

MODUL 9 : TEKNOLOGI INFORMASI DALAM KESEHATAN

Bab1. Pendahuluan dan Ruang Lingkup

Definisi Teknologi Informasi Kesehatan (TIK)

Teknologi Informasi Kesehatan (TIK) adalah penerapan sistem teknologi informasi meliputi perangkat keras, perangkat lunak, jaringan komunikasi, dan basis data untuk mengelola, menyimpan, mengakses, dan menganalisis data kesehatan secara efisien dan aman guna mendukung pelayanan kesehatan, pengambilan keputusan klinis dan manajerial, serta kebijakan kesehatan berbasis bukti.

TIK mencakup berbagai sistem dan aplikasi seperti:

- Rekam Medis Elektronik (RME / EMR / EHR)
- Sistem Informasi Rumah Sakit (SIMRS)
- Aplikasi mHealth dan eHealth
- Analisis Big Data untuk kesehatan masyarakat
- Artificial Intelligence dalam diagnosis
- Telemedicine dan Internet of Medical Things (IoMT)

Menurut WHO (2020), teknologi digital di bidang kesehatan berperan penting dalam: "improving health systems' performance, enhancing access to services, ensuring quality, and promoting equity in health." Dengan kata lain, TIK bukan hanya alat bantu administratif, tetapi menjadi fondasi transformasi layanan kesehatan modern menuju sistem yang lebih efisien, transparan, dan berorientasi pada pasien.

Evolusi dan Signifikansi TI dalam layanan kesehatan modern

A. Evolusi Teknologi Informasi dalam Layanan Kesehatan

Periode	Inovasi Utama	Karakteristik
1970–1980an	Mainframe Hospital Systems	Awal digitalisasi administratif rumah sakit (billing, inventory)
1990an	Electronic Medical Record (EMR) awal	Penyimpanan digital rekam medis lokal; sistem berdiri sendiri
2000an	Hospital Information System (HIS), e-Prescription	Mulai terhubung antar sistem, muncul regulasi privasi data
2010an	Cloud Computing, mHealth, eHealth	Akses data lintas lokasi, aplikasi kesehatan di smartphone
2020an – kini	AI, Big Data, IoMT, Blockchain	Analitik prediktif, pemantauan pasien jarak jauh, keamanan tinggi

B. Signifikansi TI dalam Layanan Kesehatan Modern

1. Meningkatkan Efisiensi Operasional

- Mempercepat pencatatan, pengolahan, dan pelaporan data kesehatan
- Mengurangi duplikasi dan kesalahan administratif

2. Mendukung Pengambilan Keputusan Berbasis Data

- Data real-time dan historis untuk diagnosis dan manajemen penyakit
- Clinical Decision Support System (CDSS)

3. Memperluas Akses Layanan

- Telemedicine dan mHealth menjangkau wilayah terpencil
- Pengingat digital untuk pasien (obat, kontrol)

4. Meningkatkan Keamanan dan Akurasi Data Pasien

- Sistem enkripsi dan otorisasi berbasis standar internasional (HIPAA, ISO)
- Audit trail dan keamanan cloud

5. Menurunkan Biaya Jangka Panjang

- Automasi proses administrasi dan klinis
- Optimalisasi sumber daya manusia dan logistik

6. Memfasilitasi Inovasi dan Riset Kesehatan

- Big Data untuk pemetaan epidemiologi dan penyakit langka
- Platform integrasi untuk kolaborasi global (misal: WHO Digital Health Atlas)

Kaitan TI dengan sistem informasi kesehatan (SIK)

1. TI sebagai Infrastruktur Pendukung Utama SIK

TI menyediakan *hardware*, *software*, dan jaringan yang menjadi fondasi teknis dari seluruh sistem informasi kesehatan. Tanpa TI, SIK tidak dapat berjalan secara otomatis, terintegrasi, atau real-time.

Contoh:

- Komputer server menyimpan **Rekam Medis Elektronik (RME)**
- Aplikasi mobile digunakan untuk **mHealth** dan **telekonsultasi**
- Jaringan komunikasi memungkinkan **pertukaran data antar fasilitas**

2. TI Memungkinkan Integrasi dan Interoperabilitas Data Kesehatan

TI memungkinkan **interoperabilitas** antar berbagai sistem seperti HIS (Hospital Information System), LIS (Laboratory Information System), dan RIS (Radiology Information System), sehingga:

- Data pasien tidak terfragmentasi
- Dokter dan manajer bisa membuat keputusan yang lebih baik dan cepat

Standar yang mendukung ini misalnya: HL7, FHIR, ICD-10, SNOMED CT.

