

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi kesehatan telah membawa perubahan signifikan dalam peningkatan kualitas layanan kesehatan. Namun, Indonesia sebagai negara berkembang masih menghadapi berbagai tantangan dalam adopsi teknologi kesehatan, terutama karena keterbatasan infrastruktur, kurangnya tenaga kesehatan terlatih, dan kompleksitas kerangka regulasi [1]. Hal ini menyebabkan kesenjangan dalam pelayanan kesehatan, khususnya di daerah terpencil yang memiliki akses terbatas ke fasilitas kesehatan [2].

Konvergensi teknologi *Internet of Things* (IoT) telah membuka peluang baru dalam bidang kesehatan, khususnya untuk pemantauan kesehatan pasien jarak jauh [3]. Pendekatan inovatif ini berpotensi merevolusi layanan kesehatan dengan memungkinkan pemantauan status kesehatan pasien secara *real-time* dan berkelanjutan, serta memungkinkan deteksi dini anomali dan intervensi tepat waktu [4].

Dalam konteks Indonesia, adopsi teknologi kesehatan terhubung (*connected healthcare*) menunjukkan pertumbuhan yang signifikan. Namun, implementasi sistem teknologi kesehatan yang terhubung menghasilkan tantangan baru dari sisi pengelolaan informasi. Perangkat *wearable sensor* untuk pemantauan berkelanjutan menghasilkan volume log data yang sangat besar. Di saat yang bersamaan, fasilitas kesehatan juga memiliki data administratif dan klinis faskes (seperti rekam medis, tagihan, dan jadwal janji temu) yang formatnya heterogen [5], [6]. Hal ini menciptakan fenomena "silo data", di mana informasi tersebar di berbagai sistem yang tidak saling terhubung, sehingga menyulitkan tenaga medis untuk mendapatkan pandangan komprehensif mengenai kondisi pasien.

Kepatuhan terhadap standar keamanan dan privasi data kesehatan menjadi tantangan utama dalam pengembangan sistem pemantauan pasien jarak jauh dalam ekosistem kesehatan [7]. Hal ini mendorong perlunya arsitektur komputasi awan (*cloud computing*) yang dirancang untuk sektor kesehatan,

dengan memanfaatkan platform *cloud* komersial untuk mengembangkan sistem pemantauan kesehatan yang aman dan dapat diskalakan [6], [8].

Penelitian terkini menunjukkan bahwa perkembangan teknologi *cloud computing* telah membawa perubahan signifikan dalam pengelolaan data kesehatan untuk *Remote Patient Monitoring* (RPM). Arsitektur *Cloud* yang dirancang untuk sektor kesehatan memanfaatkan platform *cloud* komersial seperti Microsoft Azure dan AWS untuk mengembangkan sistem pemantauan kesehatan yang memenuhi standar [6].

Untuk mengoptimalkan skalabilitas yang ditawarkan infrastruktur *cloud*, sistem RPM modern dirancang menggunakan arsitektur yang memecah aplikasi besar menjadi beberapa aplikasi modular yang lebih kecil yang dapat dikembangkan secara independen. Dengan mengadopsi pendekatan ini, sistem memungkinkan integrasi fitur-fitur seperti *data extraction*, *data transformation*, *role-based access control*, *backup*, dan *duplication*, yang sangat menyederhanakan dan memfasilitasi deployment infrastruktur untuk *healthcare* [6].

Rumah sakit di Indonesia saat ini sedang mengalami transformasi digital yang signifikan dalam upaya meningkatkan kualitas pelayanan kesehatan. Implementasi arsitektur berbasis *cloud computing* menjadi kunci dalam transformasi ini, memungkinkan rumah sakit untuk mengadopsi infrastruktur informasi dan teknologi informasi kesehatan dengan biaya operasi dan pemeliharaan sistem yang rendah [9]. Platform *cloud* seperti Microsoft Azure menyediakan *template cloud* untuk industri kesehatan yang dapat mempercepat pembangunan aplikasi. Template ini menawarkan standardisasi data, desain yang telah dirancang sebelumnya, dan fleksibilitas untuk disesuaikan dan diperluas sesuai kebutuhan spesifik rumah sakit [10].

