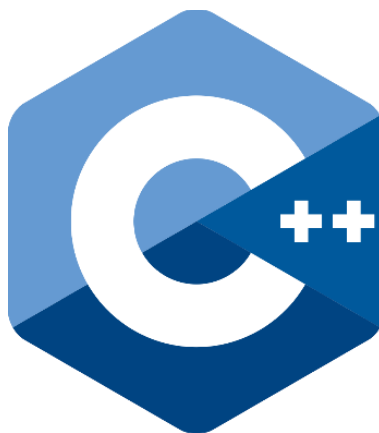
Sistem EMR yang komprehensif umumnya dirancang sebagai sistem modular yang terdiri atas beberapa komponen fungsional yang saling terintegrasi [12]. Pendekatan modular ini bertujuan untuk meningkatkan skalabilitas, fleksibilitas, serta kemudahan pemeliharaan sistem [13]. Ada 4 komponen utama yaitu: (1) Modul Manajemen Demografi Pasien: Modul manajemen demografi pasien berfungsi sebagai fondasi utama EMR karena seluruh data klinis bergantung pada identitas pasien yang valid dan unik. Modul ini mengelola informasi dasar seperti nama lengkap, nomor identifikasi unik (misalnya Nomor Induk Kependudukan/NIK di Indonesia), tanggal lahir, jenis kelamin, alamat, dan informasi kontak. Validasi dan verifikasi data menjadi aspek krusial untuk mencegah duplikasi rekam medis, kesalahan identifikasi pasien, serta risiko *medical identity theft* yang dapat berdampak serius terhadap keselamatan pasien; (2) Modul Dokumentasi Klinis: Modul dokumentasi klinis mendukung pencatatan riwayat kesehatan pasien secara longitudinal, mencakup anamnesis, hasil pemeriksaan fisik, diagnosis, terapi, serta catatan perkembangan kondisi pasien. Dalam sistem EMR yang lebih maju, modul ini sering diintegrasikan dengan *Clinical Decision Support System* (CDSS) yang mampu memberikan rekomendasi berbasis bukti (*evidence-based medicine*), seperti peringatan interaksi obat atau pengingat kepatuhan terhadap pedoman klinis. Integrasi ini menjadikan EMR sebagai alat bantu klinis yang proaktif, bukan sekadar pasif; (3) Modul *Order Entry* dan *Result Management*: Modul ini bertanggung jawab atas pengelolaan pemesanan pemeriksaan diagnostik, seperti laboratorium dan radiologi, serta pencatatan resep obat. Hasil pemeriksaan yang telah selesai secara otomatis terintegrasi kembali ke dalam rekam medis pasien. Integrasi ini mengurangi risiko kesalahan transkripsi, mempercepat alur pelayanan, dan meningkatkan kontinuitas informasi antar tenaga kesehatan; (4) Modul *Billing* dan Kalkulasi Biaya: Modul *billing* berfungsi mengelola aspek finansial pelayanan kesehatan dengan mengaitkan tindakan medis dan layanan yang diberikan dengan struktur biaya yang berlaku. Integrasi antara dokumentasi klinis dan sistem *billing* meningkatkan akurasi perhitungan biaya, mendukung transparansi finansial, serta mempermudah proses audit dan klaim asuransi.

2.1.3. Manfaat dan Tantangan Implementasi *Electronic Medical Record*

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa implementasi EMR mampu meningkatkan kualitas dan efisiensi pelayanan kesehatan. Suci Ariani menyatakan bahwa EMR meningkatkan kepatuhan terhadap pedoman klinis serta menurunkan kesalahan medis [14]. Sementara Putri et al. (2024) menemukan pengurangan waktu pencarian data pasien dan peningkatan efisiensi tenaga medis [15]. Dari aspek keamanan, EMR unggul melalui penerapan enkripsi, kontrol akses berbasis peran, dan *audit trail* [16]. Namun, penerapan EMR menghadapi tantangan berupa tingginya biaya investasi, kebutuhan pelatihan, serta resistensi tenaga kesehatan terhadap perubahan alur kerja [17]. Selain itu, keterbatasan interoperabilitas akibat belum optimalnya standar pertukaran data juga menghambat integrasi layanan kesehatan lintas institusi.

