

# INOVASI TEKNOLOGI AI (PROTOTIPE APLIKASI LAYAK SPUTUM) DALAM UJI PRA-ANALITIK KELAYAKAN SAMPEL DAHAK UNTUK SCREENING TB PARU DI PUSKESMAS DENPASAR UTARA III

Moh Fairuz Abadi<sup>1\*</sup> · Didik Prasetya<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> D3 Teknologi Laboratorium Medis, STIKES Wira Medika, Bali, Indonesia

e-Mail : [fairuzabadi@stikeswiramedika.ac.id](mailto:fairuzabadi@stikeswiramedika.ac.id)

No Tlp WA :081335983900

## **Abstract**

*Pulmonary tuberculosis (TB) remains a major public health issue in Indonesia. The quality of sputum specimens is crucial for accurate diagnosis, as inadequate specimens can lead to diagnostic errors. An artificial intelligence (AI)-based application called "Layak Sputum" was developed to automatically assess specimen suitability and provide recommendations for recollection if needed. This study employs a descriptive quantitative method using the Google AppSheet platform to analyze 14 specimens from TB screening patients at Puskesmas Denpasar Utara III. The application's results were compared with those of the Molecular Rapid Test (TCM) to evaluate their concordance. The application achieved a 71.4% agreement rate with TCM. Some discrepancies were found, such as specimen 0196T, which was deemed unsuitable by the application but tested positive for TB via TCM, indicating that TCM is more sensitive in detecting TB bacterial DNA. Adjustments to the application's algorithm are necessary to improve accuracy, including consideration of TB exposure risk. This study demonstrates the potential of the "Layak Sputum" application in supporting pulmonary TB diagnosis*

**Keywords :** *Pulmonary tuberculosis diagnosis, Artificial intelligence (AI) application, Sputum specimen quality*

## **Abstrak**

Tuberkulosis (TB) paru masih menjadi masalah kesehatan utama di Indonesia. Kualitas spesimen dahak sangat penting untuk diagnosis yang akurat, karena spesimen yang tidak layak dapat menyebabkan kesalahan diagnosis. Aplikasi berbasis kecerdasan buatan (AI) bernama "Layak Sputum" dikembangkan untuk secara otomatis menilai kelayakan spesimen dan memberikan rekomendasi pengambilan ulang jika diperlukan. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif dengan platform Google AppSheet untuk menganalisis 14 spesimen dari pasien screening TB di Puskesmas Denpasar Utara III. Hasil aplikasi dibandingkan dengan Tes Cepat Molekuler (TCM) untuk menilai kesesuaiannya. Aplikasi mencapai tingkat kesesuaian sebesar 71,4% dengan TCM. Beberapa ketidaksesuaian ditemukan, seperti pada spesimen 0196T yang dinyatakan tidak layak oleh aplikasi namun positif TB melalui TCM, menunjukkan bahwa TCM lebih sensitif dalam mendeteksi DNA bakteri TB. Penyesuaian algoritma aplikasi diperlukan untuk meningkatkan akurasi, termasuk mempertimbangkan risiko paparan TB. Penelitian ini menunjukkan potensi aplikasi "Layak Sputum" dalam mendukung diagnosis TB paru.

**Kata kunci:** *Diagnosis tuberkulosis paru, Aplikasi kecerdasan buatan (AI), Kualitas spesimen dahak.*

## PENDAHULUAN

Tuberkulosis paru masih menjadi permasalahan kesehatan yang signifikan di Indonesia. Meskipun telah ada usaha untuk mengendalikannya, angka kejadian TB paru masih tinggi, terutama di kalangan kelompok rentan dan daerah dengan keterbatasan akses terhadap fasilitas kesehatan. Faktor-faktor seperti kemiskinan, ketidakmerataan distribusi layanan kesehatan, resistensi terhadap obat, dan rendahnya kesadaran mengenai pentingnya pengobatan yang tepat, menjadi pendorong utama penyebaran TB paru di Indonesia (Sagung, 2021). Penanganan terhadap kasus penularan baru TB paru di Indonesia sudah sangat baik, pada tahun 2021 Indonesia bersama 5 negara lainnya yaitu India, China, Filipina dan Myanmar bersama-sama berkontribusi sebesar 90% terhadap penurunan kejadian kasus baru, namun di sisi lain Indonesia termasuk negara yang memiliki beban tinggi dalam penanganan kasus TB yang telah terjadi sebelumnya, yaitu penanganan pasien penyakit TB saja, pasien TB terkait HIV, dan TB yang resisten terhadap obat/MDR/RR-TB. (WHO, 2022). Penanganan kasus tersebut memerlukan pemeriksaan laboratorium untuk memastikan ketuntasan dan kesembuhan pasien.