Perancangan sistem berbasis *cloud* untuk analisis RPM ini memerlukan pertimbangan pada tiga lapisan arsitektur data: lapisan integrasi (*data ingestion*) untuk menarik berbagai format data heterogen, lapisan penyimpanan (*data storage*) untuk pengolahan basis data relasional, dan lapisan presentasi (*data visualization*) untuk analitik interaktif [11]. Pemrosesan data melalui ketiga

lapisan ini memastikan informasi dapat diakses oleh pihak eksekutif dan tenaga medis melalui *dashboard* pelaporan yang komprehensif.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang arsitektur data terintegrasi berbasis *cloud* untuk sistem *Remote Patient Monitoring* menggunakan ekosistem Microsoft Azure dan Power BI. Pengembangan arsitektur ini diharapkan dapat menjadi panduan bagi fasilitas kesehatan di Indonesia dalam mengatasi masalah silo data, sehingga mampu menghasilkan visualisasi analitik yang bermakna guna meningkatkan kualitas dan kecepatan intervensi layanan kesehatan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, masalah utama dalam penelitian ini adalah adanya "silo data" dan ketidakkonsistenan format antara data operasional rumah sakit dengan data log pemantauan pasien. Oleh karena itu, dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana mengidentifikasi dan menganalisis karakteristik *dataset* kesehatan yang heterogen (data administratif dan log sensor IoT) beserta hambatan teknis yang ditimbulkan oleh fenomena *data silo* dalam ekosistem pemantauan pasien?
2. Bagaimana menerapkan pendekatan pengembangan untuk menganalisis kebutuhan sistem dan merumuskan mekanisme rekayasa data (*data pipeline*) yang mampu menjembatani perbedaan format data tersebut?
3. Bagaimana merancang arsitektur infrastruktur *cloud* (Microsoft Azure) sebagai wadah penyimpanan terpusat beserta arah rancangan *dashboard* visualisasi analitiknya (Power BI) guna menjawab kebutuhan integrasi dan mendukung pengambilan keputusan klinis?

1.3 Batasan Masalah

Untuk memfokuskan penelitian ini dan memastikan ruang lingkup tetap terarah pada tujuan yang ingin dicapai, ditetapkan beberapa batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini difokuskan pada perancangan arsitektur data terintegrasi (*Data Engineering*) dan pembuatan *dashboard* analitik (*Data Visualization*) untuk skenario *Remote Patient Monitoring* (RPM). Penelitian ini **tidak mencakup** perancangan perangkat keras (*hardware*) sensor IoT, arsitektur jaringan komunikasi IoT, maupun pembuatan aplikasi *mobile/web* untuk pengguna akhir (pasien).
2. Infrastruktur *cloud* yang digunakan dibatasi pada ekosistem Microsoft, yang meliputi Azure Blob Storage (sebagai *data lake*), Azure Data Factory (sebagai orkestrator *pipeline*), Azure SQL Database (sebagai gudang data), dan Microsoft PowerBI Desktop (sebagai alat visualisasi). Penelitian tidak mencakup perbandingan kinerja dengan penyedia layanan *cloud* lainnya (seperti AWS atau Google Cloud).
3. Data yang digunakan merupakan *dataset* public dan sintetis (*dummy*) berformat CSV/XLSX yang terdiri dari beberapa tabel. Parameter kesehatan yang menjadi focus pemantauan dibatasi pada tanda-tanda vital standar, yaitu:
 1. Detak jantung (*Heart Rate*)
 2. Tekanan darah (*Blood Pressure*)
 3. Tingkat saturasi oksigen (SpO_2)
 4. Suhu tubuh (*Body Temperature*)
4. Simulasi aliran data dari perangkat IoT ke basis data dilakukan menggunakan metode *batch processing* (pemrosesan data berbasis kumpulan/file historis), bukan pemrosesan *streaming* secara *real-time* (milidetik) dari perangkat sensor fisik.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi dan menganalisis karakteristik *dataset* kesehatan (administratif dan log sensor IoT) serta memetakan hambatan

operasional yang ditimbulkan oleh fenomena *data silo* dalam sistem *Remote Patient Monitoring*.