2.1.4. Pemrograman Terstruktur dalam Pengembangan Sistem Informasi Kesehatan

Pemrograman terstruktur menekankan kejelasan logika program melalui struktur sekuensial, seleksi, dan iterasi [18]. Pendekatan ini relevan dalam pengembangan sistem EMR karena menghasilkan kode yang modular, mudah dipahami, dan mudah dipelihara, sehingga meningkatkan reliabilitas serta integritas data pasien [19].



Gambar 2 Logo C++

Bahasa pemrograman C++ mendukung penerapan pemrograman terstruktur dengan efisiensi eksekusi dan kontrol memori yang baik [20]. Fleksibilitas C++ menjadikannya sesuai untuk pengembangan sistem EMR berskala terbatas sekaligus sebagai media pembelajaran konsep algoritmik dan logika sistem [21].

2.1.5. Algoritma dan Struktur Data dalam Sistem EMR

Arsitektur sistem dirancang secara modular yang terdiri atas tiga lapisan utama. Lapisan data menggunakan struktur data *struct* dalam bahasa C++ untuk merepresentasikan entitas pasien, dengan atribut berupa nama, NIK, umur, penyakit, kategori penyakit, dan biaya pengobatan. Penyimpanan data dilakukan menggunakan *array* berukuran tetap untuk menjaga kesederhanaan dan efisiensi sistem. Lapisan logika bisnis berisi fungsi-fungsi utama yang mengimplementasikan proses registrasi pasien, validasi data, perhitungan biaya pengobatan, serta pengurutan dan pencarian data. Sementara itu, lapisan presentasi diwujudkan dalam bentuk antarmuka berbasis konsol dengan menu yang memudahkan interaksi pengguna dengan sistem.

2.2 Pendekatan Pengembangan Sistem

Pengembangan sistem *Electronic Medical Record* (EMR) dalam penelitian ini menerapkan pendekatan *waterfall* yang dimodifikasi. Model *waterfall* dipilih karena karakteristiknya yang sistematis, berurutan, dan mudah dipahami, sehingga sesuai untuk pengembangan sistem berskala kecil hingga menengah serta untuk konteks pembelajaran terstruktur [22]. Modifikasi dilakukan untuk memberikan fleksibilitas terbatas pada tahap evaluasi, tanpa menghilangkan prinsip dasar alur sekuensial. Pendekatan ini membagi proses pengembangan ke dalam beberapa fase utama yang saling berkaitan. Setiap fase menghasilkan keluaran (*deliverable*) yang menjadi dasar bagi fase berikutnya, sehingga meminimalkan ketidakpastian dan meningkatkan keterlacakan (*traceability*) kebutuhan sistem.

Tabel 1 Fase-Fase Pengembangan Sistem

Fase	Tahap	Tujuan
1	Analisis Kebutuhan	Tahap analisis kebutuhan bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem. Proses ini dilakukan dengan mengacu pada praktik terbaik (<i>best practices</i>) dalam pengelolaan rekam medis, sekaligus mempertimbangkan keterbatasan konteks implementasi, seperti skala data, kompleksitas sistem, dan kemampuan pengguna. Hasil dari tahap ini adalah spesifikasi kebutuhan sistem yang terdefinisi secara jelas dan terukur.
2	Desain Sistem	Pada tahap desain, dilakukan perancangan arsitektur sistem secara menyeluruh, meliputi desain struktur data, alur proses, serta spesifikasi algoritma yang digunakan pada setiap modul fungsional. Desain sistem berfungsi sebagai cetak biru (<i>blueprint</i>) yang memastikan implementasi berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah dianalisis.

3	Implementasi	Tahap implementasi merupakan proses penerjemahan desain sistem ke dalam bentuk kode program menggunakan bahasa pemrograman C++. Pada tahap ini, prinsip penulisan kode yang baik (<i>coding standards</i>) dan praktik terbaik (<i>best practices</i>) diterapkan untuk menjamin keterbacaan, konsistensi, serta kemudahan pemeliharaan kode.
4	Pengujian	Tahap pengujian dilakukan untuk memverifikasi dan memvalidasi bahwa seluruh fungsi sistem berjalan sesuai dengan spesifikasi. Pengujian dilakukan menggunakan skenario uji (<i>test case</i>) yang mencakup kondisi normal maupun kondisi kesalahan, sehingga sistem dapat dinyatakan siap digunakan.

