

KARYA TULIS ILMIAH SPARK-G FESTIVAL 2026



MAC (*MEDICATION ADHERENCE COMPANION*): Aplikasi Pendamping Minum Obat Berbasis Kecerdasan Buatan (AI) dan *Offline-First* sebagai Strategi Peningkatan Kepatuhan Pengobatan Tuberkulosis untuk Mengendalikan Resistensi Antimikroba (AMR)

Disusun Oleh:

- 1. MEUTIA AISYAH LUBIS**
- 2. RIADOH AMALIAH**

**SMA NEGERI 2 PLUS
PANYABUNGAN**

PANYABUNGAN

2026

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul : MAC (*MEDICATION ADHERENCE COMPANION*): Aplikasi Pendamping Minum Obat Berbasis Kecerdasan Buatan (AI) dan *Offline-First* sebagai Strategi Peningkatan Kepatuhan Pengobatan Tuberkulosis untuk Mengendalikan Resistensi Antimikroba (AMR)
2. Tema : Pengendalian Resistensi Antimikroba (AMR) - Aksi Nyata Generasi Muda
3. Ketua Kelompok
- a. Nama Lengkap : Meutia Aisyah Lubis
 - b. Nama Sekolah : SMAN 2 Plus Panyabungan
 - c. Alamat Rumah : Desa Roburan Lombang Kecamatan Panyabungan Selatan
 - d. No.HP : 081361527074
 - e. Alamat e-mail : meutiaaisyah5@gmail.com
4. Guru Pendamping
- a. Nama Lengkap : Muhammad Falah Nasution, S.Pd
 - b. NIP : 199702012025211113
 - c. Alamat Rumah : Malintang, Kec. Bukit Malintang, Kab. Mandailing Natal
 - d. No.HP : 082286711665

Panyabungan, 22 Oktober 2026

Mengetahui,

Guru Pendamping



Muhammad Falah Nasution, S.Pd
NIP. 199702012025211113



Hendri, M.Pd
NIP. 1983061320009041003

HALAMAN PENGESAHAN

ABSTRAK

Resistensi antimikroba (*antimicrobial resistance/AMR*) merupakan ancaman kesehatan global yang pada 2021 diperkirakan berkaitan dengan 4,71 juta kematian, sementara ketidakpatuhan minum obat pada tuberkulosis (TBC) berisiko memicu TBC resistan obat. Indonesia menyumbang sekitar 10% kasus TBC dunia sehingga penguatan kepatuhan berobat menjadi langkah strategis. Karya tulis ini bertujuan mengkaji bukti ilmiah mengenai intervensi kepatuhan berbasis teknologi digital dan merumuskan rancangan *Medication Adherence Companion*, yaitu aplikasi pengingat obat berbasis kecerdasan buatan (AI) dengan prediksi risiko putus obat, asisten informasi efek samping dan interaksi obat, serta fitur *offline-first*. Metode yang digunakan adalah kajian literatur naratif terhadap laporan WHO, regulasi nasional, dan artikel ilmiah. Hasil kajian menunjukkan bahwa intervensi kepatuhan, seperti edukasi dan konseling, pengingat, serta teknologi digital, berkaitan dengan perbaikan luaran pengobatan TBC, dan bahwa pemodelan data kepatuhan digital dapat membantu petugas memprioritaskan pasien berisiko, namun bukti efektivitas masih beragam. Kajian juga menegaskan pentingnya desain inklusif, perlindungan data pribadi, dan pendampingan profesional yang diawasi puskesmas. Disimpulkan bahwa *Medication Adherence Companion* layak dikembangkan sebagai alat bantu pendamping, bukan pengganti tenaga kesehatan, dan perlu diuji secara terbatas di lapangan sebelum diterapkan lebih luas.

Kata kunci: resistensi antimikroba; tuberkulosis; kepatuhan minum obat; kecerdasan buatan; desain inklusif

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas selesainya karya tulis ilmiah yang berjudul “MAC (*MEDICATION ADHERENCE COMPANION*): Aplikasi Pendamping Minum Obat Berbasis Kecerdasan Buatan (AI) dan *Offline-First* sebagai Strategi Peningkatan Kepatuhan Pengobatan Tuberkulosis untuk Mengendalikan Resistensi Antimikroba (AMR)” . Karya tulis ini disusun dalam rangka mengikuti lomba karya tulis ilmiah dengan tema "Pengendalian Resistensi Antimikroba (AMR)- Aksi Nyata Generasi Muda” dalam rangka kegiatan SPARK-G Festival 2026, Badan POM Medan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Guru Pendamping, Kepala Sekolah, serta semua pihak yang membantu penyusunan karya ini. Penulis menyadari tulisan ini masih memiliki keterbatasan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga karya ini bermanfaat bagi upaya pengendalian resistensi antimikroba di Indonesia.

Panyabungan, 2026

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS.....	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
SURAT PERNYATAAN HAK PENGGUNAAN KARYA TULIS ILMIAH (KTI) SPARK G FESTIVAL	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Antibiotik dan Prinsip Pengobatan TB	4
2.2 Mekanisme Resistensi Mikroba	5
2.3 Regulasi Terkait.....	5
2.4 Teknologi Pendukung Kepatuhan	6
2.5 Penelitian Terdahulu	7
BAB III METODOLOGI	7
3.1 Jenis studi.....	7
3.2 Sumber dan strategi pencarian	7
3.3 Kriteria seleksi Kriteria inklusi	8
3.4 Prosedur dan analisis	8
3.5 Validitas dan keterbatasan	8
BAB IV PEMBAHASAN.....	9
4.1 Ketidakepatuhan Pengobatan sebagai Pendorong AMR	9

4.2 Bukti Intervensi Kepatuhan Digital dan Prediktif.....	9
4.3 Rancangan <i>Medication Adherence Companion</i>	10
4.4 Aksi Nyata: Pendampingan Profesional dan Pelaporan Agregat	11
4.5 Evaluasi Efektivitas Implementasi.....	12
4.6 Tantangan dan Keterbatasan	12
BAB V PENUTUP	13
5.1 Kesimpulan	13
5.2 Saran	13
DAFTAR PUSTAKA.....	14
Lampiran 1: Konsep Sederhana Website MAC	18

Surat Pernyataan Orisinalitas

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Meutia Aisyah Lubis

Asal Sekolah : SMA N 2 Plus Panyabungan

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya yang berjudul

MAC (*MEDICATION ADHERENCE COMPANION*): Aplikasi Pendamping Minum Obat Berbasis Kecerdasan Buatan (AI) dan *Offline-First* sebagai Strategi Peningkatan Kepatuhan Pengobatan Tuberkulosis untuk Mengendalikan Resistensi Antimikroba (AMR)

Adalah benar karya kami sendiri, tidak melakukan plagiarisme atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika pembuatan karya tulis yang berlaku dan merupakan karya orisinal. Atas pernyataan ini kami siap menerima sanksi yang dijatuhkan kepada kami apabila dikemudian hari ditemukan pelanggaran dalam pembuatan karya ini.

Panyabungan, 21 Oktober 2026

Yang membuat pernyataan



(Meutia Aisyah Lubis)

**SURAT PERNYATAAN HAK PENGGUNAAN KARYA TULIS ILMIAH (KTI)
SPARK G FESTIVAL**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Ketua Tim : Meutia Aisyah Lubis
Nomor Identitas (NISN/KTP) : 0098215221
Asal Sekolah : SMA Negeri 2 Plus Panyabungan
Alamat Sekolah : JL. Prof. Dr. Andi Hakim Nasution, Pidoli Lombang,
Kecamatan Panyabungan, Kabupaten Mandailing Natal,
Sumatera Utara
Nomor Telepon/HP : 081361527074
E-mail : meutiaaisyah5@gmail.com

Dengan ini bertindak atas nama seluruh anggota tim penulis Karya Tulis Ilmiah (KTI) dengan:
Judul KTI : *MAC (MEDICATION ADHERENCE COMPANION): Aplikasi
Pendamping Minum Obat Berbasis Kecerdasan Buatan (AI) dan
Offline-First sebagai Strategi Peningkatan Kepatuhan Pengobatan
Tuberkulosis untuk Mengendalikan Resistensi Antimikroba
(AMR)*

Nama Anggota Tim :

1. Riadoh Amaliah Lubis

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Karya Tulis Ilmiah (KTI) yang kami sertakan dalam lomba SPARK G Festival ini adalah karya orisinal, belum pernah dipublikasikan di media mana pun, dan belum pernah menjadi juara di perlombaan sejenis.
2. Kami memberikan hak penuh kepada **Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan (BBPOM) di Medan** untuk menggunakan, menggandakan, menyebarluaskan, mempublikasikan, serta memanfaatkan materi atau isi dari KTI tersebut untuk kepentingan edukasi, sosialisasi, pengawasan, maupun pengembangan program kerja BBPOM di Medan tanpa batasan waktu.
3. Hak Cipta atas KTI ini tetap berada pada kami selaku tim penulis, namun penggunaan oleh pihak BBPOM di Medan untuk tujuan-tujuan yang disebutkan pada poin (2) tidak memerlukan izin tambahan dan bebas dari tuntutan royalti atau kompensasi finansial apa pun.
4. Kami bersedia bertanggung jawab secara penuh apabila di kemudian hari terdapat tuntutan hukum dari pihak lain terkait dengan keaslian, kepemilikan hak cipta, atau isi dari KTI yang kami kumpulkan.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan kesadaran penuh, jujur, serta tanpa ada paksaan dari pihak mana pun untuk digunakan sebagaimana mestinya sebagai salah satu syarat wajib kepesertaan lomba KTI SPARK G Festival.

Panyabungan, 22 Oktober 2026

Menyetujui,

Ketua Tim,



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Meutia".

(Meutia Aisyah Lubis)

NISN. 0098215221

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Resistensi antimikroba (AMR) terjadi ketika mikroorganisme tidak lagi dapat dihambat atau dibunuh oleh obat-obatan yang sebelumnya efektif. Analisis beban global menunjukkan bahwa AMR bakteri secara langsung menyebabkan 1,27 juta kematian dan berkontribusi terhadap 4,95 juta kematian lainnya pada tahun 2019 (Murray dkk., 2022). Analisis terbaru untuk tahun 2021 mengestimasi 1,14 juta kematian langsung dan 4,71 juta kematian yang terkait dengan AMR bakteri, dengan proyeksi mencapai masing-masing 1,91 juta dan 8,22 juta kematian pada tahun 2050 (GBD 2021 *Antimicrobial Resistance Collaborators*, 2024). Pada tahun 2024, Majelis Umum Perserikatan Bangsa-Bangsa menyepakati target untuk mengurangi angka kematian global akibat AMR bakteri sebesar 10% pada tahun 2030, dibandingkan dengan angka dasar tahun 2019 yang sebesar 4,95 juta (Majelis Umum Perserikatan Bangsa-Bangsa, 2024).

Salah satu bidang di mana AMR dapat ditangani adalah pengobatan penyakit menular kronis, dengan tuberkulosis (TB) sebagai contoh yang paling menonjol. Laporan WHO (2025) mencatat bahwa sekitar 10,7 juta orang jatuh sakit dan 1,23 juta orang meninggal akibat TB pada tahun 2024; Indonesia menyumbang sekitar 10% dari kasus global, menempati peringkat kedua setelah India. Pada tahun yang sama, TB yang resisten terhadap rifampisin atau TB yang resisten terhadap berbagai obat (MDR/RR-TB) ditemukan pada sekitar 3,2% kasus baru dan 16% kasus yang pernah mendapatkan pengobatan sebelumnya, yang mengakibatkan sekitar 150.000 kematian (WHO, 2025).