3. TI Mendukung Analitik dan Pengambilan Keputusan Berbasis Data

SIK yang baik memanfaatkan TI untuk:

- **Big data analytics**: mendeteksi tren penyakit
- **Clinical decision support system (CDSS)**: membantu diagnosis
- **Dashboard manajemen**: menyajikan data indikator mutu secara visual

4. TI Meningkatkan Akses, Efisiensi, dan Transparansi

Dengan TI, SIK dapat:

- Diakses oleh tenaga kesehatan dan pasien secara jarak jauh (telemedicine)
- Mengurangi waktu pencarian data medis
- Meningkatkan transparansi dan akuntabilitas pelayanan (audit trail)

5. TI Menjamin Keamanan dan Kerahasiaan Data Kesehatan

Melalui TI, sistem informasi dapat dilindungi dengan:

- Enkripsi data
- Autentikasi dua langkah
- Pengendalian hak akses
- Backup dan disaster recovery system

Kerangka kerja WHO Digital Health (Global Strategy on Digital Health 2020–2025)

Tujuan Utama:

“To improve health for everyone, everywhere by accelerating the development and adoption of appropriate, accessible, affordable, scalable, and sustainable person-centric digital health solutions.” (“Untuk meningkatkan kesehatan bagi semua orang, di mana saja dengan mempercepat pengembangan dan penerapan solusi kesehatan digital yang tepat, mudah diakses, terjangkau, dapat ditingkatkan skalanya, dan berkelanjutan yang berpusat pada individu.”)

Empat Pilar Strategis Utama WHO Digital Health

Pilar	Fokus Utama
1. Promoting Global Collaboration and Advancing the Transfer of Knowledge	Memperkuat kerja sama global dan berbagi praktik baik antar negara
2. Advancing the Implementation of National Digital Health Strategies	Mendukung tiap negara dalam merancang dan mengimplementasikan strategi kesehatan digital nasional
3. Strengthening Governance, Policy, and Regulatory Approaches	Mendorong tata kelola, kebijakan, dan regulasi yang inklusif dan adaptif
4. Enhancing People-Centered Health Systems Enabled by Digital Health	Memastikan bahwa teknologi melayani kebutuhan pasien, bersifat inklusif dan tidak diskriminatif

Komponen Kunci dalam Kerangka Kerja WHO Digital Health

- Digital Health Architecture Blueprint:**
Panduan membangun sistem TI kesehatan nasional yang terstandarisasi dan terintegrasi.
- Digital Health Interoperability Standards:**
Menekankan penggunaan standar global seperti HL7 FHIR, ICD-10, SNOMED CT.

3. National eHealth Strategy Toolkit (WHO-ITU):

Kerangka kerja teknis dan kebijakan untuk negara-negara berkembang dan maju.

4. Digital Health Investment Framework:

Menyediakan panduan penganggaran dan keberlanjutan finansial solusi digital.

Prinsip-Prinsip Panduan WHO

1. *Equity-focused*: Mengurangi kesenjangan akses layanan
2. *Data-driven*: Semua kebijakan berbasis data
3. *Person-centered*: Fokus pada pasien sebagai pengguna utama
4. *Sustainable & Scalable*: Solusi yang bisa ditumbuhkembangkan
5. *Open & Interoperable*: Tidak bergantung pada vendor tunggal

Contoh Implementasi Digital Health berdasarkan WHO

- **India** – Ayushman Bharat Digital Mission
- **Rwanda** – Drones untuk pengiriman obat
- **Indonesia** – SatuSehat (Platform Data Terpadu)

Kerangka kerja WHO Digital Health dirancang untuk membantu negara-negara dalam mengadopsi, mengelola, dan mengembangkan solusi digital di sektor kesehatan secara sistematis dan berkelanjutan.

Bab 2. Komponen Teknologi Informasi dalam Kesehatan

Perangkat keras (Hardware)

Perangkat keras adalah **komponen fisik teknologi informasi** yang memungkinkan pengumpulan, pemrosesan, penyimpanan, dan pertukaran data kesehatan secara digital. Dalam konteks layanan kesehatan, hardware berperan sebagai tulang punggung infrastruktur sistem informasi.

1. Server

- **Fungsi:** Menyimpan dan mengelola data serta aplikasi sistem informasi seperti SIMRS, RME, laboratorium, radiologi, dan farmasi.
- **Jenis:**
 - *Local server:* Berada di dalam rumah sakit
 - *Cloud server:* Terletak secara remote dan diakses via internet (misal Amazon Web Services)
- **Manfaat:**
 - Menyediakan akses data terpusat
 - Menjamin keamanan dan backup data
 - Memungkinkan multi-user access

2. Jaringan (*Networking Devices*)

- **Fungsi:** Menghubungkan seluruh perangkat TI dalam fasilitas kesehatan agar dapat berkomunikasi dan berbagi data.
- **Komponen:**
 - *Router, switch, firewall, access point*
 - *LAN/WLAN untuk internal rumah sakit*
 - *VPN* untuk akses aman jarak jauh
- **Peran penting:**
 - Memungkinkan interoperabilitas antar sistem
 - Mendukung telemedicine dan monitoring pasien dari jarak jauh

3. Sensor

- **Fungsi:** Mengukur parameter fisiologis pasien secara otomatis dan real-time.
- **Contoh Sensor Medis:**
 - Sensor denyut jantung, tekanan darah, suhu tubuh, kadar oksigen (SpO₂)
 - Sensor glukosa (CGM – *continuous glucose monitoring*)
- **Manfaat:**
 - Meningkatkan akurasi pemantauan klinis
 - Mengurangi intervensi manual oleh tenaga kesehatan

4. Wearable Device

- **Fungsi:** Perangkat yang dikenakan oleh pasien untuk memantau kondisi kesehatan secara terus-menerus.
- **Contoh:**
 - *Smartwatch medis* (Fitbit, Apple Watch dengan ECG)
 - *Patch monitor* untuk EKG atau deteksi apnea
 - *Smart clothing* dengan sensor pernapasan
- **Aplikasi:**
 - Manajemen penyakit kronis (misalnya diabetes, hipertensi)
 - Pemulihan pasca operasi atau rehabilitasi
 - Deteksi dini kondisi darurat

Integrasi Hardware dengan Sistem Informasi

Semua perangkat keras ini harus:

- Terintegrasi ke dalam sistem informasi (SIMRS, EHR)
- Mematuhi standar interoperabilitas (HL7, FHIR)
- Didukung dengan kebijakan keamanan dan backup data

Perangkat lunak (Software)

Perangkat lunak adalah **program dan aplikasi digital** yang digunakan untuk mendukung pengelolaan data dan layanan kesehatan secara elektronik. Dalam sistem kesehatan, software memungkinkan pencatatan, pertukaran, analisis, dan visualisasi informasi secara efisien dan akurat.