2.3 Spesifikasi Kebutuhan Sistem

Adapun beberapa kebutuhan fungsional dan non fungsional yang diperlukan untuk proyek penelitian ini, yaitu:

2.3.1 Kebutuhan Fungsional

Kebutuhan fungsional mendeskripsikan kemampuan utama yang harus dimiliki oleh sistem EMR. Kebutuhan tersebut meliputi: (1) Sistem harus mampu melakukan pendaftaran pasien baru dengan input data berupa nama, Nomor Induk Kependudukan (NIK), umur, jenis penyakit, dan kategori penyakit; (2) Sistem harus melakukan validasi NIK untuk memastikan jumlah karakter tepat sebanyak 16 digit sesuai standar nasional; (3) Sistem harus mampu menghitung biaya pengobatan berdasarkan kategori penyakit, yaitu ringan, sedang, dan berat; (4) Sistem harus memberikan potongan biaya sebesar 20% kepada pasien lanjut usia (usia di atas 60 tahun) dengan kategori penyakit berat; (5) Sistem harus memberikan potongan biaya sebesar 10% kepada pasien anak-anak (usia di bawah 12 tahun) dengan kategori penyakit sedang; (6) Sistem harus mampu menampilkan daftar pasien yang telah diurutkan berdasarkan umur secara menaik (*ascending*); (7) Sistem harus mampu melakukan pencarian data pasien berdasarkan NIK.

2.3.2 Kebutuhan Non-Fungsional

Selain fungsi utama, sistem juga harus memenuhi kebutuhan non-fungsional yang berkaitan dengan kualitas sistem, yaitu:

1. Sistem harus mampu menampung maksimal 100 data pasien.
2. Antarmuka pengguna harus bersifat intuitif dan mudah dioperasikan oleh staf non-teknis.
3. Sistem harus memberikan umpan balik (*feedback*) yang jelas untuk setiap operasi, baik berhasil maupun gagal.

2.4 Desain Arsitektur Sistem

Sistem EMR dirancang menggunakan arsitektur modular, yang membagi sistem ke dalam beberapa lapisan (layer) utama. Pendekatan ini bertujuan untuk meningkatkan keteraturan, kemudahan pengembangan, serta pemeliharaan sistem.

Tabel 2 Lapisan Utama Arsitektur Sistem

Lapisan	Kebutuhan
Data	Lapisan data menggunakan struktur data struct untuk merepresentasikan entitas pasien. Setiap pasien memiliki atribut berupa nama, NIK, umur, penyakit, kategori penyakit, dan biaya pengobatan. Penyimpanan data dilakukan menggunakan array global dengan kapasitas tetap sebanyak 100 elemen, yang berfungsi sebagai mekanisme penyimpanan sederhana namun efektif.
Logika Bisnis	Lapisan ini berisi fungsi-fungsi yang mengimplementasikan aturan dan kebijakan sistem, antara lain: • <code>hitungBiaya()</code>, yang mengimplementasikan algoritma perhitungan biaya berdasarkan kategori penyakit dan karakteristik demografis pasien. • <code>tambahPasien()</code>, yang mengoordinasikan proses pendaftaran pasien, termasuk validasi data masukan.

- lihatDataPasien(), yang menangani proses pencarian dan pengurutan data pasien.