2. Menerapkan metodologi DBSDLC untuk mengekstraksi kebutuhan sistem secara iteratif, sekaligus merumuskan mekanisme *data pipeline* yang tepat untuk menstandarisasi format data yang heterogen.
3. Menghasilkan rancangan arsitektur *cloud* menggunakan ekosistem Microsoft Azure sebagai *Single Source of Truth* (SSOT), terintegrasi dengan rancangan *dashboard* visualisasi pada Microsoft PowerBI guna mendukung percepatan pengambilan keputusan klinis.

1.4.2 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

Manfaat Teoritis:

1. Memberikan kontribusi pada pengembangan ilmu pengetahuan di bidang rekayasa data (*data engineering*) dan analitik data terintegrasi untuk sektor kesehatan.
2. Menyediakan referensi akademis terkait implementasi arsitektur *Modern Data Warehouse* dan penanganan masalah *data silo* dalam ekosistem *Remote Patient Monitoring*.
3. Menghasilkan model arsitektur integrasi basis data *cloud* yang dapat diadaptasi untuk penelitian lanjutan dalam pengembangan sistem kesehatan digital di Indonesia.

Manfaat Praktis:

1. Bagi Rumah Sakit:
 - Mengatasi masalah *data silo* dengan memusatkan seluruh informasi operasional dan rekam medis pasien ke dalam satu *platform*.

- Mengoptimalkan penggunaan sumber daya teknologi informasi melalui adopsi *cloud computing* yang menekan biaya pemeliharaan infrastruktur fisik.
 - Meningkatkan efisiensi tata kelola data rumah sakit menjadi lebih terstruktur dan siap untuk dianalisis.
2. Bagi Tenaga Kesehatan:
- Menyediakan akses terhadap data riwayat kesehatan dan indikator vital pasien secara terpusat, komprehensif, dan interaktif melalui *dashboard*.
 - Meningkatkan akurasi dalam pengambilan keputusan klinis berdasarkan visualisasi tren data, bukan sekadar melihat tebaran angka pada tabel.
 - Mempercepat respons terhadap kondisi kritis pasien melalui sistem visualisasi *Alerts* pada *dashboard*.
3. Bagi Pasien:
- Meningkatkan kualitas dan presisi pelayanan kesehatan karena rekam jejak kesehatan dipantau secara berkesinambungan.
 - Mengurangi kebutuhan kunjungan fisik ke rumah sakit untuk sekadar mengecek kondisi vital yang bersifat rutin.
4. Bagi Industri Kesehatan:
- Menyediakan panduan praktis untuk pengembangan arsitektur integrasi data RPM berbasis *cloud* menggunakan ekosistem komersial.
 - Mendorong standarisasi pengelolaan dan transformasi data kesehatan digital di Indonesia.

1.5 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan. Bab ini memberikan gambaran umum mengenai permasalahan yang akan

diselesaikan terkait perancangan sistem basis data *cloud* untuk Remote Patient Monitoring.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini membahas teori-teori dan konsep yang menjadi dasar penelitian, meliputi konsep *Cloud Computing*, *Remote Patient Monitoring* (RPM), arsitektur *Modern Data Warehouse*, serta ekosistem layanan Microsoft Azure dan Power BI yang digunakan sebagai infrastruktur utama.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan alur penelitian yang dilakukan, mencakup pengumpulan dataset (data operasional rumah sakit dan data sensor IoT), identifikasi sumber data, serta prosedur perancangan arsitektur data mulai dari tahap *ingestion* hingga *visualization*.

BAB IV ANALISIS DAN HASIL PENELITIAN

Bab ini merupakan inti dari penelitian yang menjelaskan proses implementasi arsitektur data. Bagian ini mencakup pembuatan jalur pipa data (*data pipeline*) pada Azure Data Factory, penyesuaian tipe data pada Azure SQL Database, integrasi data heterogen, hingga pembuatan *dashboard* analitik pada PowerBI untuk menyajikan informasi kesehatan pasien.

BAB V SIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi simpulan dari hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan berdasarkan tujuan penelitian. Selain itu, bab ini juga memuat saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya di masa depan.