1. Sistem Informasi Manajemen Rumah Sakit (SIMRS)

Definisi:

SIMRS adalah sistem perangkat lunak terintegrasi yang dirancang untuk mengelola seluruh proses administratif dan klinis di rumah sakit.

Modul Utama:

- a. Pendaftaran pasien
- b. Rawat jalan dan rawat inap
- c. Farmasi dan logistik
- d. Rekam Medis Elektronik (RME)
- e. Laboratorium dan radiologi
- f. Billing dan klaim BPJS
- g. Manajemen SDM dan keuangan rumah sakit

Manfaat:

- Mengurangi duplikasi data
- Meningkatkan efisiensi pelayanan
- Mempercepat proses klaim ke BPJS
- Meningkatkan akuntabilitas dan transparansi manajemen

Regulasi Indonesia:

- Permenkes No. 82 Tahun 2013 tentang SIMRS
- SIMRS wajib mendukung *interoperabilitas* dengan platform nasional (*SATUSEHAT*)

2. Aplikasi e-Health

Definisi:

e-Health adalah penggunaan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) untuk mendukung pelayanan kesehatan, pendidikan kesehatan, dan administrasi kesehatan secara elektronik.

Contoh Aplikasi e-Health:

- Portal rekam medis online (pasien bisa akses hasil lab, resep, dll)
- Sistem registrasi dan janji temu online
- CDSS (Clinical Decision Support System)
- Dashboard manajemen mutu layanan

Cakupan Global:

e-Health dapat melibatkan berbagai sistem digital di tingkat rumah sakit, daerah, atau nasional—termasuk *Health Information Exchange (HIE)* dan sistem pelaporan epidemiologi berbasis web.

3. Aplikasi mHealth (Mobile Health)

Definisi:

mHealth adalah bagian dari e-Health yang secara khusus menggunakan **perangkat seluler** (HP, tablet, wearable) untuk mengirimkan layanan atau informasi kesehatan.

Jenis Aplikasi mHealth:

- Aplikasi pengingat minum obat
- Pelacakan aktivitas fisik dan diet
- Pemantauan penyakit kronis (diabetes, asma)
- Konsultasi daring (telemedicine via aplikasi)
- Chatbot edukasi pasien

Manfaat mHealth:

- Meningkatkan keterlibatan pasien (*patient engagement*)
- Menjangkau daerah terpencil
- Mendukung pemantauan mandiri (self-monitoring)
- Meningkatkan literasi kesehatan

Contoh Nasional & Internasional:

- PeduliLindungi → SATUSEHAT Mobile (Indonesia)
- Ada Health App (Jerman)
- Babylon Health (UK)

Keterkaitan antar Software

- SIMRS → Sistem utama di rumah sakit
- e-Health → Sistem terintegrasi tingkat lintas institusi
- mHealth → Antarmuka langsung ke pasien

Ketiganya idealnya terhubung secara *interoperabel* dalam satu ekosistem sistem kesehatan digital.

Jaringan dan Infrastruktur

Jaringan dan infrastruktur teknologi adalah fondasi yang memungkinkan berbagai sistem informasi, sensor, perangkat lunak, dan data klinis saling terhubung, bertukar informasi, dan beroperasi secara real-time dan aman dalam lingkungan digital kesehatan.

1. Internet of Medical Things (IoMT)

Definisi:

IoMT adalah ekosistem perangkat medis yang **terhubung ke internet**, digunakan untuk **mengumpulkan, mengirim, dan menganalisis data kesehatan secara otomatis dan berkelanjutan**.

Contoh Perangkat IoMT:

- Monitor EKG jarak jauh
- Smart insulin pens
- Alat pacu jantung yang terhubung dengan server rumah sakit
- Smart bed di ICU (dengan sensor tekanan, gerakan, suhu)

Fungsi dan Manfaat:

- **Pemantauan pasien real-time** (misalnya di rumah atau ICU)
- **Perawatan proaktif** berdasarkan data yang dikumpulkan otomatis
- **Pencegahan komplikasi** melalui deteksi dini anomali
- Mengurangi kunjungan rumah sakit dan beban tenaga medis

Tantangan:

- Keamanan data (cybersecurity)
- Interoperabilitas antar perangkat
- Konektivitas di daerah terpencil

2. Cloud Computing

Definisi:

Cloud computing adalah **penyimpanan dan pemrosesan data secara virtual** melalui internet, bukan pada server lokal. Ini memungkinkan rumah sakit dan institusi kesehatan **mengakses data dari mana saja** dengan koneksi internet.