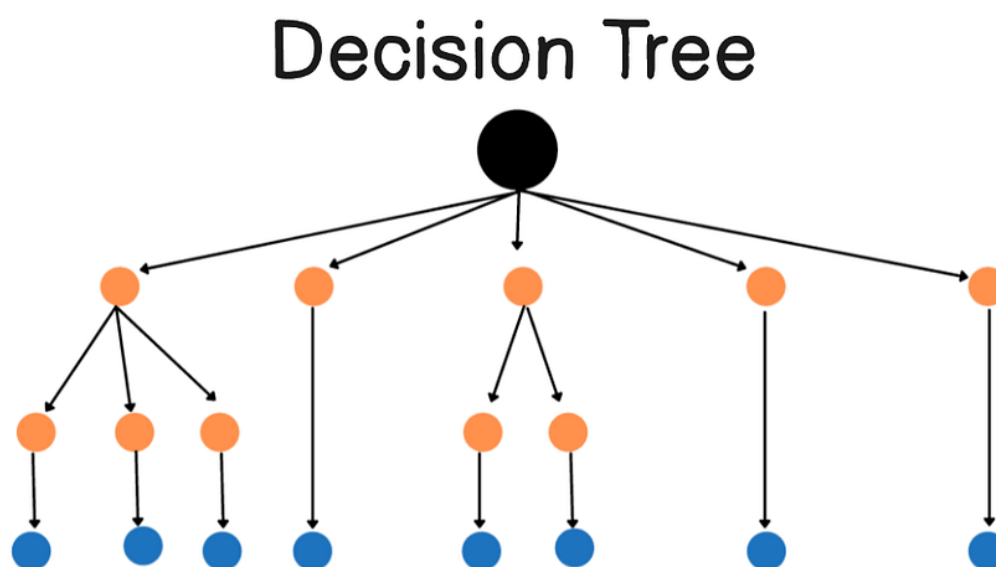
Presentasi	Lapisan presentasi diwujudkan dalam bentuk antarmuka berbasis konsol dengan navigasi berbasis menu. Pendekatan ini dipilih karena kesederhanaannya serta kesesuaiannya dengan konteks pembelajaran dan pengembangan sistem dasar
-------------------	--

2.5 Implementasi Struktur Data

Untuk mengenkapsulasi informasi pasien, didefinisikan struktur data RegisteredPasien yang mengelompokkan berbagai atribut pasien ke dalam satu kesatuan logis. Pendekatan ini meningkatkan keteraturan data dan memudahkan pengelolaan informasi pasien dalam sistem. Penggunaan typedef sebagai alias tipe data bertujuan untuk meningkatkan keterbacaan kode dan menyederhanakan penggunaan struktur data dalam implementasi. Data pasien disimpan dalam *array* global dengan kapasitas tetap, sedangkan variabel penghitung digunakan untuk melacak jumlah data pasien yang telah terdaftar.

2.6 Implementasi Algoritma Kalkulasi Biaya

Algoritma perhitungan biaya pengobatan dirancang menggunakan pendekatan pohon keputusan (*decision tree*) yang direalisasikan melalui pernyataan kondisi bertingkat (*nested conditional statements*). Setiap kategori penyakit memiliki biaya dasar yang berbeda, kemudian disesuaikan dengan faktor usia pasien untuk menentukan besaran potongan biaya.



Gambar 3 Skema Pohon Keputusan [23]

Pendekatan ini mencerminkan kebijakan subsidi kesehatan yang mempertimbangkan aspek demografis, dengan memberikan keringanan biaya kepada kelompok yang secara sosial dan ekonomi lebih rentan, yaitu anak-anak dan lanjut usia. Dengan demikian, algoritma tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga merepresentasikan nilai keadilan dalam pelayanan kesehatan.

2.7 Implementasi Validasi Data

Implementasi validasi data dalam sistem dilakukan melalui mekanisme validasi Nomor Induk Kependudukan (NIK) menggunakan struktur perulangan *do-while*, yang memastikan proses validasi dijalankan minimal satu kali dan diulang hingga pengguna memasukkan data dengan panjang karakter yang sesuai. Pendekatan ini memungkinkan sistem memberikan umpan balik kesalahan secara langsung ketika terjadi input tidak valid, sekaligus mencegah pemrosesan data yang tidak memenuhi ketentuan, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan kualitas data dan pengalaman pengguna. Selain itu, sistem mengimplementasikan algoritma *bubble sort* untuk mengurutkan data pasien berdasarkan umur dan algoritma *linear search* untuk melakukan pencarian data pasien berdasarkan NIK. Meskipun *bubble sort* memiliki kompleksitas waktu

$O(n^2)$, performanya masih dapat diterima untuk jumlah data yang relatif kecil, serta mudah diimplementasikan dan dipahami. Sementara itu, algoritma pencarian linear dipilih karena kesederhanaannya, tidak memerlukan data terurut, dan memiliki kinerja yang memadai pada dataset berskala terbatas. Kombinasi kedua algoritma ini dinilai sesuai dengan kebutuhan sistem serta konteks pembelajaran dan implementasi EMR sederhana yang dikembangkan.