Pengobatan untuk TB yang masih sensitif terhadap obat berlangsung selama berbulan-bulan, sehingga pasien rentan untuk menghentikan pengobatan ketika gejala membaik, saat mengalami efek samping, atau ketika menghadapi kendala terkait biaya maupun transportasi. Pengobatan yang tidak memadai atau tidak tuntas meningkatkan kemungkinan berkembangnya resistensi obat (WHO, 2017a). Di Indonesia, tingkat keberhasilan pengobatan tuberkulosis (TB) dalam beberapa

tahun terakhir berkisar antara 83% hingga 88%, angka yang secara konsisten belum mencapai target sebesar 90% (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia [Kemenkes], 2025).

Program nasional mengandalkan pengawasan konsumsi obat melalui pendamping pengobatan yang telah ditunjuk (Kemenkes, 2016a). Meskipun pendekatan ini penting, efektivitasnya sangat bergantung pada ketersediaan dan kapasitas para pendamping tersebut. Tinjauan sistematis menunjukkan bahwa intervensi untuk meningkatkan kepatuhan seperti edukasi dan konseling, pemberian insentif, dukungan psikologis, pengingat, serta penggunaan teknologi digital berkaitan dengan hasil pengobatan TB yang lebih baik (Alipناه dkk., 2018).

WHO (2017b) juga telah menyusun pedoman mengenai penggunaan teknologi digital untuk mendukung kepatuhan pengobatan. Namun, banyak solusi digital yang ada saat ini masih terbatas pada penyediaan pengingat atau pencatatan data; solusi tersebut belum memanfaatkan data perilaku untuk memprediksi risiko penghentian pengobatan, dan juga belum menjawab kekhawatiran pasien sehari-hari terkait efek samping atau interaksi obat. Selain itu, akses internet belum merata: meskipun penetrasi nasional mencapai 79,5% pada tahun 2024, angka ini bervariasi antarwilayah—mulai dari 83,64% di Jawa hingga 68,35% di Sulawesi dan 69,91% di wilayah Maluku–Papua (APJII, 2024). Oleh karena itu, aplikasi apa pun yang dikembangkan harus mampu berfungsi tanpa koneksi internet yang stabil.

Generasi muda memiliki posisi strategis untuk menjembatani kesenjangan ini. Penelitian ini mengintegrasikan tiga bidang berbeda: rekayasa perangkat lunak untuk pengembangan aplikasi, farmasi klinis untuk memastikan akurasi informasi terkait pengobatan, serta desain inklusif untuk menjamin agar aplikasi tetap dapat diakses oleh pasien dengan tingkat literasi dan akses teknologi yang beragam.

Konsep yang diteliti adalah *Medication Adherence Companion (MAC)*, yaitu sebuah asisten berbasis kecerdasan buatan (AI) untuk mendukung kepatuhan pengobatan, yang dipadukan dengan dukungan rekan profesional di pusat kesehatan

masyarakat (puskesmas) serta pelaporan data agregat yang dianonimkan kepada dinas kesehatan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Apa hubungan antara ketidakpatuhan terhadap pengobatan tuberkulosis dan resistensi antimikroba (AMR) yang ada?
2. Bukti apa saja yang tersedia mengenai efektivitas intervensi untuk meningkatkan kepatuhan pengobatan yang berbasis pada perangkat digital, prediksi risiko, dan dukungan rekan profesional?
3. Bagaimana "pendamping kepatuhan pengobatan" (*treatment adherence companion* atau) dapat dirancang agar aman, inklusif, dan mampu berfungsi dengan menggunakan pendekatan "utamakan luring" (*offline-first*)?
4. Bagaimana tindakan nyata yang dilakukan oleh generasi muda dapat diimplementasikan dan dievaluasi dengan cara yang bertanggung jawab?

1.3 Tujuan

1. Menjelaskan keterkaitan ketidakpatuhan pengobatan TBC dengan AMR.
2. Menyintesis bukti ilmiah tentang intervensi kepatuhan digital dan prediksi risiko putus obat.
3. Merumuskan rancangan MAC yang memadukan aspek perangkat lunak, farmasi klinis, dan desain inklusif.
4. Menyusun skema aksi nyata dan indikator evaluasi bagi generasi muda bersama puskesmas dan dinas kesehatan.

1.4 Manfaat

Bagi pasien, kajian ini menawarkan alat bantu yang memudahkan disiplin minum obat dan memahami efek samping. Bagi puskesmas dan dinas kesehatan, data agregat anonim dapat membantu menentukan wilayah dan kelompok yang perlu intervensi. Bagi generasi muda dan sekolah, karya ini menjadi contoh

kolaborasi lintas disiplin dalam pengendalian AMR. Bagi BBPOM dan pemangku kepentingan lain, kajian ini memberi masukan tentang pemanfaatan teknologi untuk penggunaan antibiotik yang rasional.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Antibiotik dan Prinsip Pengobatan TB

Obat anti-tuberkulosis (OAT) merupakan golongan antimikroba yang harus digunakan berdasarkan resep dan di bawah pengawasan tenaga kesehatan. Regimen standar untuk TB yang sensitif terhadap obat pada pasien baru terdiri dari fase intensif selama dua bulan, yaitu menggunakan isoniazid, rifampisin, pirazinamid, dan etambutol. Lalu diikuti dengan fase lanjutan selama empat bulan menggunakan isoniazid dan rifampisin, dengan total durasi sekitar enam bulan (Kementerian Kesehatan, 2019; WHO, 2017a). WHO (2022) juga mencakup regimen empat bulan berbasis rifapentin dan moksifloksasin untuk kelompok pasien tertentu. Regimen apa pun hanya akan efektif jika obat dikonsumsi secara teratur dan rangkaian pengobatan diselesaikan sepenuhnya.

Pasien perlu mengetahui efek samping yang umum terjadi seperti urine berwarna kemerahan atau oranye (akibat rifampisin), gangguan fungsi hati, nyeri sendi, neuropati perifer, atau gangguan penglihatan. Karena kekhawatiran terhadap efek samping ini merupakan salah satu alasan pasien menghentikan pengobatan (Kementerian Kesehatan, 2019). Rifampisin juga diketahui dapat menginduksi enzim pemetabolisme obat, yang dapat mengurangi efektivitas berbagai obat lain, termasuk kontrasepsi hormonal dan jenis antiretroviral tertentu (Baciewicz dkk., 2013). Oleh karena itu, informasi mengenai interaksi obat memiliki signifikansi klinis, namun informasi tersebut harus diperoleh dari sumber yang terverifikasi dan tepercaya.

2.2 Mekanisme Resistensi Mikroba

Resistensi dapat bersifat alami maupun didapatkan dari hal lain. Dalam kasus tuberkulosis (TB), resistensi yang didapat terutama berkaitan dengan mutasi pada bakteri yang terjadi di bawah tekanan selektif akibat pengobatan. Dosis yang terlewat, pengobatan yang terputus, atau rejimen yang tidak memadai memungkinkan populasi bakteri yang lebih resisten untuk bertahan hidup dan berkembang biak; bakteri ini kemudian dapat menular ke orang lain sebagai TB yang resisten terhadap obat (WHO, 2017a). Pada bakteri lain, penggunaan antibiotik yang tidak rasional, seperti melalui pengobatan mandiri atau penggunaan tanpa indikasi klinis yang menimbulkan tekanan selektif serupa (WHO, 2015). Oleh karena itu, kepatuhan terhadap pengobatan merupakan bagian dari upaya pengendalian resistensi antimikroba (AMR), bukan sekadar masalah klinis individu.

2.3 Regulasi Terkait

Pengendalian TB di Indonesia diatur melalui Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 67 Tahun 2016 (Kementerian Kesehatan, 2016a) dan Peraturan Presiden Nomor 67 Tahun 2021, yang menetapkan strategi untuk mencapai eliminasi TB (Presiden Republik Indonesia, 2021). Pengendalian AMR di fasilitas pelayanan kesehatan diatur, antara lain, melalui Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 8 Tahun 2015 tentang Program Pengendalian Resistensi Antimikroba di Rumah Sakit (Kementerian Kesehatan, 2015) serta Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 28 Tahun 2021 tentang Pedoman Penggunaan Antibiotik (Kementerian Kesehatan, 2021).

Antibiotik diklasifikasikan sebagai obat yang hanya dapat diperoleh dengan resep dokter, dan pelayanan kefarmasian di pusat kesehatan masyarakat (puskesmas) harus mematuhi standar yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 74 Tahun 2016 (Kementerian Kesehatan, 2016b). Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) bertugas mengawasi peredaran obat dan produk pangan (Presiden Republik Indonesia, 2017). Terkait aspek digital, data kesehatan diklasifikasikan sebagai kategori khusus data pribadi berdasarkan

Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 tentang Pelindungan Data Pribadi (Republik Indonesia, 2022), sementara Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan memuat ketentuan mengenai transformasi teknologi kesehatan dan sistem informasi (Republik Indonesia, 2023).

2.4 Teknologi Pendukung Kepatuhan

Digital adherence technologies (DAT)

DAT mencakup pesan singkat (SMS), kotak obat berpemantau, panggilan telepon seperti 99DOTS, dan video-observed treatment (VOT). Subbaraman et al. (2018) memetakan lanskap DAT dan merumuskan prioritas penelitian, sedangkan WHO (2017b) menyusun panduan implementasinya. WHO (2019) menekankan bahwa intervensi digital harus melengkapi, bukan menggantikan, sistem kesehatan dan perlu mempertimbangkan kesenjangan akses.

Prediksi risiko

Killian et al. (2019) menganalisis sekitar 17.000 pasien dan 2,1 juta catatan dosis dari program 99DOTS di India untuk membangun model pembelajaran mendalam. Model tersebut memungkinkan petugas mengintervensi 21% lebih banyak pasien dan sebelum 76% lebih banyak dosis terlewat dibandingkan metode heuristik, serta memprediksi luaran 40% lebih baik dibandingkan model pembandingan.

Asisten informasi

Retrieval-augmented generation (RAG) menggabungkan model bahasa dengan pencarian pada basis pengetahuan tertentu sehingga jawaban dapat berlandaskan dokumen rujukan (Lewis et al., 2020). Pendekatan ini relevan untuk mengurangi jawaban mengada-ada pada informasi obat. WHO (2021) menekankan prinsip etika AI kesehatan, antara lain perlindungan otonomi, keselamatan, transparansi, dan keadilan.

Desain inklusif

Pedoman *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG)* 2.2 memuat kriteria aksesibilitas seperti kontras warna, ukuran target sentuh, dan alternatif teks (World Wide Web Consortium [W3C], 2023) yang dapat diadaptasi pada aplikasi seluler.

2.5 Penelitian Terdahulu

Alipannah et al. (2018) menelaah 129 studi dan menyimpulkan bahwa luaran pengobatan TBC membaik dengan intervensi kepatuhan seperti edukasi dan konseling, insentif, intervensi psikologis, pengingat, dan teknologi digital. Ngwatu et al. (2018) meninjau secara sistematis dampak teknologi digital pada pengobatan TBC; penelitian-penelitian yang tercakup beragam dan memerlukan evaluasi lebih kuat. Subbaraman et al. (2018) memetakan DAT, dan Killian et al. (2019) menunjukkan potensi prediksi risiko. Celah penelitian yang diangkat dalam karya ini adalah belum banyak rancangan yang memadukan pengingat, prediksi risiko, asisten informasi obat, mode *offline-first*, dan pendampingan profesional dalam satu kerangka yang sesuai konteks puskesmas di Indonesia.