Manfaat Cloud dalam Kesehatan:

- Penyimpanan besar dan fleksibel untuk rekam medis, radiologi, dll.
- Kolaborasi antar tenaga medis dan fasilitas
- Pemulihan bencana (disaster recovery)
- Skalabilitas dan efisiensi biaya

Contoh Penggunaan:

- Data RME nasional tersimpan di cloud (misal platform **SATUSEHAT** di Indonesia)
- Analisis data kesehatan populasi berbasis cloud AI

Risiko yang Harus Dikelola:

- Kepatuhan terhadap regulasi (HIPAA, GDPR, Permenkes 24/2022)
- Enkripsi dan kontrol akses yang kuat

3. Edge Computing

Definisi:

Edge computing adalah **pemrosesan data dilakukan langsung di lokasi perangkat** (misalnya rumah sakit, wearable device), bukan dikirim dulu ke cloud. Ini memungkinkan **respons cepat** dan **latensi rendah**, sangat penting untuk layanan kritis.

Contoh Penggunaan Edge dalam Kesehatan:

- Alat pemantauan jantung yang mendeteksi aritmia langsung dan memberi alarm
- Sistem bed-side yang menganalisis data vital pasien secara lokal
- Wearable yang memproses data aktivitas tanpa koneksi cloud konstan

Kelebihan Edge Computing:

- Kecepatan tinggi
- Lebih hemat bandwidth
- Mendukung layanan kritis real-time

Keterkaitan Infrastruktur Ini dalam Sistem Kesehatan Digital

Komponen	Peran
IoMT	Menghasilkan data kesehatan dari perangkat
Edge	Memproses data secara cepat di dekat sumber
Cloud	Menyimpan, mengolah, dan menyebarkan data lintas sistem

Ketiga elemen ini saling melengkapi untuk menciptakan sistem informasi kesehatan yang cerdas, responsif, dan berkelanjutan.

Bab 3. Inovasi Teknologi Terkini

Big Data & Data Analytics

Definisi Big Data Kesehatan:

Big Data dalam bidang kesehatan mengacu pada **volume besar data** yang berasal dari berbagai sumber—baik klinis, administratif, maupun perilaku—yang dikumpulkan secara kontinu dan real-time, untuk kemudian dianalisis guna mendukung pengambilan keputusan kesehatan secara efisien dan berbasis bukti.

1. Pengumpulan, Penyimpanan, dan Analisis Data Populasi

Sumber Data Populasi:

- Rekam Medis Elektronik (RME)
- Data BPJS dan sistem klaim
- Surveilans penyakit menular dan tidak menular
- Data demografi dan sensus kesehatan
- Wearable devices dan aplikasi mHealth
- Media sosial & data lingkungan (cuaca, polusi)

Tahapan Proses Big Data:

Tahapan	Penjelasan
1. Pengumpulan (Collection)	Mengumpulkan data dari berbagai sistem: klinik, laboratorium, aplikasi mobile, sensor
2. Penyimpanan (Storage)	Data disimpan dalam cloud, data lake, atau warehouse menggunakan sistem terstruktur & tidak terstruktur
3. Pembersihan (Cleaning)	Menghapus duplikasi, memperbaiki inkonsistensi
4. Analisis (Analysis)	Menggunakan <i>data mining</i> , <i>machine learning</i> , <i>visualisasi statistik</i>
5. Penyajian (Presentation)	Hasil ditampilkan dalam bentuk dashboard, peta risiko, atau laporan untuk pengambil kebijakan

Manfaat:

- Memetakan **tren penyakit** secara nasional (misal: hipertensi meningkat di usia 30–40)
- Mengidentifikasi **kelompok berisiko tinggi**
- Menilai efektivitas program intervensi (contoh: imunisasi, kampanye gizi)

2. Predictive Analytics dalam Perencanaan Kesehatan

Definisi:

Predictive analytics adalah **penggunaan teknik statistik dan AI untuk memprediksi kejadian masa depan** berdasarkan data historis dan tren saat ini.

Contoh Penerapan:

Aplikasi	Penjelasan
Perencanaan kapasitas RS	Memproyeksikan lonjakan pasien saat musim flu/DHF
Manajemen penyakit kronis	Memprediksi kemungkinan pasien gagal jantung masuk rawat inap dalam 30 hari ke depan
Deteksi wabah dini	Menggunakan data suhu tubuh, pola gejala dari mHealth untuk deteksi DBD/COVID
Prediksi kebutuhan SDM	Menganalisis beban kerja tenaga medis dan prediksi kekurangan dokter/perawat

Metode Analitik Umum:

- Regresi logistik & linier
- Machine learning (Random Forest, SVM)
- Model spasial geografis
- Natural Language Processing (NLP) dari catatan medis

Nilai Tambah untuk Sistem Kesehatan

- Pengambilan keputusan lebih akurat
- Respons terhadap penyakit lebih cepat
- Alokasi sumber daya lebih efisien
- Pemantauan program kesehatan berbasis real-time

Artificial Intelligence (AI) & Machine Learning (ML)

Definisi Umum

- **Artificial Intelligence (AI)** adalah kemampuan sistem komputer untuk meniru proses berpikir manusia, seperti penalaran, pembelajaran, dan pengambilan keputusan.
- **Machine Learning (ML)** adalah cabang dari AI yang memungkinkan komputer **belajar dari data** tanpa diprogram secara eksplisit.