3. PEMBAHASAN HASIL

Bab ini menyajikan pembahasan komprehensif terhadap hasil pengembangan dan implementasi sistem *Electronic Medical Record* (EMR) yang telah dirancang pada tahap metodologi. Pembahasan difokuskan pada evaluasi fungsionalitas sistem, analisis keunggulan dan keterbatasan, serta implikasi penerapan sistem terhadap praktik pelayanan kesehatan. Penyajian hasil dilakukan secara sistematis untuk menunjukkan keterkaitan antara tujuan penelitian, desain sistem, dan capaian implementasi yang diperoleh. Dengan demikian, Bab ini tidak hanya memaparkan hasil secara deskriptif, tetapi juga memberikan analisis kritis terhadap efektivitas sistem yang dikembangkan serta relevansinya dalam konteks pengelolaan rekam medis berbasis teknologi informasi.

3.1 Fungsionalitas Sistem yang Terimplementasi

Sistem EMR yang dikembangkan berhasil mengimplementasikan empat modul utama, yaitu registrasi pasien, kalkulasi biaya pengobatan, visualisasi data terurut, dan pencarian data pasien. Modul-modul ini terintegrasi dan mampu menjalankan fungsi dasar EMR sesuai spesifikasi kebutuhan.

Modul registrasi memfasilitasi *input* data identitas dan klinis pasien dengan validasi otomatis NIK 16 digit, sehingga meningkatkan integritas data. Sistem secara otomatis menghitung biaya pengobatan dan menyimpan data yang telah tervalidasi. Modul kalkulasi biaya menerapkan skema berjenjang berdasarkan kategori penyakit dan demografi pasien, termasuk diskon bagi anak-anak dan lansia, yang mencerminkan prinsip keadilan dalam pelayanan kesehatan.

```
=====
EMR KLINIK SEHAT
=====
1. Registrasi Pasien Baru
2. Lihat Daftar Pasien (Sorted)
3. Keluar
=====
Pilih menu (1-3): 1

--- FORM REGISTRASI ---
Nama Pasien: Agus
NIK: 12
NIK harus 16 digit
NIK: 1212121212121212
Umur: 27
Masukan nama penyakit: Diabetes
Tingkat Penyakit (ringan/sedang/berat): berat

--- RINCIAN ---
Nama pasien: Agus
NIK: 1212121212121212
Umur: 27
Penyakit: Diabetes
Kategori penyakit: berat
Biaya pengobatan: Rp 500000
Data berhasil disimpan!

Kembali ke menu utama? (y/n): |
```

Gambar 4 Implementasi Validasi NIK

Modul visualisasi menampilkan data pasien terurut berdasarkan umur secara menaik, sehingga mendukung analisis demografis dan perencanaan layanan. Modul pencarian memungkinkan akses cepat data

pasien berbasis NIK dengan umpan balik yang jelas, yang krusial dalam konteks pelayanan klinis dan administratif.

3.2 Analisis Keunggulan Sistem

Sistem EMR yang dikembangkan berhasil mengimplementasikan empat modul utama, yaitu registrasi pasien, kalkulasi biaya pengobatan, visualisasi data terurut, dan pencarian data pasien. Modul-modul ini terintegrasi dan mampu menjalankan fungsi dasar EMR sesuai spesifikasi kebutuhan. Modul registrasi memfasilitasi *input* data identitas dan klinis pasien dengan validasi otomatis NIK 16 digit, sehingga meningkatkan integritas data. Sistem secara otomatis menghitung biaya pengobatan dan menyimpan data yang telah tervalidasi. Modul kalkulasi biaya menerapkan skema berjenjang berdasarkan kategori penyakit dan demografi pasien, termasuk diskon bagi anak-anak dan lansia, yang mencerminkan prinsip keadilan dalam pelayanan kesehatan. Modul visualisasi menampilkan data pasien terurut berdasarkan umur secara menaik, sehingga mendukung analisis demografis dan perencanaan layanan. Modul pencarian memungkinkan akses cepat data pasien berbasis NIK dengan umpan balik yang jelas, yang krusial dalam konteks pelayanan klinis dan administratif.