ATLM memainkan peran penting dalam diagnosis Tuberkulosis (TB) paru. Mereka bertanggung jawab dalam proses pengumpulan spesimen dahak yang berkualitas, yang merupakan langkah kunci dalam diagnosa TB (WHO, 2014). Kualitas sampel dahak memiliki peran yang sangat penting dalam diagnosis yang tepat untuk tuberkulosis (TB). Sampel yang optimal perlu merepresentasikan materi yang berasal dari bagian saluran pernapasan bagian bawah di mana bakteri penyebab TB, yaitu *Mycobacterium tuberculosis*, umumnya ditemukan (Steingart KR, Schiller I. et al, 2019). Keberadaan spesimen dahak yang tidak memenuhi kualifikasi pemeriksaan (eligible spesimen) akan menimbulkan bertambahnya beban pembiayaan dalam paket pemeriksaan dahak.

Upaya untuk menjamin kualitas sampel dahak yang optimal menjadi kunci penting dalam penegakan diagnosis TB yang akurat dan efisien. Spesimen yang baik harus mematuhi sejumlah standar yang ketat, diantaranya spesimen dahak harus murni bersifat purulent, yaitu berasal dari saluran pernapasan bagian bawah, selanjutnya jumlah volume dahak antara 5-10 untuk memastikan analisis laboratorium yang akurat. Selain itu, kualitas visual dari sampel dahak harus jernih dan tidak tercampur dengan lendir atau saliva yang bisa mempengaruhi hasil

tes. Pengambilan sampel pada waktu yang tepat, seperti pagi hari, juga dapat meningkatkan konsentrasi bakteri TB dalam sampel, selanjutnya adalah informasi lengkap tentang riwayat pengobatan TB sebelumnya, penggunaan obat anti-TB, dan faktor-faktor lain yang berpotensi memengaruhi hasil pemeriksaan harus dicatat dengan teliti. Pai M, Behr M. et al. (2022).

Perkembangan sistem pakar berbasis web dalam diagnosa penyakit telah menjadi sorotan utama dalam dunia medis kontemporer. Sistem-sistem ini menggunakan kecerdasan buatan untuk memberikan diagnosis atau rekomendasi terkait kondisi kesehatan pasien berdasarkan informasi yang diinputkan. Wu X, Jiang X. et al. (2023) Teknologi sistem pakar mengintegrasikan data klinis, gejala penyakit, riwayat medis, dan bahkan hasil tes diagnostik untuk menghasilkan saran atau diagnosis yang lebih akurat. Sistem-sistem pakar ini dapat diakses secara luas oleh praktisi medis, pasien, atau masyarakat umum dengan mudah melalui platform online. (Wu X, Jiang X. et al, 2023).

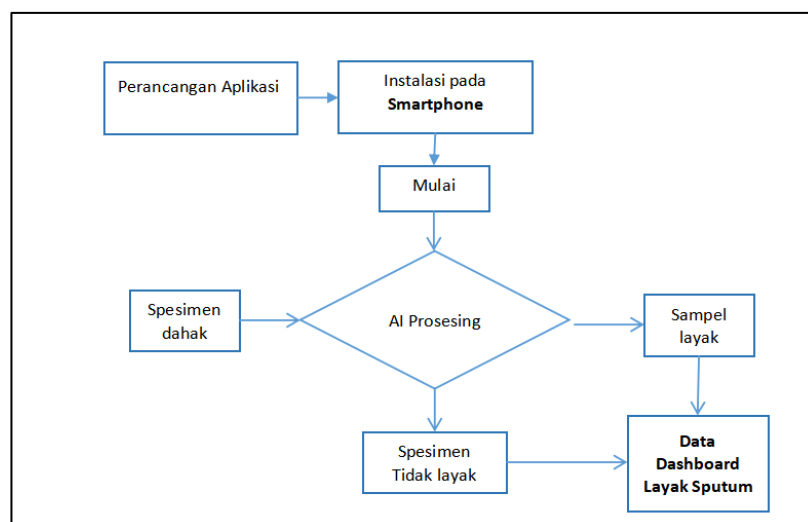
Teknologi sistem pakar berbasis web juga telah dikembangkan untuk menilai kualitas spesimen dalam pemeriksaan laboratorium. Melalui sistem pakar berbasis web untuk diagnosa kelayakan spesimen dapat diperoleh rekomendasi apakah spesimen tersebut cocok untuk analisis tertentu atau memerlukan pengambilan ulang. Hal ini membantu menghindari pengujian yang tidak akurat atau mengurangi kesalahan dalam diagnosa yang disebabkan oleh non eligible spesimen. Uji kelayakan spesimen dapat meningkatkan efisiensi laboratorium dan membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih baik dalam perawatan pasien (Kim Y, Lee S. et al. 2023)