BAB III METODOLOGI

3.1 Jenis studi

Karya ini menggunakan metodologi tinjauan pustaka (*literature review*) dengan pendekatan naratif dan sintesis tematik. Tidak ada pengumpulan data primer dari subjek manusia yang dilakukan. Survei, wawancara, dan pengujian aplikasi direncanakan sebagai tahapan selanjutnya, dengan ketentuan harus memperoleh persetujuan dari pihak sekolah, pusat kesehatan masyarakat (puskesmas), dan jika diperlukan dewan peninjau etika kelembagaan.

3.2 Sumber dan strategi pencarian

Pustaka diperoleh melalui WHO IRIS dan portal publikasi WHO, PubMed/PubMed Central, Google Scholar, serta portal regulasi pemerintah resmi dan dokumen dari Kementerian Kesehatan. Kata kunci yang digunakan meliputi:

“antimicrobial resistance” (resistensi antimikroba), *“tuberculosis treatment adherence”* (kepatuhan pengobatan tuberkulosis), *“digital adherence technologies”* (teknologi digital untuk kepatuhan), *“medication adherence prediction”* (prediksi kepatuhan pengobatan), *“retrieval-augmented generation”*, dan *“treatment supporter”* (pendamping pengobatan untuk tuberkulosis).

3.3 Kriteria seleksi Kriteria inklusi

(1) laporan atau pedoman dari lembaga otoritatif, tinjauan sistematis, atau artikel yang telah melalui telaah sejawat (peer-reviewed); (2) relevansi dengan resistensi antimikroba (AMR), tuberkulosis (TB), kepatuhan pengobatan, teknologi digital, atau aksesibilitas; (3) diterbitkan terutama antara tahun 2015 dan 2025, dengan pengecualian untuk referensi metodologis atau farmakologis yang bersifat fundamental; (4) ketersediaan teks atau abstrak yang dapat diverifikasi. Kriteria eksklusi: opini yang tidak didukung data empiris, sumber tanpa penulis atau penerbit yang jelas, serta sumber yang tidak dapat dilacak.

3.4 Prosedur dan analisis

Proses ini mencakup identifikasi sumber, penyaringan judul dan abstrak, peninjauan teks lengkap, ekstraksi data (desain studi, populasi, intervensi, dan hasil), serta pelaksanaan sintesis tematik yang disusun ke dalam empat tema utama: hubungan antara kepatuhan dan AMR, bukti mengenai intervensi, desain teknologi, dan implementasi di tingkat komunitas. Semua angka dan pernyataan yang disajikan dalam karya ini dirujuk langsung ke dokumen sumber aslinya.

3.5 Validitas dan keterbatasan

Validitas dipastikan dengan memprioritaskan sumber primer dan otoritatif, serta melakukan verifikasi silang (*cross-referencing*) terhadap berbagai sumber untuk klaim-klaim penting. Keterbatasan: tinjauan naratif ini tidak mencakup meta-analisis baru; beberapa studi berasal dari negara lain dengan konteks sistem kesehatan yang berbeda; dan efektivitas teknologi pendukung kepatuhan pengobatan (MAC) di Indonesia belum diuji.

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Ketidakpatuhan Pengobatan sebagai Pendorong AMR

Literatur menunjukkan rantai sebab yang konsisten: pengobatan panjang, efek samping, hambatan akses, dan kurangnya informasi dapat menyebabkan dosis terlewat atau putus obat; kondisi ini memberi peluang kuman resistan bertahan (WHO, 2017a). Beban TBC resistan obat saat ini masih besar, dengan sekitar 150.000 kematian pada 2024 (WHO, 2025), dan target global menuntut penurunan kematian terkait AMR (*United Nations General Assembly*, 2024). Karena itu, setiap peningkatan kepatuhan pada pasien TBC memiliki dampak ganda: menyembuhkan individu dan mengurangi peluang penularan kuman resistan. Pendekatan ini sejalan dengan kerangka kerja global untuk AMR yang menekankan edukasi, surveilans, dan penggunaan antimikroba yang tepat (WHO, 2015).

4.2 Bukti Intervensi Kepatuhan Digital dan Prediktif

Bukti yang tersedia mendukung pendekatan berlapis. Alipanah et al. (2018) menemukan bahwa berbagai kategori intervensi kepatuhan, termasuk teknologi digital, berkaitan dengan perbaikan luaran pengobatan. Ngwatu et al. (2018) mengingatkan bahwa bukti dampak teknologi digital masih beragam. Subbaraman et al. (2018) menegaskan perlunya penelitian lebih lanjut mengenai efektivitas dan implementasi DAT. Dari sisi prediksi, Killian et al. (2019) menunjukkan bahwa data catatan dosis digital berpotensi dipakai untuk memprioritaskan pasien yang paling membutuhkan perhatian petugas. Temuan ini menimbulkan dua implikasi bagi MAC. Pertama, prediksi risiko paling bermanfaat bila hasilnya menggerakkan tindakan manusia, misalnya kunjungan atau panggilan dari petugas atau pendamping profesional, bukan sekadar menampilkan skor. Kedua, klaim efektivitas harus dibatasi: hasil dari India belum otomatis berlaku di Indonesia, sehingga diperlukan uji pada populasi sasaran.

4.3 Rancangan *Medication Adherence Companion*

Berdasarkan sintesis literatur, MAC dirancang dengan lima modul berikut. Rancangan ini merupakan gagasan penulis yang disusun dari literatur, bukan hasil uji lapangan.

a. Pengingat adaptif dan pencatatan dosis

Pengingat berbunyi pada jam yang disepakati bersama pasien dan petugas. Konfirmasi dosis dibuat dengan satu sentuhan agar tidak membebani pasien. Dosis dicatat lokal di perangkat.

b. Prediksi risiko putus obat

Tahap awal memakai aturan sederhana yang dapat dijelaskan, misalnya dosis terlewat berulang, keterlambatan konfirmasi, atau tidak mengambil obat tepat waktu. Model pembelajaran mesin hanya ditambahkan setelah tersedia data yang cukup, divalidasi, dan diuji bias antarkelompok, mengikuti pendekatan yang dipelajari Killian et al. (2019). Keluaran berupa kategori prioritas untuk petugas dan pendamping, bukan label negatif bagi pasien, dan keputusan klinis tetap pada tenaga kesehatan.

c. Asisten informasi obat

Asisten menjawab pertanyaan tentang efek samping umum dan interaksi dengan pendekatan RAG yang hanya menarik rujukan dari sumber terverifikasi, misalnya Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran TBC (Kemenkes, 2019) dan panduan WHO. Pengaman wajib: (1) tidak menyarankan mengubah atau menghentikan dosis; (2) tanda bahaya, misalnya kulit atau mata menguning, muntah terus-menerus, atau gangguan penglihatan, langsung diarahkan untuk menghubungi petugas atau fasilitas kesehatan; (3) menampilkan sumber rujukan; (4) pertanyaan di luar basis pengetahuan dijawab dengan arahan konsultasi ke apoteker atau dokter. Basis pengetahuan ditinjau berkala oleh apoteker. Prinsip ini sejalan dengan panduan etika AI kesehatan (WHO, 2021).

d. Offline-first

Seluruh fungsi inti, yaitu pengingat, pencatatan dosis, dan basis pengetahuan ringkas, berjalan tanpa internet, lalu sinkron otomatis saat koneksi tersedia. Rancangan ini menjawab kesenjangan akses antarwilayah (APJII, 2024) dan melengkapi WHO (2019) yang menekankan pertimbangan ekuitas pada intervensi digital.

e. Desain inklusif

- f. Antarmuka memakai kontras tinggi, huruf besar, ikon yang jelas, bahasa sederhana, opsi bahasa daerah, serta bantuan suara bagi pengguna dengan literasi rendah. Pedoman WCAG 2.2 dijadikan daftar periksa aksesibilitas (W3C, 2023). Prototipe diuji bersama pasien, pendamping, dan petugas sebelum diperluas.

MAC menjunjung privasi dan etik karena kata kesehatan tergolong data pribadi spesifik (Republik Indonesia, 2022). MAC menerapkan prinsip minimisasi data, persetujuan yang jelas, enkripsi, dan akses berbasis peran. Pelaporan ke dinas kesehatan hanya berupa data agregat anonim, dengan penekanan pada kelompok yang terlalu kecil agar individu tidak dapat dikenali. MAC melengkapi, bukan menggantikan, pencatatan resmi program TBC.

4.4 Aksi Nyata: Pendampingan Profesional dan Pelaporan Agregat

Aksi nyata dirancang sebagai kolaborasi dengan puskesmas dan dinas kesehatan setempat. Relawan muda, misalnya siswa, mahasiswa farmasi, atau pengembang perangkat lunak, dilatih oleh petugas program TBC tentang dasar TBC, komunikasi empatik, pencegahan stigma, pencegahan penularan, dan batas peran. Peran pendamping profesional adalah memotivasi, membantu penggunaan aplikasi, mengingatkan jadwal kontrol, dan menghubungkan pasien dengan petugas bila ada keluhan. Pendamping tidak memberi saran medis atau mengubah terapi. Kontak dengan pasien dilakukan sesuai protokol puskesmas, dan relawan di bawah umur hanya terlibat dalam peran yang aman dan diawasi. Data agregat anonim,

seperti proporsi dosis tercatat, jumlah pasien berisiko, dan alasan putus obat yang sering muncul, dilaporkan berkala kepada dinas kesehatan agar intervensi lebih tepat sasaran. Pendampingan profesional sejalan dengan temuan bahwa dukungan psikososial dan edukasi pasien termasuk intervensi yang berkaitan dengan luaran pengobatan lebih baik (Alipannah et al., 2018) dan dengan arah kebijakan nasional yang melibatkan masyarakat dalam penanggulangan TBC (Presiden Republik Indonesia, 2021).

4.5 Evaluasi Efektivitas Implementasi

Karena karya ini berbasis literatur, evaluasi disusun sebagai rencana. Tahap pertama adalah uji kegunaan (*usability*) dan uji ketepatan jawaban asisten oleh apoteker. Tahap kedua adalah percontohan terbatas di satu puskesmas dengan persetujuan pasien dan pihak berwenang. Indikator yang diusulkan: proporsi dosis tercatat, jumlah putus obat, angka keberhasilan pengobatan, kepuasan pengguna, waktu respons petugas terhadap pasien berisiko, serta jumlah pertanyaan yang dialihkan ke petugas. Hasil percontohan menentukan apakah aplikasi layak diperluas. Hasil dari studi di negara lain tidak dijadikan klaim keberhasilan MAC.

4.6 Tantangan dan Keterbatasan

Tantangan utama meliputi: (1) potensi jawaban AI yang keliru, yang dikelola dengan RAG, basis rujukan terkurasi, dan pengaman klinis; (2) bias model prediksi, yang diatasi dengan validasi bertahap dan pelibatan petugas; (3) beban kerja puskesmas, sehingga alur kerja harus ringan; (4) stigma TBC, sehingga notifikasi dan nama aplikasi dibuat tidak mengungkap penyakit pada layar kunci; (5) kewajiban hukum, termasuk perlindungan data pribadi dan penelaahan ketentuan perangkat lunak kesehatan yang berlaku sebelum aplikasi dipakai pasien; dan (6) bukti efektivitas digital yang masih beragam (Ngwatu et al., 2018).