3.3 Limitasi dan Tantangan Sistem

Meskipun menunjukkan berbagai keunggulan, sistem EMR yang dikembangkan juga memiliki sejumlah keterbatasan. Salah satu limitasi utama adalah kapasitas penyimpanan data yang dibatasi oleh penggunaan *array* statis dengan ukuran tetap. Pendekatan ini membatasi skalabilitas sistem dan kurang sesuai untuk implementasi pada lingkungan produksi. Untuk mengatasi keterbatasan ini, diperlukan migrasi ke struktur data dinamis atau integrasi dengan sistem manajemen basis data yang mendukung penyimpanan data dalam jumlah besar. Keterbatasan lainnya berkaitan dengan volatilitas data. Seluruh data pasien saat ini disimpan di memori utama, sehingga akan hilang ketika program dihentikan. Kondisi ini menegaskan perlunya implementasi mekanisme penyimpanan permanen, seperti *input/output* berkas atau integrasi basis data, agar data dapat dipertahankan dalam jangka panjang. Dari aspek keamanan dan privasi, sistem belum menerapkan mekanisme pengamanan yang memadai. Tidak terdapat fitur autentikasi dan otorisasi untuk mengontrol akses pengguna, data belum dienkripsi, serta belum tersedia jejak audit untuk melacak aktivitas akses dan perubahan data. Ketiadaan mekanisme ini menjadikan sistem belum memenuhi standar perlindungan data kesehatan sebagaimana diatur dalam regulasi perlindungan data pribadi. Selain itu, fungsionalitas sistem masih terbatas dan hanya mencakup sebagian kecil dari fitur yang umumnya terdapat pada sistem EMR komprehensif, seperti dokumentasi klinis terperinci, integrasi pemeriksaan diagnostik, dukungan multi-pengguna, serta fitur pelaporan dan analitik.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan prototipe sistem *Electronic Medical Record* (EMR) berbasis bahasa pemrograman C++ yang fungsional dan sesuai untuk fasilitas kesehatan dengan keterbatasan sumber daya. Penerapan prinsip pemrograman terstruktur, struktur data sederhana, serta algoritma yang selaras dengan skala sistem terbukti mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan rekam medis, menjaga integritas data, dan mempercepat akses informasi dibandingkan sistem pencatatan manual berbasis kertas. Sistem EMR yang dikembangkan mengimplementasikan empat modul utama, yaitu registrasi pasien dengan validasi otomatis NIK, perhitungan biaya pengobatan berbasis kategori penyakit dan karakteristik demografis pasien, visualisasi data pasien terurut, serta pencarian data berbasis identitas unik. Seluruh modul berfungsi sesuai kebutuhan sistem dan mendukung alur kerja pelayanan kesehatan, termasuk penerapan prinsip keadilan melalui kebijakan pembiayaan adaptif bagi kelompok rentan, serta kemudahan penggunaan melalui antarmuka berbasis menu yang intuitif.

Meskipun masih memiliki keterbatasan, seperti kapasitas penyimpanan yang terbatas, ketiadaan penyimpanan data permanen, dan belum diterapkannya mekanisme keamanan yang komprehensif, sistem ini berhasil berperan sebagai *proof-of-concept* EMR berbiaya rendah. Penelitian ini memberikan kontribusi teoretis dan praktis sebagai dasar pengembangan sistem EMR yang lebih lanjut, sekaligus menunjukkan bahwa solusi teknologi yang sederhana dan terstruktur dapat menjadi langkah awal yang efektif dalam mendukung transformasi digital layanan kesehatan. Untuk penelitian di masa mendatang, pengembangan sistem dapat diarahkan pada integrasi basis data relasional untuk penyimpanan permanen, penerapan mekanisme enkripsi dan autentikasi pengguna guna meningkatkan keamanan data, serta pengembangan antarmuka berbasis grafis atau web untuk meningkatkan aksesibilitas dan skalabilitas sistem. Selain itu, penelitian lanjutan dapat mengevaluasi kinerja sistem pada skala data yang lebih besar, mengadopsi arsitektur modular berbasis objek, serta mengintegrasikan analitik data sederhana guna mendukung pengambilan keputusan klinis secara lebih komprehensif. Dengan pengembangan tersebut, sistem EMR diharapkan mampu berkembang dari prototipe

fungsional menjadi solusi yang lebih andal dan siap diimplementasikan secara luas pada fasilitas kesehatan primer.

