

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Tuberkulosis (TB) merupakan masalah kesehatan masyarakat di seluruh dunia. Pada tahun 2022, TB menjadi penyebab kematian tertinggi kedua akibat agen infeksi tunggal di kawasan Asia-Pasifik, setelah Covid-19. Secara global, dilaporkan 7,5 juta kasus TB baru dan kambuh—angka tertinggi sejak Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) mulai memantau TB secara global pada tahun 1995[1]. Wilayah Asia Tenggara menyumbang 46% dari perkiraan kasus TB global pada 2022, lebih banyak dibandingkan wilayah WHO lainnya. India (27,0% dari kasus TB global), Indonesia (10%), China (7,1%), Filipina (7,0%), Pakistan (5,7%), dan Bangladesh (3,6%) termasuk negara dan wilayah yang paling terdampak pada 2022 [2].

Pada tahun 2025, Kementerian Kesehatan menargetkan peningkatan keberhasilan pengobatan TB dengan capaian nasional di puskesmas mencapai target 90%, sementara fasilitas kesehatan swasta seperti rumah sakit (RS) dan klinik masih belum mencapai target, yaitu sekitar 85%. Tantangan utama dalam pencapaian ini adalah tingginya angka putus berobat (*lost to follow up*) yang melebihi 10%, khususnya di pemerintah, RS swasta, dan klinik swasta [3]. Penelitian sebelumnya bahkan melaporkan bahwa tingkat ketidakpatuhan terhadap pengobatan TB di komunitas mencapai 27,24%, yang merupakan angka yang cukup tinggi dan menunjukkan tantangan serius dalam upaya pengendalian TB [4]. Hal ini menimbulkan kekhawatiran di kalangan petugas puskesmas terhadap kompleksitas penanganan dan keberhasilan pengendalian TB di lapangan. Kompleksitas pengobatan jangka panjang serta keterbatasan sistem pemantauan pasien berkontribusi terhadap rendahnya kepatuhan pasien dan menjadi tantangan serius di lapangan.

Meskipun demikian, TB dapat disembukan dan dicegah. Pada penanganan TB aktif WHO merekomendasikan perawatan dengan konsumsi obat setiap hari sampai dengan 6 bulan (fase awal 2 bulan, fase kontinu 4 bulan) untuk TB aktif

dan 3 bulan pada TB latent (bakteri yang tidak aktif) [5]. Tetapi kunci dari proses penyembuhan terletak pada kepatuhan pasien dalam mengonsumsi obat terutama di fase awal/intensif. Selama fase intensif, bakteri TB yang sedang aktif berkembang biak dibunuh dengan cepat untuk mencegah perkembangan penyakit, membatasi penularan kepada orang lain, dan mencegah berkembangnya resistensi obat. Sebaliknya, fase lanjutan menargetkan bakteri yang dorman untuk mencapai kesembuhan total dan mencegah kekambuhan [6]. Risiko yang terjadi akibat ketidakpatuhan pasien meliputi kegagalan perawatan yang mengarah pada resistansi obat, selain itu berefek pada layanan kesehatan, dan ekonomi [7], [8]. Faktor yang paling umum ketidakpatuhan konsumsi obat yang berhubungan langsung dengan pasien yaitu lupa, perubahan jadwal dosis, atau kesibukan pasien. [7].

Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk meningkatkan kepatuhan pasien TB, seperti SMS reminder yang murah dan mudah diakses, namun tidak dapat mengonfirmasi konsumsi obat secara langsung [8]. *Video Observed Therapy* (VOT) efektif seperti DOT konvensional, tetapi membutuhkan infrastruktur digital dan menimbulkan isu privasi [8]. *Medication Event Monitoring System* (MEMS) yang tidak menyediakan fungsi pengeluaran otomatis dan penjadwalan kunjungan [9], [10], [11], [12]. Sistem seperti I-CARES mengotomatisasi distribusi obat dengan akurat namun daya dan biaya yang dikeluarkan kurang efektif [13], sedangkan Servo Guerrero-Ulloa memiliki biaya awal rendah namun kurang tahan lama, tanpa pemantauan lingkungan dan tidak terdapat fitur kunjungan pasien [14]. Keterbatasan ini menunjukkan perlunya sistem yang lebih efisien, terjangkau, dan mampu mendukung pemantauan komprehensif, khususnya di fase awal pengobatan TB.

Sebagai ilustrasi nyata di lapangan, peneliti memperoleh sampel obat TB dari salah satu puskesmas di Sukabumi, Jawa Barat. Sampel tersebut menunjukkan bahwa meskipun pengemasan dan pemberian obat sudah sesuai, tidak terdapat sistem pemantauan kepatuhan pasien yang terintegrasi. Hal ini mencerminkan lemahnya sistem pemantauan konsumsi obat secara *real-time* di layanan primer, yang menjadi salah satu penyebab utama putus berobat dan resistansi obat.

Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan sebuah sistem berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan aplikasi website untuk mendukung pemantauan kepatuhan pasien secara komprehensif, khususnya pada fase awal pengobatan TB. Sistem ini dilengkapi dengan sensor suhu dan kelembaban untuk menjaga kualitas obat sesuai standar penyimpanan, serta aktuator untuk mengeluarkan obat sesuai dosis harian. Aplikasi website digunakan sebagai media verifikasi konsumsi obat dan pelaporan data secara langsung kepada petugas kesehatan. Dibandingkan dengan sistem-sistem sebelumnya, solusi ini diharapkan lebih efisien, terjangkau, dan adaptif terhadap kondisi fasilitas kesehatan primer di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang sistem pemantauan distribusi obat berbasis IoT pada fase awal yang mampu mendeteksi dan mencatat jatuhnya obat secara otomatis dan akurat, serta memungkinkan pihak berwenang melakukan pengawasan waktu distribusi obat secara *real-time*?
2. Bagaimana memastikan akurasi pengeluaran dosis harian sesuai jadwal pengobatan TB fase awal serta meminimalkan kesalahan manual dalam pengambilan obat melalui integrasi mekanisme aktuator dan sistem berbasis aplikasi web?