AI dan ML dalam kesehatan memanfaatkan *data medis dalam jumlah besar* untuk mengenali pola, membuat prediksi, dan membantu tenaga kesehatan dalam pengambilan keputusan klinis.

1. AI dalam Radiologi, Patologi Digital, dan Penilaian Risiko

◆ Radiologi:

- AI digunakan untuk **mendeteksi kelainan dalam gambar X-ray, CT Scan, dan MRI** secara otomatis dan cepat.
- Contoh: deteksi dini kanker paru, tumor otak, fraktur tulang, emboli paru.
- Tools: Google DeepMind, Aidoc, Zebra Medical Vision.

◆ Patologi Digital:

- AI digunakan dalam **analisis slide mikroskopik digital** untuk mendeteksi sel kanker, perubahan jaringan, atau infeksi.
- Memungkinkan pathologist bekerja dengan lebih cepat dan akurat.
- Dapat membantu dalam identifikasi jenis kanker dan grading tumor.

◆ Penilaian Risiko (Risk Scoring):

- AI digunakan untuk **mengidentifikasi pasien dengan risiko tinggi** komplikasi atau kejadian akut, misalnya:
 - Risiko serangan jantung (berdasarkan data EKG, lab, rekam medis)
 - Risiko infeksi nosokomial
 - Prediksi readmisi rumah sakit dalam 30 hari

2. Chatbot dan Decision Support System

♦ Chatbot Kesehatan:

- Chatbot berbasis AI digunakan untuk **interaksi otomatis dengan pasien**, termasuk:
 - Edukasi penyakit dan gejala
 - Pengingat pengobatan
 - Skrining awal (misalnya COVID-19 self-check)
- Contoh:
 - **Ada Health** (UK)
 - **Sensely**
 - **SehatPedia** (Indonesia)

♦ Clinical Decision Support System (CDSS):

- Sistem ini **memberikan rekomendasi klinis berbasis algoritma** kepada dokter berdasarkan data pasien dan standar medis.
- Fungsi:
 - Memberi peringatan alergi obat
 - Rekomendasi dosis obat berdasarkan berat badan dan status ginjal
 - Saran diagnosis banding berdasarkan gejala yang dimasukkan
 - Membantu penilaian gizi atau penatalaksanaan rawat inap
- CDSS yang canggih memanfaatkan ML untuk menyesuaikan rekomendasi berdasarkan hasil-hasil kasus sebelumnya.

Manfaat AI/ML dalam Layanan Kesehatan

Manfaat	Penjelasan
Kecepatan dan Akurasi	Mendeteksi kelainan lebih cepat dari manusia
Efisiensi Sumber Daya	Membantu dokter dalam skrining awal dan tugas repetitif
Pengambilan Keputusan yang Lebih Baik	CDSS memberikan rekomendasi berbasis bukti dan data historis
Peningkatan Akses	Chatbot memberikan layanan 24/7 tanpa batas lokasi

Tantangan Implementasi

- Validitas dan bias algoritma
- Persetujuan etik dan regulasi
- Privasi data pasien
- Ketergantungan berlebihan pada sistem otomatis

Blockchain

Apa itu Blockchain?

Blockchain adalah teknologi penyimpanan data **terdesentralisasi** dan **terenkripsi**, yang menyimpan informasi dalam bentuk rantai blok digital yang saling terkait dan **tidak bisa diubah tanpa jejak**. Setiap transaksi dicatat dalam blok baru dan diverifikasi oleh jaringan.

Manfaat Blockchain dalam Sistem Informasi Kesehatan

1. Transparansi Data RME

- Setiap akses, perubahan, atau penambahan data pada RME dapat **ditelusuri** (audit trail).
- Mencegah praktik curang atau penyalahgunaan data oleh pihak internal maupun eksternal.
- Memungkinkan pasien mengetahui **siapa yang mengakses datanya**, kapan, dan untuk apa.

Contoh: Pasien menerima notifikasi jika dokter baru mengakses RME-nya.

2. Keamanan dan Privasi yang Tinggi

- **Data dienkripsi dan didistribusikan** di banyak simpul jaringan (nodes), sehingga tidak mudah diretas atau dimanipulasi.
- **Desentralisasi:** Tidak ada satu pihak yang memiliki kendali penuh atas seluruh data.
- Meningkatkan **kepercayaan** pasien terhadap sistem informasi rumah sakit.

Misalnya: Jika satu server rumah sakit rusak, data tetap aman di simpul blockchain lainnya.

3. Kontrol Data oleh Pasien

- Pasien dapat memiliki kunci pribadi (private key) untuk **mengatur siapa saja yang berhak melihat datanya**.
- Meningkatkan *patient empowerment* dan hak kendali atas informasi pribadi.