REFERENCES

- [1] Pristiya Maulaningrum, Siti Mujanah, and Achmad Yanu Alif Fianto, "Transformasi Digital di Sektor Kesehatan Tinjauan Literatur tentang Penerapan Teknologi Informasi dalam Manajemen Pelayanan," *J. Ilmu Manaj. Ekon. Dan Kewirausahaan*, vol. 5, no. 1, pp. 494–503, Jun. 2025, doi: 10.55606/jimek.v5i1.6399.
- [2] N. T. Surya, A. P. A. Gita, and A. Pujilestari, "Percepatan Transformasi Digital di Sektor Kesehatan Melalui Pemberdayaan Tenaga Kesehatan," *J. IPTEK Bagi Masy.*, vol. 5, no. 1, pp. 19–25, Jul. 2025, doi: 10.55537/j-ibm.v5i1.1134.
- [3] hostiadmin, "Permenkes 269 Tahun 2008 Tentang Rekam Medis," HOSTi. Accessed: Jan. 10, 2026. [Online]. Available: <https://hosti.id/permenkes-269-tahun-2008-tentang-rekam-medis/>
- [4] K. Dameria and O. Jane, "Konteks Transformasi Digital di Sektor Usaha Kesehatan," *Akad. J. Mhs. Ekon. Bisnis*, vol. 5, no. 1, pp. 75–87, Jan. 2025, doi: 10.37481/jmeh.v5i1.1097.
- [5] O. Harmi, "Transformasi Digital di Bidang Kesehatan: Analisis Dampak Inovasi Digital di Puskesmas Kabupaten Bogor Tahun 2022," *BINA J. Pembang. Drh.*, vol. 1, no. 2, pp. 220–234, Feb. 2023, doi: 10.62389/bina.v1i2.37.
- [6] M. Puspita, E. R. Maruapey, F. W. Qalbi, and R. Wardani, "Edukasi Penerapan Simrs Rekam Medis Elektronik Di Instalasi Farmasi Rumah Sakit Umum Kabupaten Kediri: Education on the Implementation of Simrs Electronic Medical Records in the Kediri Regency General Hospital Pharmacy Installation," *J. Abdi Kesehat. Dan Kedokt.*, vol. 3, no. 2, pp. 129–139, Jul. 2024, doi: 10.55018/jakk.v3i2.64.
- [7] U. D. Raharjo, A. S. Sukmawati, R. Y. Sari, and I. Sevtiyani, "Sosialisasi Penerapan Rekam Medis Elektronik sebagai Upaya Peningkatan Kesiapan Kompetensi Digital Mahasiswa Kesehatan pada Praktik Klinik: Socialization of Electronic Medical Record Implementation as a Strategy to Enhance Digital Competency among Health Students during Clinical Practice | Cakrawala: Jurnal Pengabdian Masyarakat Global," Jan. 2025, Accessed: Jan. 10, 2026. [Online]. Available: <https://jurnaluniv45sby.ac.id/index.php/Cakrawala/article/view/3704>
- [8] F. Aulia and Yahfizham, "Mengenal Bahasa Pemrograman Pada Algoritma Pemrograman," *J. Inform. Bisnis*, vol. 1, no. 4, pp. 223–228, Jan. 2024, doi: 10.47233/jibs.v1i1.521.
- [9] D. Newby, N. Taylor, D. W. Joyce, and L. M. Winchester, "Optimising the use of electronic medical records for large scale research in psychiatry," *Transl. Psychiatry*, vol. 14, no. 1, p. 232, Jun. 2024, doi: 10.1038/s41398-024-02911-1.
- [10] E. R. D. Villarreal, J. García-Alonso, E. Moguel, and J. A. H. Alegría, "Blockchain for Healthcare Management Systems: A Survey on Interoperability and Security," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 5629–5652, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3236505.
- [11] Z. Wu, S. Xuan, J. Xie, C. Lin, and C. Lu, "How to ensure the confidentiality of electronic medical records on the cloud: A technical perspective," *Comput. Biol. Med.*, vol. 147, p. 105726, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.combiomed.2022.105726.
- [12] H. H. Le *et al.*, "Methods for Analyzing Medical-Order Sequence Variants in Sequential Pattern Mining for Electronic Medical Record Systems," *ACM Trans Comput Healthc.*, vol. 4, no. 1, p. 3:1-3:28, Mar. 2023, doi: 10.1145/3561825.
- [13] P. Crispin *et al.*, "A review of electronic medical records and safe transfusion practice for guideline development," *Vox Sang.*, vol. 117, no. 6, pp. 761–768, 2022, doi: 10.1111/vox.13254.
- [14] S. Ariani, "ANALISIS KEBERHASILAN IMPLEMENTASI REKAM MEDIS ELEKTRONIK DALAM MENINGKATKAN EFISIENSI DAN MUTU PELAYANAN," *J. Kesehat. Dan Kedokt.*, vol. 2, no. 2, pp. 7–14, Jun. 2023, doi: 10.56127/jukeke.v2i2.720.
- [15] Y. W. Putri, T. R. Saragih, and S. H. Purba, "Implementasi dan Dampak Penggunaan Sistem Rekam Medis Elektronik (RME) pada Pelayanan Kesehatan," *Sehat Rakyat J. Kesehat. Masy.*, vol. 3, no. 4, pp. 255–264, Nov. 2024, doi: 10.54259/sehatrakyat.v3i4.3449.
- [16] N. A. Salim, U. R. M. Hani, and D. A. Wulandari, "Evaluasi Pelaksanaan Elektronik Medical Record (EMR) di Rawat Jalan RSU Queen Latifa Yogyakarta," *Infokes J. Ilm. Rekam Medis Dan Inform. Kesehat.*, vol. 12, no. 2, pp. 7–12, Sep. 2022, doi: 10.47701/infokes.v12i2.1555.
- [17] D. D. Fitrianiingsih, E. D. Apriliani, A. W. R. Ardianingrum, and I. B. Igayanti, "IMPLEMENTASI DIGITALISASI REKAM MEDIS DALAM MENUNJANG PELAKSANAAN ELECTRONIC