1.3 Tujuan dan Manfaat

1. Merancang sistem pemantauan distribusi obat berbasis IoT pada fase awal, yang mampu mendeteksi dan mencatat jatuhnya obat secara otomatis dan akurat, serta memungkinkan pihak berwenang melakukan pengawasan waktu distribusi obat ≤ 1 detik.
2. Mengembangkan sistem pendistribusian dosis harian yang akurat dan tepat waktu sesuai jadwal pengobatan yang diberikan dengan meminimalkan kesalahan manual melalui integrasi mekanisme aktuator dan sistem berbasis aplikasi web.

1.4 Batasan Masalah

1. Sistem hanya berlaku untuk pengobatan TB kategori 1 dewasa dengan empat jenis obat (Isoniazid, Rifampisin, Pyrazinamide, Ethambutol) dalam bentuk tablet. Obat cair, sirup, atau suntikan tidak termasuk dalam cakupan.
2. Mekanisme pengeluaran dan verifikasi konsumsi obat bergantung pada aktuator dan *cross-platform* web. Faktor eksternal seperti pencahayaan ruangan atau posisi pasien saat pengambilan obat tidak diuji secara mendalam.
3. Sistem dirancang untuk meningkatkan kepatuhan pasien, tetapi tidak menjamin kepatuhan mutlak karena bergantung pada kedisiplinan pasien dalam mengikuti prosedur.
4. Aspek keamanan data pada aplikasi tidak dibahas dalam penelitian ini.
5. Pengguna sistem dibatasi hanya dapat membuat satu informasi pasien dengan maksimal dua akun pengguna untuk tujuan keamanan.
6. Alat ini hanya dapat bergantung pada jangkauan tertentu dari sumber sinyal WiFi.

1.5 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, perancangan dan pembuatan sistem memiliki alur yang terinci demi menjaga efisiensi proses dengan memastikan setiap tahap dievaluasi dan disempurnakan sebelum lanjut ke tahap berikutnya.

1. Desain Sistem

Perancangan sistem secara konseptual meliputi penentuan kebutuhan fungsional dan teknis yang harus dipenuhi. Kegiatan ini mencakup penyusunan spesifikasi sistem sesuai tujuan penelitian, studi literatur untuk mengidentifikasi teknologi dan komponen medis yang relevan, serta penyusunan diagram alir dan blok sistem secara keseluruhan. Selain itu, desain awal untuk perangkat keras dan perangkat lunak yang dibutuhkan juga ditentukan.

2. Pembuatan Perangkat Keras

Pengembangan perangkat keras dilakukan sesuai dengan konsep yang telah disusun. Kegiatan ini mencakup pemilihan dan pembelian komponen elektronik yang sesuai, seperti sensor, aktuator, mikrokontroler, atau modul komunikasi. Selanjutnya, komponen-komponen dirakit dan disambungkan sesuai desain rangkaian, diikuti dengan pengujian awal untuk memastikan setiap komponen berfungsi dengan baik. Terakhir, struktur fisik dibuat untuk mendukung stabilitas perangkat keras.

3. Pembuatan Perangkat Lunak

Pengembangan perangkat lunak bertujuan untuk mengelola input, proses, dan output dari perangkat keras. Kegiatan ini mencakup penulisan kode program sesuai dengan fungsi yang dirancang pada tahap pengonsepan sistem, serta integrasi algoritma untuk pemrosesan data, terutama untuk analisis medis. Selain itu, perangkat lunak juga dihubungkan dengan perangkat keras untuk memungkinkan komunikasi dua arah antara keduanya.

4. Pengujian Sistem

Pengujian fungsionalitas dan stabilitas sistem dilakukan untuk memastikan kesesuaian dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Kegiatan ini meliputi pengujian kinerja pada seluruh sistem (perangkat keras dan perangkat lunak) untuk memverifikasi fungsionalitas setiap komponen. Selain itu, dilakukan identifikasi terhadap masalah atau ketidaksesuaian antara hasil yang diharapkan dengan hasil yang aktual. Semua data hasil pengujian dicatat sebagai bahan analisis lebih lanjut.

5. Analisis Pengujian Sistem

Berdasarkan hasil pengujian, dilakukan analisis terhadap performa sistem untuk mengidentifikasi kelemahan dan potensi kesalahan. Jika ditemukan ketidaksesuaian, maka dilakukan perbaikan pada desain perangkat keras maupun perangkat lunak. Selanjutnya, sistem diuji ulang pada bagian

yang telah dimodifikasi untuk memastikan bahwa perubahan yang dilakukan mampu memperbaiki performa secara signifikan.

1.6 Jadwal Pelaksanaan

Tabel 1. 1 Jadwal dan *Milestone* Pengerjaan

No.	Deskripsi Tahapan	Durasi	Tanggal Selesai	<i>Milestone</i>
1	Desain Sistem	4 minggu	22 Jan 2025	Diagram Blok dan spesifikasi <i>Input-Output</i>
2	Pemilihan Komponen	2 minggu	12 Feb 2025	Memilih komponen yang akan digunakan
3	Perakitan Komponen	2 minggu	5 Maret 2025	Perakitan Hasil Desain Sistem
3	Pengujian dan Analisis Sistem	4 minggu	6 April 2025	Prototype 1 selesai
4	Penyusunan laporan/buku TA	2 minggu	6 Juni 2025	Buku TA selesai