Aplikasi Blockchain dalam Dunia Nyata

Negara/Institusi	Implementasi
Estonia	Seluruh RME nasional disimpan dengan blockchain sejak 2012
MedRec (MIT)	Prototipe blockchain untuk rumah sakit di AS
BurstIQ (USA)	Platform pertukaran data kesehatan aman dan terenkripsi
Indonesia	Potensi integrasi dengan platform <i>SATUSEHAT</i> , namun masih tahap eksplorasi

Kelebihan Blockchain dalam RME

Kelebihan	Penjelasan
Immutable Record	Tidak bisa diubah tanpa tercatat
Real-time Auditability	Bisa dilacak langsung siapa yang mengakses/ubah data
Smart Contracts	Data bisa terbuka hanya jika syarat tertentu terpenuhi

Interoperabilitas Global	Memungkinkan pertukaran data antar negara/fasilitas secara aman
--------------------------	---

Tantangan Implementasi

- Kompleksitas teknis dan biaya
- Standarisasi dan interoperabilitas
- Kesiapan infrastruktur digital rumah sakit
- Regulasi terkait kerahasiaan data

Telemedicine & Telehealth

Definisi:

- **Telemedicine** adalah penyampaian layanan medis **jarak jauh** melalui teknologi komunikasi, seperti konsultasi dokter, diagnosa, dan terapi.
- **Telehealth** adalah istilah yang lebih luas, mencakup telemedicine + **layanan non-klinis** seperti edukasi, pelatihan, dan manajemen sistem.

1. Konsultasi Jarak Jauh

Cara Kerja:

- Pasien menggunakan **aplikasi mobile/web** untuk membuat janji, mengisi gejala, dan melakukan **video call** atau **chat** dengan tenaga medis.
- Dokter memberikan diagnosis awal, saran terapi, atau merujuk ke layanan langsung jika perlu.

Contoh Platform:

- **Alodokter, Halodoc, SehatQ** (Indonesia)
- **Teladoc Health, Amwell** (internasional)

Manfaat:

- Mengurangi waktu tunggu & antrean
- Menjangkau wilayah terpencil atau saat darurat (misal: pandemi)
- Menurunkan biaya transportasi dan logistik

Jenis Konsultasi Umum:

- Infeksi ringan
- Konsultasi psikologis
- Tinjauan ulang hasil lab
- Pemeriksaan tindak lanjut

2. Pemantauan Penyakit Kronis secara Real-Time

Penyakit Kronis yang Dipantau:

- Diabetes (monitoring glukosa)
- Hipertensi (tekanan darah digital)
- Gagal jantung (deteksi berat badan & EKG)

- Asma & PPOK (saturasi oksigen)

Perangkat dan Teknologi:

- **Wearable devices:** Smartwatch, patch monitor, smart BP cuffs
- **Sensor rumah tangga:** Timbangan Bluetooth, glucometer digital
- **IoMT + Cloud:** Data dikirim ke dokter secara otomatis
- **AI-based alert:** Memberi peringatan jika nilai kritis terdeteksi

Dampak Positif:

- Pencegahan komplikasi (deteksi dini eksaserbasi)
- Efisiensi rawat jalan & edukasi pasien mandiri
- Intervensi cepat oleh tenaga kesehatan

Contoh Implementasi:

- **Indonesia:** Program telemonitoring untuk pasien hipertensi & DM di daerah 3T (tertinggal, terdepan, terluar)
- **USA:** Program “Remote Patient Monitoring” (RPM) Medicare

Tantangan Telemedicine/Telehealth

Aspek	Tantangan
Teknis	Keterbatasan koneksi internet di daerah terpencil
Regulasi	Masih berkembang, terkait izin praktik & tanggung jawab hukum
Keamanan Data	Potensi kebocoran data pasien
Adopsi	Kurangnya literasi digital pasien dan tenaga medis

Peran Telehealth dalam Ekosistem Kesehatan Digital

- Terhubung dengan SIMRS, aplikasi mHealth, dan data nasional (SATUSEHAT)
- Mendukung transformasi layanan primer dan promotif
- Menjadi jembatan digital antara pasien dan fasilitas kesehatan

Mobile Health (mHealth)

Definisi:

mHealth (Mobile Health) adalah penggunaan **perangkat seluler** (smartphone, tablet, smartwatch) dan aplikasi untuk menyediakan layanan, informasi, dan intervensi kesehatan secara digital dan portabel.

mHealth merupakan bagian dari *e-Health* yang fokus pada akses langsung pasien terhadap informasi dan layanan kesehatan melalui perangkat mobile.

1. Aplikasi Edukasi Kesehatan

Tujuan:

Meningkatkan **literasi kesehatan masyarakat** dengan memberikan informasi yang benar, mudah diakses, dan interaktif mengenai pencegahan, perawatan, dan pengelolaan penyakit.

Fitur Umum:

- Artikel dan video edukasi tentang penyakit (hipertensi, diabetes, COVID-19, dll.)
- Kuis interaktif & asesmen mandiri (self-assessment)
- Edukasi gizi, olahraga, kesehatan mental
- Tanya jawab dengan dokter/AI chatbot

Contoh Aplikasi:

- **SehatPedia** (Kemenkes RI)
- **Alodokter, KlikDokter**
- **Ada Health** (UK): edukasi berbasis gejala
- **Flo, Clue**: edukasi kesehatan reproduksi wanita

Manfaat:

- Mendorong perubahan perilaku sehat
- Membantu pasien mengelola penyakit kronis
- Menekan hoaks kesehatan di masyarakat

2. Aplikasi Pengingat Minum Obat (Medication Reminder)

Fungsi Utama:

Membantu pasien **mengingat waktu dan dosis obat** yang harus diminum sesuai resep, terutama bagi pasien lansia atau penderita penyakit kronis.