- MEDICAL RECORD (EMR),” *Enfermeria Cienc.*, vol. 3, no. 2, pp. 100–112, May 2025, doi: 10.56586/ec.v3i2.79.
- [18] A. E. Rayeb, *Buku Ajar Fondasi Pemrograman & Struktur Data, Pemrograman Terstruktur (dengan Java)*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia, 2025.
- [19] D. Artanto, B. S. Widodo, P. Sutyasadi, and E. Parikesit, *Pemrograman Dan Simulasi Alat-Alat Medis: Prototipe Baby Incubator, Autoclave Dan Syringe Pump*. Sanata Dharma University Press, 2024.
- [20] J. J. Adrian, J. Saragih, A. D. R. Dani, and M. K. D. Tantri, “Perancangan dan Implementasi Sistem Informasi Toko Buku Sederhana Menggunakan Bahasa C++,” *J. Komputasi Dan Pengemb. Apl.*, vol. 1, no. 2, pp. 20–28, Nov. 2025.
- [21] R. A. Maylova, N. Noviana, A. Abdussalam, E. R. Pramudya, and M. Muslih, “Sistem Manajemen Data Mahasiswa Berbasis Pemrograman C++ untuk Efisiensi Administrasi Akademik,” *J. Apl. Teknol. Dan Komputasi*, vol. 1, no. 3, pp. 24–33, Dec. 2025.
- [22] W. Harjono and K. J. Tute, “Perancangan Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web Menggunakan Metode Waterfall,” *SATESI J. Sains Teknol. Dan Sist. Inf.*, vol. 2, no. 1, pp. 47–51, Apr. 2022, doi: 10.54259/satesi.v2i1.773.
- [23] S. dash, “Decission Tree,” Medium. Accessed: Jan. 10, 2026. [Online]. Available: <https://medium.com/@shimuldash925/decission-tree-7e8bb27952df>