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Ketidakpatuhan terhadap pengobatan tuberkulosis (TB) berkaitan dengan risiko resistensi obat; oleh karena itu, meningkatkan kepatuhan merupakan komponen kunci dalam pengendalian resistensi antimikroba (AMR) (WHO, 2017a; WHO, 2025).
2. Literatur menunjukkan bahwa intervensi untuk meningkatkan kepatuhan termasuk yang memanfaatkan teknologi digital berkaitan dengan hasil pengobatan TB yang lebih baik. Selain itu, pemodelan data pemberian dosis secara digital berpotensi digunakan untuk memprioritaskan pasien berisiko tinggi, meskipun bukti yang ada saat ini masih beragam (Alipanah dkk., 2018; Killian dkk., 2019; Ngwatu dkk., 2018).
3. *Mobile Adherence Companion* (MAC) dapat dirancang sebagai sarana pendukung yang mencakup lima modul: pengingat adaptif, prediksi risiko, asisten informasi pengobatan berbasis referensi terverifikasi, mode *offline-first* (utamakan penggunaan luring), serta desain inklusif—dengan tetap menerapkan perlindungan klinis dan perlindungan data pribadi.
4. Langkah nyata dari generasi muda dapat berupa penyediaan dukungan rekan profesional (*peer support*) yang terlatih di pusat kesehatan masyarakat (puskesmas) serta pelaporan data yang telah dianonimisasi dan diagregasi, dengan ketentuan harus melalui evaluasi bertahap sebelum diterapkan secara lebih luas.

5.2 Saran

Untuk sekolah: menjadikan kegiatan ini bagian dari pembelajaran lintas disiplin dan memfasilitasi koordinasi dengan puskesmas serta guru pendamping.

Untuk masyarakat dan generasi muda: menjadi pendamping yang empatik, menolak stigma, dan tidak memberikan nasihat medis di luar kewenangan.

Untuk BBPOM, dinas kesehatan, dan puskesmas: mempertimbangkan percontohan terbatas, melakukan kurasi basis pengetahuan obat, serta menetapkan ketentuan keamanan dan privasi untuk aplikasi pendamping pasien. Serta memfasilitasi untuk pengembangan website/ aplikasi yang lebih kompleks.

Untuk peneliti selanjutnya: melakukan uji kegunaan dan studi kuasi-eksperimen atau uji acak berkluster, mengevaluasi kinerja serta keadilan model prediksi, dan memperluas kajian ke infeksi kronis lain.

DAFTAR PUSTAKA

Alipanah, N., Jarlsberg, L., Miller, C., Linh, N. N., Falzon, D., Jaramillo, E., & Nahid, P. (2018). *Adherence interventions and outcomes of tuberculosis treatment: A systematic review and meta-analysis of trials and observational studies*. *PLOS Medicine*, 15(7), e1002595. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002595>

Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia. (2024). *Survei penetrasi internet Indonesia 2024*. APJII.

Baciewicz, A. M., Chrisman, C. R., Finch, C. K., & Self, T. H. (2013). Update on rifampin, rifabutin, and rifapentine drug interactions. *Current Medical Research and Opinion*, 29(1), 1–12.

GBD 2021 Antimicrobial Resistance Collaborators. (2024). Global burden of bacterial antimicrobial resistance 1990–2021: A systematic analysis with forecasts to 2050. *The Lancet*, 404(10459), 1199–1226. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)01867-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)01867-1)

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2015). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2015 tentang Program Pengendalian Resistensi Antimikroba di Rumah Sakit*.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2016a). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 67 Tahun 2016 tentang Penanggulangan Tuberkulosis*.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2016b). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 74 Tahun 2016 tentang Standar Pelayanan Kefarmasian di Puskesmas*.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2019). *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.01.07/MENKES/755/2019 tentang Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran Tata Laksana Tuberkulosis*.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2021 tentang Pedoman Penggunaan Antibiotik*.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2025). *Profil kesehatan Indonesia 2024*. Kementerian Kesehatan RI.

Killian, J. A., Wilder, B., Sharma, A., Choudhary, V., Dilkina, B., & Tambe, M. (2019). Learning to prescribe interventions for tuberculosis patients using digital adherence data. In *Proceedings of the 25th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining* (pp. 2430–2438). ACM. <https://arxiv.org/abs/1902.01506>

Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., Karpukhin, V., Goyal, N., Küttler, H., Lewis, M., Yih, W., Rocktäschel, T., Riedel, S., & Kiela, D. (2020). Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive NLP tasks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33, 9459–9474.

Murray, C. J. L., Ikuta, K. S., Sharara, F., et al. (2022). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: A systematic analysis. *The Lancet*, 399(10325), 629–655. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0)

Ngwatu, B. K., Nsengiyumva, N. P., Oxlade, O., Mappin-Kasirer, B., Nguyen, N. L., Jaramillo, E., Falzon, D., & Schwartzman, K. (2018). The impact of digital health technologies on tuberculosis treatment: A systematic review. *European Respiratory Journal*, 51(1), 1701596. <https://doi.org/10.1183/13993003.01596-2017>

Presiden Republik Indonesia. (2017). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 80 Tahun 2017 tentang Badan Pengawas Obat dan Makanan*.

Presiden Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 67 Tahun 2021 tentang Penanggulangan Tuberkulosis*.

Republik Indonesia. (2022). *Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 tentang Pelindungan Data Pribadi*.

Republik Indonesia. (2023). *Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan*.

Subbaraman, R., de Mondesert, L., Musiimenta, A., Pai, M., Mayer, K. H., Thomas, B. E., & Haberer, J. (2018). Digital adherence technologies for the management of tuberculosis therapy: Mapping the landscape and research priorities. *BMJ Global Health*, 3(5), e001018. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2018-001018>

United Nations General Assembly. (2024). *Political declaration of the high-level meeting on antimicrobial resistance (A/RES/79/2)*. United Nations.

World Health Organization. (2015). *Global action plan on antimicrobial resistance*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241509763>

World Health Organization. (2017a). *Guidelines for treatment of drug-susceptible tuberculosis and patient care (2017 update)*.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789241550000>

World Health Organization. (2017b). *Handbook for the use of digital technologies to support tuberculosis medication adherence* (WHO/HTM/TB/2017.30).
<https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241513456>

World Health Organization. (2019). *WHO guideline: Recommendations on digital interventions for health system strengthening*.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789241550505>

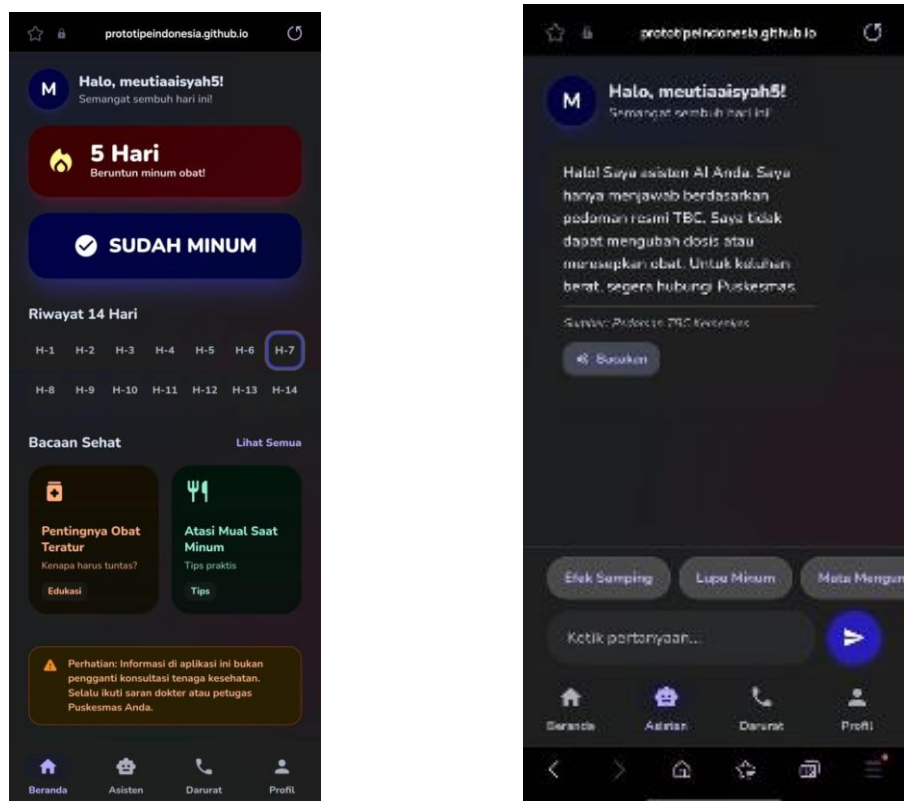
World Health Organization. (2021). *Ethics and governance of artificial intelligence for health: WHO guidance*.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200>

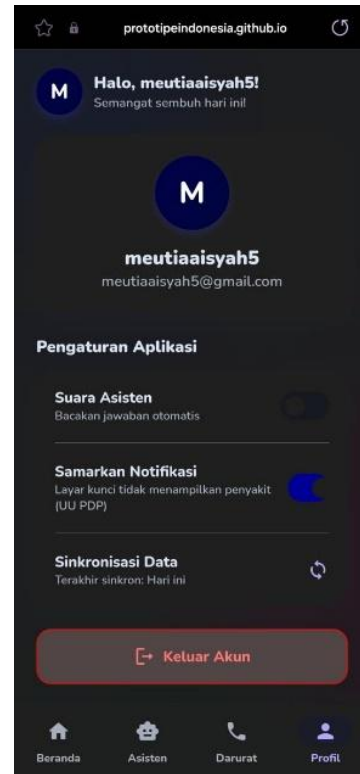
World Health Organization. (2022). *WHO consolidated guidelines on tuberculosis: Module 4: Treatment: Drug-susceptible tuberculosis treatment*.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789240048126>

World Health Organization. (2025). *Global tuberculosis report 2025*.
<https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb-reports/global-tuberculosis-report-2025>

World Wide Web Consortium. (2023). *Web content accessibility guidelines (WCAG) 2.2*. <https://www.w3.org/TR/WCAG22/>

Lampiran 1: Konsep Sederhana Website MAC





Link website sederhana :

<https://prototipeindonesia.github.io/web-minum-obat/>

<https://kiwi-x00sz2.my.canva.site/>

otw masuk final (1) YEAY TERBARU_7c3203.docx

by Nguyen Van Minh

Submission date: 23-Oct-2026 02:13PM (UTC+0530)

Submission ID: 3068143457

File name: otw_masuk_final_1_YEAY_TERBARU_7c3203.docx (1.96M)

Word count: 4188

Character count: 28986

KARYA TULIS ILMIAH SPARK-G FESTIVAL 2026



**MAC (*MEDICATION ADHERENCE COMPANION*): Aplikasi
Pendamping Minum Obat Berbasis Kecerdasan Buatan (AI) dan
Offline-First sebagai Strategi Peningkatan Kepatuhan Pengobatan
Tuberkulosis untuk Mengendalikan Resistensi Antimikroba
(AMR)**

Disusun Oleh:

- 1. MEUTIA AISYAH LUBIS**
- 2. RIADOH AMALIAH**

**SMA NEGERI 2 PLUS
PANYABUNGAN**

PANYABUNGAN

2026

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul : MAC (*MEDICATION ADHERENCE COMPANION*): Aplikasi Pendamping Minum Obat Berbasis Kecerdasan Buatan (AI) dan *Offline-First* sebagai Strategi Peningkatan Kepatuhan Pengobatan Tuberkulosis untuk Mengendalikan Resistensi Antimikroba (AMR)
2. Tema : Pengendalian Resistensi Antimikroba (AMR) - Aksi Nyata Generasi Muda
3. Ketua Kelompok
- a. Nama Lengkap : Meutia Aisyah Lubis
 - b. Nama Sekolah : SMAN 2 Plus Panyabungan
 - c. Alamat Rumah : Desa Roburan Lombang Kecamatan Panyabungan Selatan
 - d. No.HP : 081361527074
 - e. Alamat e-mail : meutiaaisyah5@gmail.com
4. Guru Pendamping
- a. Nama Lengkap : Muhammad Falah Nasution, S.Pd
 - b. NIP : 199702012025211113
 - c. Alamat Rumah : Malintang, Kec. Bukit Malintang, Kab. Mandailing Natal
 - d. No.HP : 082286711665



Kepala sekolah
Hendri, M.Pd
NIP. 1983061320009041003

Panyabungan, 22 Oktober 2026

Mengetahui,

Guru Pendamping

Muhammad Falah Nasution, S.Pd
NIP. 199702012025211113

HALAMAN PENGESAHAN

ABSTRAK

15

Resistensi antimikroba (*antimicrobial resistance/AMR*) merupakan ancaman kesehatan global yang pada 2021 diperkirakan berkaitan dengan 4,71 juta kematian, sementara ketidakpatuhan minum obat pada tuberkulosis (TBC) berisiko memicu TBC resistan obat. Indonesia menyumbang sekitar 10% kasus TBC dunia sehingga penguatan kepatuhan berobat menjadi langkah strategis. Karya tulis ini bertujuan mengkaji bukti ilmiah mengenai intervensi kepatuhan berbasis teknologi digital dan merumuskan rancangan *Medication Adherence Companion*, yaitu aplikasi pengingat obat berbasis kecerdasan buatan (AI) dengan prediksi risiko putus obat, asisten informasi efek samping dan interaksi obat, serta fitur *offline-first*. Metode yang digunakan adalah kajian literatur naratif terhadap laporan WHO, regulasi nasional, dan artikel ilmiah. Hasil kajian menunjukkan bahwa intervensi kepatuhan, seperti edukasi dan konseling, pengingat, serta teknologi digital, berkaitan dengan perbaikan luaran pengobatan TBC, dan bahwa pemodelan data kepatuhan digital dapat membantu petugas memprioritaskan pasien berisiko, namun bukti efektivitas masih beragam. Kajian juga menegaskan pentingnya desain inklusif, perlindungan data pribadi, dan pendampingan profesional yang diawasi puskesmas. Disimpulkan bahwa *Medication Adherence Companion* layak dikembangkan sebagai alat bantu pendamping, bukan pengganti tenaga kesehatan, dan perlu diuji secara terbatas di lapangan sebelum diterapkan lebih luas.

Kata kunci: resistensi antimikroba; tuberkulosis; kepatuhan minum obat; kecerdasan buatan; desain inklusif

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas selesainya karya tulis ilmiah yang berjudul “MAC (*MEDICATION ADHERENCE COMPANION*): Aplikasi Pendamping Minum Obat Berbasis Kecerdasan Buatan (AI) dan *Offline-First* sebagai Strategi Peningkatan Kepatuhan Pengobatan Tuberkulosis untuk Mengendalikan Resistensi Antimikroba (AMR)”⁵. Karya tulis ini disusun dalam rangka mengikuti lomba karya tulis ilmiah dengan tema “Pengendalian Resistensi Antimikroba (AMR)- Aksi Nyata Generasi Muda” dalam rangka kegiatan SPARK-G Festival 2026, Badan POM Medan.

Penulis¹⁹ mengucapkan terima kasih kepada Guru Pendamping, Kepala Sekolah, serta semua pihak yang membantu penyusunan karya ini. Penulis⁶ menyadari tulisan ini masih memiliki keterbatasan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga karya ini bermanfaat bagi upaya pengendalian resistensi antimikroba di Indonesia.

Panyabungan, 2026

Penulis

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS.....	Error! Bookmark not defined.
SURAT PERNYATAAN HAK PENGGUNAAN KARYA TULIS ILMIAH (KTI) SPARK G FESTIVAL.....	Error! Bookmark not defined.
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Antibiotik dan Prinsip Pengobatan TB	4
2.2 Mekanisme Resistensi Mikroba	5
2.3 Regulasi Terkait.....	5
2.4 Teknologi Pendukung Kepatuhan	6
2.5 Penelitian Terdahulu	7
BAB III METODOLOGI	7
3.1 Jenis studi.....	7
3.2 Sumber dan strategi pencarian.....	7
3.3 Kriteria seleksi Kriteria inklusi.....	8
3.4 Prosedur dan analisis	8
3.5 Validitas dan keterbatasan	8
BAB IV PEMBAHASAN.....	9
4.1 Ketidakepatuhan Pengobatan sebagai Pendorong AMR	9
4.2 Bukti Intervensi Kepatuhan Digital dan Prediktif.....	9

4.3 Rancangan <i>Medication Adherence Companion</i>	10
4.4 Aksi Nyata: Pendampingan Profesional dan Pelaporan Agregat	11
4.5 Evaluasi Efektivitas Implementasi.....	12
4.6 Tantangan dan Keterbatasan	12
BAB V PENUTUP	13
5.1 Kesimpulan	13
5.2 Saran	13
DAFTAR PUSTAKA	14
Lampiran 1: Konsep Sederhana Website MAC	18

Surat Pernyataan Orisinalitas

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Meutia Aisyah Lubis

Asal Sekolah : SMA N 2 Plus Panyabungan

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya yang berjudul

MAC (*MEDICATION ADHERENCE COMPANION*): Aplikasi Pendamping Minum Obat Berbasis Kecerdasan Buatan (AI) dan *Offline-First* sebagai Strategi Peningkatan Kepatuhan Pengobatan Tuberkulosis untuk Mengendalikan Resistensi Antimikroba (AMR)

Adalah benar karya kami sendiri, tidak melakukan plagiarisme atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika pembuatan karya tulis yang berlaku dan merupakan karya orisinal. Atas pernyataan ini kami siap menerima sanksi yang dijatuhkan kepada kami apabila dikemudian hari ditemukan pelanggaran dalam pembuatan karya ini.

Panyabungan, 21 Oktober 2026

Yang membuat pernyataan



(Meutia Aisyah Lubis)

**SURAT PERNYATAAN HAK PENGGUNAAN KARYA TULIS ILMIAH (KTI)
SPARK G FESTIVAL**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Ketua Tim : Meutia Aisyah Lubis
Nomor Identitas (NISN/KTP) : 0098215221
Asal Sekolah : SMA Negeri 2 Plus Panyabungan
Alamat Sekolah : JL. Prof. Dr. Andi Hakim Nasution, Pidoli Lembang,
Kecamatan Panyabungan, Kabupaten Mandailing Natal,
Sumatera Utara
Nomor Telepon/HP : 081361527074
E-mail : meutiaaisyah5@gmail.com

Dengan ini bertindak atas nama seluruh anggota tim penulis Karya Tulis Ilmiah (KTI) dengan:

Judul KTI : *MAC (MEDICATION ADHERENCE COMPANION): Aplikasi
Pendamping Minum Obat Berbasis Kecerdasan Buatan (AI) dan
Offline-First sebagai Strategi Peningkatan Kepatuhan Pengobatan
Tuberkulosis untuk Mengendalikan Resistensi Antimikroba
(AMR)*

Nama Anggota Tim :

1. Riadoh Amaliah Lubis

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa:

1. Karya Tulis Ilmiah (KTI) yang kami sertakan dalam lomba SPARK G Festival ini adalah karya orisinal, belum pernah dipublikasikan di media mana pun, dan belum pernah menjadi juara di perlombaan sejenis.
2. Kami memberikan hak penuh kepada **Balai Besar Pengawas Obat dan Makanan (BBPOM) di Medan** untuk menggunakan, menggandakan, menyebarluaskan, mempublikasikan, serta memanfaatkan materi atau isi dari KTI tersebut untuk kepentingan edukasi, sosialisasi, pengawasan, maupun pengembangan program kerja BBPOM di Medan tanpa batasan waktu.
3. Hak Cipta atas KTI ini tetap berada pada kami selaku tim penulis, namun penggunaan oleh pihak BBPOM di Medan untuk tujuan-tujuan yang disebutkan pada poin (2) tidak memerlukan izin tambahan dan bebas dari tuntutan royalti atau kompensasi finansial apa pun.
4. Kami bersedia bertanggung jawab secara penuh apabila di kemudian hari terdapat tuntutan hukum dari pihak lain terkait dengan keaslian, kepemilikan hak cipta, atau isi dari KTI yang kami kumpulkan.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan kesadaran penuh, jujur, serta tanpa ada paksaan dari pihak mana pun untuk digunakan sebagaimana mestinya sebagai salah satu syarat wajib kepesertaan lomba KTI SPARK G Festival.

Panyabungan, 22 Oktober 2026

Menyetujui,

Ketua Tim,



(Meutia Aisyah Lubis)

NISN. 0098215221

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Resistensi antimikroba (AMR) terjadi ketika mikroorganisme tidak lagi dapat dihambat atau dibunuh oleh obat-obatan yang sebelumnya efektif. Analisis beban global menunjukkan bahwa AMR bakteri secara langsung menyebabkan ¹⁴ 1,27 juta kematian dan berkontribusi terhadap 4,95 juta kematian lainnya pada tahun 2019 (Murray dkk., 2022). Analisis terbaru untuk tahun 2021 mengestimasi 1,14 juta kematian langsung dan 4,71 juta kematian yang terkait dengan AMR bakteri, dengan proyeksi mencapai masing-masing 1,91 juta dan 8,22 juta kematian pada tahun 2050 (GBD 2021 *Antimicrobial Resistance Collaborators*, 2024). Pada tahun 2024, Majelis Umum Perserikatan Bangsa-Bangsa menyepakati target untuk ⁷ mengurangi angka kematian global akibat AMR bakteri sebesar 10% pada tahun 2030, dibandingkan dengan angka dasar tahun 2019 yang sebesar 4,95 juta (Majelis Umum Perserikatan Bangsa-Bangsa, 2024).

Salah satu bidang di mana AMR dapat ditangani adalah pengobatan penyakit menular kronis, dengan tuberkulosis (TB) sebagai contoh yang paling menonjol. Laporan WHO (2025) mencatat bahwa sekitar ¹⁰ 10,7 juta orang jatuh sakit dan ¹⁰ 1,23 juta orang meninggal akibat TB pada tahun 2024; Indonesia menyumbang sekitar 10% dari kasus global, menempati peringkat kedua setelah India. Pada tahun yang sama, TB yang resisten terhadap rifampisin atau TB yang resisten terhadap berbagai obat (MDR/RR-TB) ditemukan pada sekitar 3,2% kasus baru dan 16% kasus yang pernah mendapatkan pengobatan sebelumnya, yang mengakibatkan sekitar 150.000 kematian (WHO, 2025).