Fitur Umum:

- Alarm/pengingat harian minum obat
- Jadwal terapi yang disesuaikan (pagi, siang, malam)
- Pencatatan kepatuhan (adherence log)
- Sinkronisasi dengan keluarga atau caregiver
- Integrasi dengan sistem dokter (notifikasi bila dosis terlewat)

Contoh Aplikasi:

- Medisafe
- MyTherapy
- Pill Reminder Meds Alarm
- Fitur pada aplikasi BPJS Health Mobile (*fitur masih terbatas*)

Manfaat Klinis:

- Meningkatkan kepatuhan pengobatan (medication adherence)
- Mengurangi rawat inap akibat kelalaian dosis
- Mendukung manajemen penyakit jangka panjang

mHealth sebagai Komponen Sistem Informasi Kesehatan

Komponen	Peran
Pasien	Pengguna aktif aplikasi (edukasi, minum obat)
Dokter	Memonitor data & merespons notifikasi dari pasien
Data Nasional	mHealth bisa diintegrasikan ke platform nasional (<i>SATUSEHAT</i>)

Tantangan Implementasi mHealth

- Kesenjangan digital (akses & literasi)
- Kebutuhan validasi medis dan akurasi konten
- Perlindungan data pribadi dan keamanan aplikasi

Augmented/Virtual Reality

Definisi:

- **Augmented Reality (AR):** Teknologi yang **menambahkan elemen digital ke dunia nyata** secara real-time, biasanya melalui kamera/gadget (misal: menampilkan organ tubuh secara overlay saat operasi).
- **Virtual Reality (VR):** Teknologi yang menciptakan **simulasi lingkungan digital imersif** yang dapat berinteraksi penuh, biasanya menggunakan headset VR (misal: Oculus Rift, HTC Vive).

Keduanya termasuk dalam **extended reality (XR)** dan makin banyak digunakan dalam pendidikan, pelayanan, dan pemulihan kesehatan.

1. Pelatihan Medis (Medical Training)

Tujuan:

- Memberikan pengalaman belajar interaktif dan imersif kepada mahasiswa kedokteran, perawat, dan tenaga kesehatan lainnya.
- Mengurangi risiko kesalahan saat menghadapi pasien nyata.

Contoh Penerapan:

- **Simulasi operasi bedah dengan VR**
- **Anatomi 3D AR:** Mahasiswa dapat melihat organ dan sistem tubuh dengan overlay ke tubuh nyata
- **Pelatihan CPR dan kegawatdaruratan** menggunakan skenario virtual
- **Skill lab virtual:** seperti menyuntik, memasang infus, atau menangani trauma

Platform Populer:

- Touch Surgery, Body Interact
- HoloAnatomy (Microsoft HoloLens)
- FundamentalVR

Manfaat:

- Belajar **tanpa risiko klinis**
- Bisa diulang-ulang kapan saja
- Menumbuhkan respons cepat dalam kondisi darurat

2. Rehabilitasi Pasien (Patient Rehabilitation)

Tujuan:

- Membantu pasien memulihkan **fungsi motorik, kognitif, dan emosional** melalui interaksi dengan lingkungan digital yang terarah dan menyenangkan.

Contoh Penerapan:

- **Stroke rehab dengan VR game:** membantu melatih gerakan tangan/kaki pasien stroke
- **VR untuk pasien Parkinson:** latihan keseimbangan dan gerakan
- **AR untuk terapi fobia dan PTSD:** simulasi bertahap untuk mengurangi trauma
- **Rehabilitasi pasca operasi ortopedi:** latihan berjalan/melangkah dalam simulasi

Manfaat Klinis:

- Meningkatkan motivasi dan keterlibatan pasien
- Memungkinkan terapi jarak jauh (*telerehabilitation*)
- Bisa dikustomisasi sesuai kondisi pasien
- Dapat melacak dan menganalisis perkembangan pasien

AR/VR dalam Ekosistem Digital Kesehatan

Aspek	AR/VR Meningkatkan...
Pembelajaran	Interaktivitas & pengalaman praktik
Keselamatan	Simulasi risiko tanpa menyakiti pasien
Rehabilitasi	Efektivitas terapi dan keterlibatan pasien
Akses	Pendidikan dan terapi jarak jauh (rural/difabel)

Tantangan Implementasi

- Biaya perangkat & lisensi
- Kebutuhan pelatihan pengguna
- Ketersediaan konten lokal dan validasi medis
- Risiko ketergantungan atau mual (*VR sickness*)

Bab 4. Keamanan dan Etika dalam Teknologi Kesehatan

Cybersecurity dan Privasi Data Pasien:

Definisi:

Cybersecurity di bidang kesehatan adalah **perlindungan terhadap sistem informasi kesehatan, jaringan, dan data pasien** dari akses yang tidak sah, peretasan, kebocoran, atau kerusakan.

Privasi data pasien menyangkut **hak individu** atas kendali terhadap data kesehatan pribadinya—siapa yang boleh mengakses, kapan, dan untuk apa.

1. Kerangka Kerja NIST untuk Infrastruktur Kritis

Apa itu NIST?

NIST (National Institute of Standards and Technology – AS) mengembangkan **Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity**, digunakan secara luas sebagai standar global termasuk di bidang kesehatan.