Pengobatan untuk TB yang masih sensitif terhadap obat berlangsung selama berbulan-bulan, sehingga pasien rentan untuk menghentikan pengobatan ketika gejala membaik, saat mengalami efek samping, atau ketika menghadapi kendala terkait biaya maupun transportasi. Pengobatan yang tidak memadai atau tidak tuntas meningkatkan kemungkinan berkembangnya resistensi obat (WHO, 2017a). Di Indonesia, tingkat keberhasilan pengobatan tuberkulosis (TB) ²¹ dalam beberapa

tahun terakhir berkisar antara 83% hingga 88%, angka yang secara konsisten belum mencapai target sebesar 90% (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia [Kemenkes], 2025).

Program nasional mengandalkan pengawasan konsumsi obat melalui pendamping pengobatan yang telah ditunjuk (Kemenkes, 2016a). Meskipun pendekatan ini penting, efektivitasnya sangat bergantung pada ketersediaan dan kapasitas para pendamping tersebut. Tinjauan sistematis menunjukkan bahwa intervensi untuk meningkatkan kepatuhan seperti edukasi dan konseling, pemberian insentif, dukungan psikologis, pengingat, serta penggunaan teknologi digital berkaitan dengan hasil pengobatan TB yang lebih baik (Alipannah dkk., 2018).

WHO (2017b) juga telah menyusun pedoman mengenai penggunaan teknologi digital untuk mendukung kepatuhan pengobatan. Namun, banyak solusi digital yang ada saat ini masih terbatas pada penyediaan pengingat atau pencatatan data; solusi tersebut belum memanfaatkan data perilaku untuk memprediksi risiko penghentian pengobatan, dan juga belum menjawab kekhawatiran pasien sehari-hari terkait efek samping atau interaksi obat. Selain itu, akses internet belum merata: meskipun penetrasi nasional mencapai 79,5% pada tahun 2024, angka ini bervariasi antarwilayah—mulai dari 83,64% di Jawa hingga 68,35% di Sulawesi dan 69,91% di wilayah Maluku–Papua (APJII, 2024). Oleh karena itu, aplikasi apa pun yang dikembangkan harus mampu berfungsi tanpa koneksi internet yang stabil.

Generasi muda memiliki posisi strategis untuk menjembatani kesenjangan ini. Penelitian ini mengintegrasikan tiga bidang berbeda: rekayasa perangkat lunak untuk pengembangan aplikasi, farmasi klinis untuk memastikan akurasi informasi terkait pengobatan, serta desain inklusif untuk menjamin agar aplikasi tetap dapat diakses oleh pasien dengan tingkat literasi dan akses teknologi yang beragam.

Konsep yang diteliti adalah *Medication Adherence Companion (MAC)*, yaitu sebuah asisten berbasis kecerdasan buatan (AI) untuk mendukung kepatuhan pengobatan, yang dipadukan dengan dukungan rekan profesional di pusat kesehatan

masyarakat (puskesmas) serta pelaporan data agregat yang dianonimkan kepada dinas kesehatan.

8

1.2 Rumusan Masalah

1. Apa hubungan antara ketidakpatuhan terhadap pengobatan tuberkulosis dan resistensi antimikroba (AMR) yang ada?
2. Bukti apa saja yang tersedia mengenai efektivitas intervensi untuk meningkatkan kepatuhan pengobatan yang berbasis pada perangkat digital, prediksi risiko, dan dukungan rekan profesional?
3. Bagaimana "pendamping kepatuhan pengobatan" (*treatment adherence companion* atau) dapat dirancang agar aman, inklusif, dan mampu berfungsi dengan menggunakan pendekatan "utamakan luring" (*offline-first*)?
4. Bagaimana tindakan nyata yang dilakukan oleh generasi muda dapat diimplementasikan dan dievaluasi dengan cara yang bertanggung jawab?

1.3 Tujuan

1. Menjelaskan keterkaitan ketidakpatuhan pengobatan TBC dengan AMR.
2. Menyintesis bukti ilmiah tentang intervensi kepatuhan digital dan prediksi risiko putus obat.
3. Merumuskan rancangan MAC yang memadukan aspek perangkat lunak, farmasi klinis, dan desain inklusif.
4. Menyusun skema aksi nyata dan indikator evaluasi bagi generasi muda bersama puskesmas dan dinas kesehatan.

1.4 Manfaat

Bagi pasien, kajian ini menawarkan alat bantu yang memudahkan disiplin minum obat dan memahami efek samping. Bagi puskesmas dan dinas kesehatan, data agregat anonim dapat membantu menentukan wilayah dan kelompok yang perlu intervensi. Bagi generasi muda dan sekolah, karya ini menjadi contoh

kolaborasi lintas disiplin dalam pengendalian AMR. Bagi BBPOM dan pemangku kepentingan lain, kajian ini memberi masukan tentang pemanfaatan teknologi untuk ¹⁶ penggunaan antibiotik yang rasional.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Antibiotik dan Prinsip Pengobatan TB

Obat anti-tuberkulosis (OAT) merupakan golongan antimikroba yang harus digunakan berdasarkan resep dan di bawah pengawasan tenaga kesehatan. Regimen standar untuk TB yang sensitif terhadap obat pada pasien baru terdiri dari ³ fase intensif selama dua bulan, yaitu menggunakan isoniazid, rifampisin, pirazinamid, dan etambutol. Lalu diikuti dengan fase lanjutan selama empat bulan menggunakan isoniazid dan rifampisin, dengan total durasi sekitar enam bulan (Kementerian Kesehatan, 2019; WHO, 2017a). WHO (2022) juga mencakup regimen empat bulan berbasis rifapentin dan moksifloksasin untuk kelompok pasien tertentu. Regimen apa pun hanya akan efektif jika obat dikonsumsi secara teratur dan rangkaian pengobatan diselesaikan sepenuhnya.

Pasien perlu mengetahui efek samping yang umum terjadi seperti urine berwarna kemerahan atau oranye (akibat rifampisin), gangguan fungsi hati, nyeri sendi, neuropati perifer, atau gangguan penglihatan. Karena kekhawatiran terhadap efek samping ini merupakan salah satu alasan pasien menghentikan pengobatan (Kementerian Kesehatan, 2019). Rifampisin juga diketahui dapat menginduksi enzim pemetabolisme obat, yang dapat mengurangi efektivitas berbagai obat lain, termasuk kontrasepsi hormonal dan jenis antiretroviral tertentu (Baciewicz dkk., 2013). Oleh karena itu, informasi mengenai interaksi obat memiliki signifikansi klinis, namun informasi tersebut harus diperoleh dari sumber yang terverifikasi dan tepercaya.

2.2 Mekanisme Resistensi Mikroba

Resistensi dapat bersifat alami maupun didapatkan dari hal lain. Dalam kasus tuberkulosis (TB), resistensi yang didapat terutama berkaitan dengan mutasi pada bakteri yang terjadi di bawah tekanan selektif akibat pengobatan. Dosis yang terlewat, pengobatan yang terputus, atau rejimen yang tidak memadai memungkinkan populasi bakteri yang lebih resisten untuk bertahan hidup dan berkembang biak; bakteri ini kemudian dapat menular ke orang lain sebagai TB yang resisten terhadap obat (WHO, 2017a). Pada bakteri lain, penggunaan antibiotik yang tidak rasional, seperti melalui pengobatan mandiri atau penggunaan tanpa indikasi klinis yang menimbulkan tekanan selektif serupa (WHO, 2015). Oleh karena itu, kepatuhan terhadap pengobatan merupakan bagian dari upaya pengendalian resistensi antimikroba (AMR), bukan sekadar masalah klinis individu.

2.3 Regulasi Terkait

Pengendalian TB di Indonesia diatur melalui Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 67 Tahun 2016 (Kementerian Kesehatan, 2016a) dan Peraturan Presiden Nomor 67 Tahun 2021, yang menetapkan strategi untuk mencapai eliminasi TB (Presiden Republik Indonesia, 2021). Pengendalian AMR di fasilitas pelayanan kesehatan diatur, antara lain, melalui Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 8 Tahun 2015 tentang Program Pengendalian Resistensi Antimikroba di Rumah Sakit (Kementerian Kesehatan, 2015) serta Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 28 Tahun 2021 tentang Pedoman Penggunaan Antibiotik (Kementerian Kesehatan, 2021).

Antibiotik diklasifikasikan sebagai obat yang hanya dapat diperoleh dengan resep dokter, dan pelayanan kefarmasian di pusat kesehatan masyarakat (puskesmas) harus mematuhi standar yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 74 Tahun 2016 (Kementerian Kesehatan, 2016b). Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) bertugas mengawasi peredaran obat dan produk pangan (Presiden Republik Indonesia, 2017). Terkait aspek digital, data kesehatan diklasifikasikan sebagai kategori khusus data pribadi berdasarkan

⁴ Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 tentang Pelindungan Data Pribadi (Republik Indonesia, 2022), sementara Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan memuat ketentuan mengenai transformasi teknologi kesehatan dan sistem informasi (Republik Indonesia, 2023).

2.4 Teknologi Pendukung Kepatuhan

Digital adherence technologies (DAT)

DAT mencakup pesan singkat (SMS), kotak obat berpemantau, panggilan telepon seperti 99DOTS, dan video-observed treatment (VOT). Subbaraman et al. (2018) memetakan lanskap DAT dan merumuskan prioritas penelitian, sedangkan WHO (2017b) menyusun panduan implementasinya. WHO (2019) menekankan bahwa intervensi digital harus melengkapi, bukan menggantikan, sistem kesehatan dan perlu mempertimbangkan kesenjangan akses.

Prediksi risiko

Killian et al. (2019) menganalisis sekitar 17.000 pasien dan 2,1 juta catatan dosis dari program 99DOTS di India untuk membangun model pembelajaran mendalam. Model tersebut memungkinkan petugas mengintervensi 21% lebih banyak pasien dan sebelum 76% lebih banyak dosis terlewat dibandingkan metode heuristik, serta memprediksi luaran 40% lebih baik dibandingkan model pembandingan.

Asisten informasi

Retrieval-augmented generation (RAG) menggabungkan model bahasa dengan pencarian pada basis pengetahuan tertentu sehingga jawaban dapat berlandaskan dokumen rujukan (Lewis et al., 2020). Pendekatan ini relevan untuk mengurangi jawaban mengada-ada pada informasi obat. WHO (2021) menekankan prinsip etika AI kesehatan, antara lain perlindungan otonomi, keselamatan, transparansi, dan keadilan.

Desain inklusif

Pedoman *Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2* memuat kriteria aksesibilitas seperti kontras warna, ukuran target sentuh, dan alternatif teks (World Wide Web Consortium [W3C], 2023) yang dapat diadaptasi pada aplikasi seluler.

2.5 Penelitian Terdahulu

Alipannah et al. (2018) menelaah 129 studi dan menyimpulkan bahwa luaran pengobatan TBC membaik dengan intervensi ¹³ kepatuhan seperti edukasi dan konseling, insentif, intervensi psikologis, pengingat, dan teknologi digital. Ngwatu et al. (2018) meninjau secara sistematis dampak teknologi digital pada pengobatan TBC; penelitian-penelitian yang tercakup beragam dan memerlukan evaluasi lebih kuat. Subbaraman et al. (2018) memetakan DAT, dan Killian et al. (2019) menunjukkan potensi prediksi risiko. Celah penelitian yang diangkat dalam karya ini adalah belum banyak rancangan yang memadukan pengingat, prediksi risiko, asisten informasi obat, mode *offline-first*, dan pendampingan profesional dalam satu kerangka yang sesuai konteks puskesmas di Indonesia.

BAB III METODOLOGI

3.1 Jenis studi

Karya ¹² ini menggunakan metodologi tinjauan pustaka (*literature review*) dengan pendekatan naratif dan sintesis tematik. Tidak ada pengumpulan data primer dari subjek manusia yang dilakukan. Survei, wawancara, dan pengujian aplikasi direncanakan sebagai tahapan selanjutnya, dengan ketentuan harus memperoleh persetujuan dari pihak sekolah, pusat kesehatan masyarakat (puskesmas), dan jika diperlukan dewan peninjau etika kelembagaan.

3.2 Sumber dan strategi pencarian

Pustaka diperoleh melalui WHO IRIS dan portal publikasi WHO, PubMed/PubMed Central, Google Scholar, serta portal regulasi pemerintah resmi dan dokumen dari Kementerian Kesehatan. Kata kunci yang digunakan meliputi:

“antimicrobial resistance” (resistensi antimikroba), *“tuberculosis treatment adherence”* (kepatuhan pengobatan tuberkulosis), *“digital adherence technologies”* (teknologi digital untuk kepatuhan), *“medication adherence prediction”* (prediksi kepatuhan pengobatan), *“retrieval-augmented generation”*, dan *“treatment supporter”* (pendamping pengobatan untuk tuberkulosis).

3.3 Kriteria seleksi Kriteria inklusi

(1) laporan atau pedoman dari lembaga otoritatif, tinjauan sistematis, atau ²⁴ *artikel yang telah melalui telaah sejawat (peer-reviewed)*; (2) relevansi dengan resistensi antimikroba (AMR), tuberkulosis (TB), kepatuhan pengobatan, teknologi digital, atau aksesibilitas; (3) diterbitkan terutama antara tahun 2015 dan 2025, dengan pengecualian untuk referensi metodologis atau farmakologis yang bersifat fundamental; (4) ketersediaan teks atau abstrak yang dapat diverifikasi. Kriteria eksklusi: opini yang tidak didukung data empiris, sumber tanpa penulis atau penerbit yang jelas, serta sumber yang tidak dapat dilacak.

3.4 Prosedur dan analisis

Proses ini mencakup identifikasi sumber, penyaringan judul dan abstrak, peninjauan teks lengkap, ekstraksi data (desain studi, populasi, intervensi, dan hasil), serta pelaksanaan sintesis tematik yang disusun ke dalam empat tema utama: hubungan antara kepatuhan dan AMR, bukti mengenai intervensi, desain teknologi, dan implementasi di tingkat komunitas. Semua angka dan pernyataan yang disajikan dalam karya ini dirujuk langsung ke dokumen sumber aslinya.

3.5 Validitas dan keterbatasan

Validitas dipastikan dengan memprioritaskan sumber primer dan otoritatif, serta melakukan verifikasi silang (*cross-referencing*) terhadap berbagai sumber untuk klaim-klaim penting. Keterbatasan: tinjauan naratif ini tidak mencakup meta-analisis baru; beberapa studi berasal dari negara lain dengan konteks sistem kesehatan yang berbeda; dan efektivitas teknologi pendukung kepatuhan pengobatan (MAC) di Indonesia belum diuji.

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Ketidakepatuhan Pengobatan sebagai Pendorong AMR

Literatur menunjukkan rantai sebab yang konsisten: pengobatan panjang, efek samping, hambatan akses, dan kurangnya informasi dapat menyebabkan dosis terlewat atau putus obat; kondisi ini memberi peluang kuman resisten bertahan (WHO, 2017a). Beban TBC resisten obat saat ini masih besar, dengan sekitar 150.000 kematian pada 2024 (WHO, 2025), dan target global menuntut penurunan kematian terkait AMR (*United Nations General Assembly*, 2024). Karena itu, setiap peningkatan kepatuhan pada pasien TBC memiliki dampak ganda: menyembuhkan individu dan mengurangi peluang penularan kuman resisten. Pendekatan ini sejalan dengan kerangka kerja global untuk AMR yang menekankan edukasi, surveilans, dan penggunaan antimikroba yang tepat (WHO, 2015).

4.2 Bukti Intervensi Kepatuhan Digital dan Prediktif

Bukti yang tersedia mendukung pendekatan berlapis. Alipanah et al. (2018) menemukan bahwa berbagai kategori intervensi kepatuhan, termasuk teknologi digital, berkaitan dengan perbaikan luaran pengobatan. Ngwatu et al. (2018) mengingatkan bahwa bukti dampak teknologi digital masih beragam. Subbaraman et al. (2018) menegaskan perlunya penelitian lebih lanjut mengenai efektivitas dan implementasi DAT. Dari sisi prediksi, Killian et al. (2019) menunjukkan bahwa data catatan dosis digital berpotensi dipakai untuk memprioritaskan pasien yang paling membutuhkan perhatian petugas. Temuan ini menimbulkan dua implikasi bagi MAC. Pertama, prediksi risiko paling bermanfaat bila hasilnya menggerakkan tindakan manusia, misalnya kunjungan atau panggilan dari petugas atau pendamping profesional, bukan sekadar menampilkan skor. Kedua, klaim efektivitas harus dibatasi: hasil dari India belum otomatis berlaku di Indonesia, sehingga diperlukan uji pada populasi sasaran.

4.3 Rancangan *Medication Adherence Companion*

Berdasarkan sintesis literatur, MAC dirancang dengan lima modul berikut. Rancangan ini merupakan gagasan penulis yang disusun dari literatur, bukan hasil uji lapangan.

a. Pengingat adaptif dan pencatatan dosis

Pengingat berbunyi pada jam yang disepakati bersama pasien dan petugas. Konfirmasi dosis dibuat dengan satu sentuhan agar tidak membebani pasien. Dosis dicatat lokal di perangkat.

b. Prediksi risiko putus obat

Tahap awal memakai aturan sederhana yang dapat dijelaskan, misalnya dosis terlewat berulang, keterlambatan konfirmasi, atau tidak mengambil obat tepat waktu. Model pembelajaran mesin hanya ditambahkan setelah tersedia data yang cukup, divalidasi, dan diuji bias antarkelompok, mengikuti pendekatan yang dipelajari Killian et al. (2019). Keluaran berupa kategori prioritas untuk petugas dan pendamping, bukan label negatif bagi pasien, dan keputusan klinis tetap pada tenaga kesehatan.

c. Asisten informasi obat

Asisten menjawab pertanyaan tentang efek samping umum dan interaksi dengan pendekatan RAG yang hanya menarik rujukan dari sumber terverifikasi, misalnya Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran TBC (Kemenkes, 2019) dan panduan WHO. Pengaman wajib: (1) tidak menyarankan mengubah atau menghentikan dosis; (2) tanda bahaya, misalnya kulit atau mata menguning, muntah terus-menerus, atau gangguan penglihatan, langsung diarahkan untuk menghubungi petugas atau fasilitas kesehatan; (3) menampilkan sumber rujukan; (4) pertanyaan di luar basis pengetahuan dijawab dengan arahan konsultasi ke apoteker atau dokter. Basis pengetahuan ditinjau berkala oleh apoteker. Prinsip ini sejalan dengan panduan etika AI kesehatan (WHO, 2021).

d. Offline-first

Seluruh fungsi inti, yaitu pengingat, pencatatan dosis, dan basis pengetahuan ringkas, berjalan tanpa internet, lalu sinkron otomatis saat koneksi tersedia. Rancangan ini menjawab kesenjangan akses antarwilayah (APJII, 2024) dan melengkapi WHO (2019) yang menekankan pertimbangan ekuitas pada intervensi digital.

e. Desain inklusif

- f.* Antarmuka memakai kontras tinggi, huruf besar, ikon yang jelas, bahasa sederhana, opsi bahasa daerah, serta bantuan suara bagi pengguna dengan literasi rendah. Pedoman WCAG 2.2 dijadikan daftar pemeriksaan aksesibilitas (W3C, 2023). Prototipe diuji bersama pasien, pendamping, dan petugas sebelum diperluas.

MAC menjunjung privasi dan etik karena kata kesehatan tergolong data pribadi spesifik (Republik Indonesia, 2022). MAC menerapkan prinsip minimisasi data, persetujuan yang jelas, enkripsi, dan akses berbasis peran. Pelaporan ke dinas kesehatan hanya berupa data agregat anonim, dengan penekanan pada kelompok yang terlalu kecil agar individu tidak dapat dikenali. MAC melengkapi, bukan menggantikan, pencatatan resmi program TBC.

4.4 Aksi Nyata: Pendampingan Profesional dan Pelaporan Agregat

Aksi nyata dirancang sebagai kolaborasi dengan puskesmas dan dinas kesehatan setempat. Relawan muda, misalnya siswa, mahasiswa farmasi, atau pengembang perangkat lunak, dilatih oleh petugas program TBC tentang dasar TBC, komunikasi empatik, pencegahan stigma, pencegahan penularan, dan batas peran. Peran pendamping profesional adalah memotivasi, membantu penggunaan aplikasi, mengingatkan jadwal kontrol, dan menghubungkan pasien dengan petugas bila ada keluhan. Pendamping tidak memberi saran medis atau mengubah terapi. Kontak dengan pasien dilakukan sesuai protokol puskesmas, dan relawan di bawah umur hanya terlibat dalam peran yang aman dan diawasi. Data agregat anonim,

seperti proporsi dosis tercatat, jumlah pasien berisiko, dan alasan putus obat yang sering muncul, dilaporkan berkala kepada dinas kesehatan agar intervensi lebih tepat sasaran. Pendampingan profesional sejalan dengan temuan bahwa dukungan psikososial dan edukasi pasien termasuk intervensi yang berkaitan dengan luaran pengobatan lebih baik (Alipannah et al., 2018) dan dengan arah kebijakan nasional yang melibatkan masyarakat dalam penanggulangan TBC (Presiden Republik Indonesia, 2021).

4.5 Evaluasi Efektivitas Implementasi

Karena karya ini berbasis literatur, evaluasi disusun sebagai rencana. Tahap pertama adalah uji kegunaan (*usability*) dan uji ketepatan jawaban asisten oleh apoteker. Tahap kedua adalah percontohan terbatas di satu puskesmas dengan persetujuan pasien dan pihak berwenang. Indikator yang diusulkan: proporsi dosis tercatat, jumlah putus obat, angka keberhasilan pengobatan, kepuasan pengguna, waktu respons petugas terhadap pasien berisiko, serta jumlah pertanyaan yang dialihkan ke petugas. Hasil percontohan menentukan apakah aplikasi layak diperluas. Hasil dari studi di negara lain tidak dijadikan klaim keberhasilan MAC.

4.6 Tantangan dan Keterbatasan

Tantangan utama meliputi: (1) potensi jawaban AI yang keliru, yang dikelola dengan RAG, basis rujukan terkurasi, dan pengaman klinis; (2) bias model prediksi, yang diatasi dengan validasi bertahap dan pelibatan petugas; (3) beban kerja puskesmas, sehingga alur kerja harus ringan; (4) stigma TBC, sehingga notifikasi dan nama aplikasi dibuat tidak mengungkapkan penyakit pada layar kunci; (5) kewajiban hukum, termasuk perlindungan data pribadi dan penelaahan ketentuan perangkat lunak kesehatan yang berlaku sebelum aplikasi dipakai pasien; dan (6) bukti efektivitas digital yang masih beragam (Ngwatu et al., ²³2018).

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Ketidakpatuhan terhadap pengobatan tuberkulosis (TB) berkaitan dengan risiko resistensi obat; oleh karena itu, meningkatkan kepatuhan merupakan komponen kunci dalam pengendalian resistensi antimikroba (AMR) (WHO, 2017a; WHO, 2025).