Komponen Utama Framework NIST:

1. **Identify** → Mengetahui sistem, aset, risiko
2. **Protect** → Mengembangkan kontrol akses, enkripsi, firewall
3. **Detect** → Memastikan adanya sistem deteksi intrusi
4. **Respond** → Protokol respons insiden bila terjadi pelanggaran
5. **Recover** → Proses pemulihan sistem & data pasca insiden

Relevansi untuk RS dan Klinik:

- Membantu menyusun kebijakan keamanan TI rumah sakit
- Menjadi referensi pengembangan SOP keamanan data pasien
- Meningkatkan **resiliensi digital** sektor kesehatan

2. GDPR (General Data Protection Regulation)

Prinsip GDPR yang Berlaku Umum:

- **Consent** → Pasien harus menyetujui pengumpulan datanya
- **Purpose limitation** → Data hanya boleh digunakan sesuai tujuan awal
- **Data minimization** → Hanya data yang relevan yang boleh dikumpulkan
- **Right to access & erase** → Pasien berhak melihat dan menghapus datanya
- **Accountability & Security** → Institusi wajib menjaga keamanan dan mencatat seluruh akses

Relevansi Global:

Meskipun GDPR berasal dari Uni Eropa, banyak prinsipnya **diadopsi dalam sistem informasi kesehatan di seluruh dunia**, termasuk Indonesia.

3. Regulasi Indonesia: Permenkes No. 24 Tahun 2022 tentang Rekam Medis Elektronik (RME)

Poin-Poin Penting:

- **Pasal 5:** RME wajib dilengkapi sistem keamanan informasi
- **Pasal 6–8:** Penggunaan tanda tangan elektronik tersertifikasi
- **Pasal 10:** Akses terhadap RME harus menggunakan *otorisasi pengguna*
- **Pasal 11:** Backup berkala dan sistem audit trail wajib tersedia
- **Pasal 13:** Data pasien harus **tersimpan di server lokal atau cloud lokal** Indonesia
- **Pasal 14:** Tenaga kesehatan bertanggung jawab atas validitas dan kerahasiaan data

Implementasi Teknis:

- Autentikasi pengguna (username/password + 2FA)
- Enkripsi data (AES, RSA)
- Firewall & deteksi intrusi (IDS/IPS)
- Logging & notifikasi akses ilegal

Tantangan Umum dalam Cybersecurity Kesehatan

Tantangan	Dampak
Phishing & Malware	Akses tidak sah ke RME
Human error	Data bocor akibat kelalaian staf
Sistem lama (legacy)	Rentan terhadap eksploitasi
Kurangnya pelatihan	Tenaga medis tidak sadar risiko TI

Etika dalam Pemanfaatan AI dan Big Data:

Teknologi AI dan Big Data dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas layanan kesehatan, namun tanpa kerangka etika yang tepat, penggunaannya dapat menimbulkan risiko diskriminatif, pelanggaran hak pasien, dan ketimpangan akses.

1. Bias Algoritma dan Akuntabilitas

Bias Algoritma (Algorithmic Bias):

Terjadi ketika sistem AI **menghasilkan keputusan yang tidak adil atau berat sebelah**, karena dilatih pada data yang tidak representatif atau mengandung prasangka.

Contoh dalam Kesehatan:

- AI yang dilatih hanya dengan data pasien kulit putih bisa **gagal mengenali penyakit pada kulit gelap**.
- Prediksi risiko penyakit berdasarkan **data ekonomi pasien** bisa salah menilai kebutuhan perawatan.

Akuntabilitas:

- Siapa yang bertanggung jawab jika AI membuat kesalahan diagnosis?

- Dokter?
- Developer AI?
- Rumah sakit?
- **Etika menuntut adanya kejelasan tanggung jawab**, meskipun keputusan dibantu AI.

Prinsip Etis:

- *Explainability* (dapat dijelaskan)
- *Auditability* (dapat diaudit)
- *Human-in-the-loop*: keputusan akhir tetap oleh manusia

2. Isu Keadilan Digital dan Inklusi Akses

Keadilan Digital (Digital Equity):

- Penggunaan AI dan Big Data harus mempertimbangkan **akses yang setara**, tidak hanya untuk kelompok perkotaan, kaya, atau melek digital.

Contoh Ketimpangan:

- Aplikasi kesehatan berbasis AI hanya bisa digunakan di HP dengan spesifikasi tinggi → *marginalisasi kelompok miskin*
- Bahasa aplikasi hanya tersedia dalam bahasa nasional → *mengesampingkan masyarakat adat/lokal*

Inklusi Akses (Inclusion):

- Teknologi harus dirancang untuk **menjangkau populasi rentan**, seperti:
 - Lansia
 - Penyandang disabilitas
 - Masyarakat pedesaan
 - Pengguna dengan literasi digital rendah

Solusi Inklusif:

- Desain ramah pengguna (*universal design*)
- Multi-bahasa dan visual interaktif
- Kolaborasi dengan komunitas lokal saat pengembangan sistem
- Akses offline atau berbasis SMS/USSD untuk daerah tanpa internet stabil

Prinsip Etika Global dalam AI dan Big Data (WHO, UNESCO):

Prinsip	Makna
Beneficence	Teknologi harus memberikan manfaat bagi kesehatan manusia
Non-maleficence	Tidak menimbulkan kerugian atau diskriminasi
Autonomy	Pasien berhak tahu dan memilih bagaimana datanya digunakan
Justice	Teknologi tidak boleh memperlebar kesenjangan kesehatan
Transparency & Accountability	Sistem harus dapat dijelaskan dan diaudit