2. Literatur menunjukkan bahwa intervensi untuk meningkatkan kepatuhan termasuk yang memanfaatkan teknologi digital berkaitan dengan hasil pengobatan TB yang lebih baik. Selain itu, pemodelan data pemberian dosis secara digital berpotensi digunakan untuk memprioritaskan pasien berisiko tinggi, meskipun bukti yang ada saat ini masih beragam (Alipanah dkk., 2018; Killian dkk., 2019; Ngwatu dkk., 2018).

3. *Mobile Adherence Companion* (MAC) dapat dirancang sebagai sarana pendukung yang mencakup lima modul: pengingat adaptif, prediksi risiko, asisten informasi pengobatan berbasis referensi terverifikasi, mode *offline-first* (utamakan penggunaan luring), serta desain inklusif—dengan tetap menerapkan perlindungan klinis dan perlindungan data pribadi.

4. Langkah nyata dari generasi muda dapat berupa penyediaan dukungan rekan profesional (*peer support*) yang terlatih di pusat kesehatan masyarakat (puskesmas) serta pelaporan data yang telah dianonimisasi dan diagregasi, dengan ketentuan harus melalui evaluasi bertahap sebelum diterapkan secara lebih luas.

5.2 Saran

Untuk sekolah: menjadikan kegiatan ini bagian dari pembelajaran lintas disiplin dan memfasilitasi koordinasi dengan puskesmas serta guru pendamping.

Untuk masyarakat dan generasi muda: menjadi pendamping yang empatik, menolak stigma, dan tidak memberikan nasihat medis di luar kewenangan.

Untuk BBPOM, dinas kesehatan, dan puskesmas: mempertimbangkan percontohan terbatas, melakukan kurasi basis pengetahuan obat, serta menetapkan ketentuan keamanan dan privasi untuk aplikasi pendamping pasien. Serta memfasilitasi untuk pengembangan website/ aplikasi yang lebih kompleks.

Untuk peneliti selanjutnya: melakukan uji kegunaan dan studi kuasi-eksperimen atau uji acak berkluster, mengevaluasi kinerja serta keadilan model prediksi, dan memperluas kajian ke infeksi kronis lain.

DAFTAR PUSTAKA

Alipanah, N., Jarlsberg, L., Miller, C., Linh, N. N., Falzon, D., Jaramillo, E., & Nahid, P. (2018). *Adherence interventions and outcomes of tuberculosis treatment: A systematic review and meta-analysis of trials and observational studies*. *PLOS Medicine*, 15(7), e1002595. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002595>

Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia. (2024). *Survei penetrasi internet Indonesia 2024*. APJII.

Baciewicz, A. M., Chrisman, C. R., Finch, C. K., & Self, T. H. (2013). Update on rifampin, rifabutin, and rifapentine drug interactions. *Current Medical Research and Opinion*, 29(1), 1–12.

GBD 2021 Antimicrobial Resistance Collaborators. (2024). Global burden of bacterial antimicrobial resistance 1990–2021: A systematic analysis with forecasts to 2050. *The Lancet*, 404(10459), 1199–1226. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(24\)01867-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(24)01867-1)

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2015). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2015 tentang Program Pengendalian Resistensi Antimikroba di Rumah Sakit*.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2016a). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 67 Tahun 2016 tentang Penanggulangan Tuberkulosis*.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2016b). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 74 Tahun 2016 tentang Standar Pelayanan Kefarmasian di Puskesmas*.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2019). *Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.01.07/MENKES/755/2019 tentang Pedoman Nasional Pelayanan Kedokteran Tata Laksana Tuberkulosis*.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2021 tentang Pedoman Penggunaan Antibiotik*.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2025). *Profil kesehatan Indonesia 2024*. Kementerian Kesehatan RI.

Killian, J. A., Wilder, B., Sharma, A., Choudhary, V., Dilkina, B., & Tambe, M. (2019). Learning to prescribe interventions for tuberculosis patients using digital adherence data. In *Proceedings of the 25th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining* (pp. 2430–2438). ACM. <https://arxiv.org/abs/1902.01506>

Lewis, P., Perez, E., Piktus, A., Petroni, F., Karpukhin, V., Goyal, N., Küttler, H., Lewis, M., Yih, W., Rocktäschel, T., Riedel, S., & Kiela, D. (2020). Retrieval-augmented generation for knowledge-intensive NLP tasks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 33, 9459–9474.

Murray, C. J. L., Ikuta, K. S., Sharara, F., et al. (2022). Global burden of bacterial antimicrobial resistance in 2019: A systematic analysis. *The Lancet*, 399(10325), 629–655. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0)

Ngwatu, B. K., Nsengiyumva, N. P., Oxlade, O., Mappin-Kasirer, B., Nguyen, N. L., Jaramillo, E., Falzon, D., & Schwartzman, K. (2018). The impact of digital health technologies on tuberculosis treatment: A systematic review. *European Respiratory Journal*, 51(1), 1701596. <https://doi.org/10.1183/13993003.01596-2017>

Presiden Republik Indonesia. (2017). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 80 Tahun 2017 tentang Badan Pengawas Obat dan Makanan*.

Presiden Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 67 Tahun 2021 tentang Penanggulangan Tuberkulosis*.

Republik Indonesia. (2022). *Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 tentang Pelindungan Data Pribadi*.

Republik Indonesia. (2023). *Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2023 tentang Kesehatan*.

Subbaraman, R., de Mondesert, L., Musiimenta, A., Pai, M., Mayer, K. H., Thomas, B. E., & Haberer, J. (2018). Digital adherence technologies for the management of tuberculosis therapy: Mapping the landscape and research priorities. *BMJ Global Health*, 3(5), e001018. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2018-001018>

United Nations General Assembly. (2024). *Political declaration of the high-level meeting on antimicrobial resistance (A/RES/79/2)*. United Nations.

World Health Organization. (2015). *Global action plan on antimicrobial resistance*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241509763>

World Health Organization. (2017a). *Guidelines for treatment of drug-susceptible tuberculosis and patient care (2017 update)*.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789241550000>

World Health Organization. (2017b). *Handbook for the use of digital technologies to support tuberculosis medication adherence* (WHO/HTM/TB/2017.30).
<https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241513456>

World Health Organization. (2019). *WHO guideline: Recommendations on digital interventions for health system strengthening*.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789241550505>

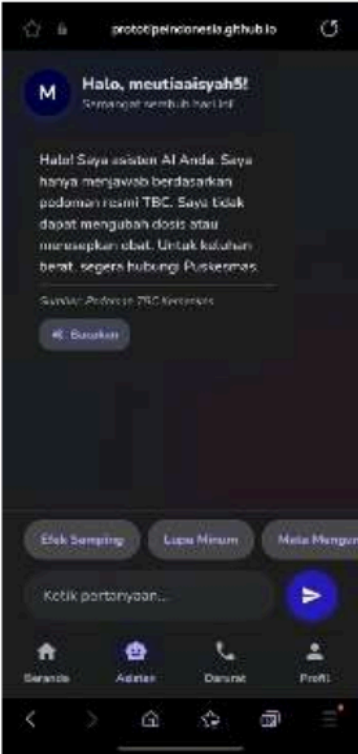
World Health Organization. (2021). *Ethics and governance of artificial intelligence for health: WHO guidance*.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789240029200>

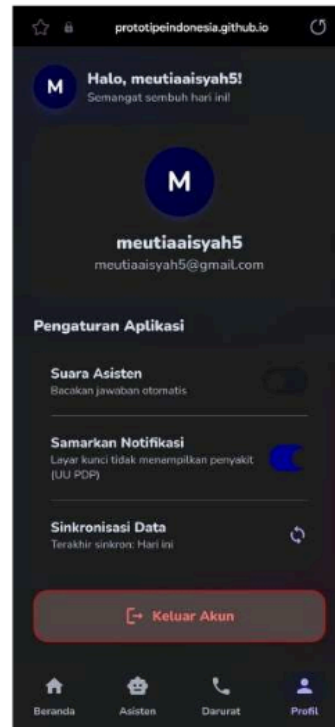
World Health Organization. (2022). *WHO consolidated guidelines on tuberculosis: Module 4: Treatment: Drug-susceptible tuberculosis treatment*.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789240048126>

World Health Organization. (2025). *Global tuberculosis report 2025*.
<https://www.who.int/teams/global-tuberculosis-programme/tb-reports/global-tuberculosis-report-2025>

World Wide Web Consortium. (2023). *Web content accessibility guidelines (WCAG) 2.2*. <https://www.w3.org/TR/WCAG22/>

Lampiran 1: Konsep Sederhana Website MAC





Link website sederhana :

<https://prototipeindonesia.github.io/web-minum-obat/>

<https://kiwi-x00sz2.my.canva.site/>

ORIGINALITY REPORT

10%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

6%

PUBLICATIONS

3%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.bku.ac.id Internet Source	1%
2	positori.umrah.ac.id Internet Source	1%
3	Sylfia Mustika, Kornelis Aribowo. "Koeksistensi Tuberkulosis Paru Aktif dan Adenokarsinoma Paru Primer pada Laki-Laki: Sebuah Laporan Kasus", Jurnal Ilmu Kedokteran dan Kesehatan, 2026 Publication	1%
4	Submitted to UCL Student Paper	1%
5	www.coursehero.com Internet Source	1%
6	repository.ar-raniry.ac.id Internet Source	1%
7	www.slideshare.net Internet Source	1%
8	id.scribd.com Internet Source	<1%
9	amydewipastisya.blogspot.com Internet Source	<1%
10	Retno Ariza Soeprihatini Soemarwoto. "Hubungan Gejala klinis dengan Diagnosis Tuberkulosis serta Evaluasi Akurasi Skrinning pada Pasien terduga TB", Jurnal Kedokteran Universitas Lampung, 2026 Publication	<1%
11	jomparnd.com Internet Source	<1%
12	jptam.org Internet Source	<1%
13	ojs.fdk.ac.id Internet Source	<1%

14	tourismegaspe.org Internet Source	<1 %
15	Shalomitha Aurel Karamoy, Angela Ftiriani Clementine Kalesaran, Eva Mariane Mantjoro. "Gambaran pengetahuan, sikap, dan tindakan masyarakat pesisir Kota Manado terhadap penggunaan obat", Holistik Jurnal Kesehatan, 2026 Publication	<1 %
16	eprints.unmas.ac.id Internet Source	<1 %
17	etd.repository.ugm.ac.id Internet Source	<1 %
18	www.researchgate.net Internet Source	<1 %
19	lingkarblora.com Internet Source	<1 %
20	etd.umy.ac.id Internet Source	<1 %
21	Wilda Zahara, Farrah Fahdhienie. " Hubungan determinan sosial kesehatan terhadap kepatuhan pengobatan pada penderita tuberkulosis paru ", THE JOURNAL OF Nursing Management Issues, 2026 Publication	<1 %
22	big.go.id Internet Source	<1 %
23	eprints.poltektegal.ac.id Internet Source	<1 %
24	jurnalp4i.com Internet Source	<1 %
25	skemman.is Internet Source	<1 %
26	Ratih Puspita Kusumadewi Purba, Lana Sari. "Penggunaan Metode Delphi Termodifikasi dalam Pengembangan Indikator Kinerja Pelayanan Kefarmasian Puskesmas", JURNAL KESEHATAN POLTEKKES KEMENKES RI PANGKALPINANG, 2023 Publication	<1 %