## BAHAN DAN METODE

Jenis penelitian yang dilakukan bersifat deskriptif. Variabel Penelitian ini adalah aplikasi artificial Intelligence (AI) Sistem Pakar Berbasis Web dalam diagnosis Bakteri *Mycobacterium tuberculosis* pada spesimen dahak. Penelitian ini akan dilakukan di Puskesmas Denpasar Utara III, Kota Denpasar Provinsi Bali. Penelitian dilakukan pada bulan September sampai dengan bulan Oktober 2024. Populasi penelitian ini adalah spesimen dahak dari pasien screening TB berdasarkan form permintaan pemeriksaan laboratorium, teknik sampling non probability *consecutive sampling*, jumlah sampel 14 spesimen.

Peralatan yang digunakan adalah: Pot dahak, aplikasi sistem pakar berbasis web Google Appsheet, perangkat uji tes cepat molekuler TB. Pada Gambar 1, disajikan sistem kerja Aplikasi Layak Sputum.

Aplikasi "Layak Sputum" yang berbasis Google AppSheet dirancang untuk menilai kelayakan spesimen dahak dalam diagnosis tuberkulosis (TB) dengan menggunakan pendekatan berbasis kecerdasan buatan (AI). Setelah data dimasukkan, aplikasi Layak Sputum melakukan analisis berdasarkan algoritma yang telah diprogram. Algoritma ini menggunakan kriteria tertentu untuk menilai apakah spesimen layak atau tidak, berdasarkan parameter yang diinput. Pada Gambar 1 berikut ini merupakan alur kerja Aplikasi Layak Sputum berbasis Google AppSheet.



Gambar 1. Alur Kerja Aplikasi Layak Sputum berbasis Google AppSheet

Prosedur penelitian adalah sebagai berikut, petugas ATLM diberikan informasi tentang penggunaan Aplikasi Layak Sputum, selanjutnya menginstal Aplikasi Layak Sputum pada *smartphone* masing-masing, setelah itu petugas ATLM puskesmas melakukan penilaian kelayakan sampel menggunakan aplikasi sistem pakar berbasis web, sehingga dihasilkan status berupa layak atau tidak layak spesimen dilanjutkan ke tahap uji laboratorium. Data hasil penilaian melalui Aplikasi Layak Sputum secara otomatis terkirim pada dashboard aplikasi peneliti dalam bentuk Google sheet. Tahap selanjutnya adalah pengujian spesimen dahak dengan uji Tes Cepat Molekuler TB. Selanjutnya peneliti menguji perbedaan antara sampel yang dinyatakan tidak layak dan yang dinyatakan layak berdasarkan hasil pemeriksaan bakteri *Mycobacterium tuberculosis* yang ditemukan.

Penelitian ini telah mendapatkan izin dari Dinas Kesehatan Propinsi Bali melalui nomor surat 000.9.2/ 12611 / Dikes. Uji statistik penelitian ini menggunakan aplikasi komputer program excel.

## HASIL

Para Tabel dibawah ini disajikan algoritma penentuan kelayakan spesimen dahak.

**Tabel 1.** Algoritma Penentuan Kelayakan Spesimen Dahak

Kriteria kelayakan	Daftar Pernyataan	YES	NO
Sampel diterima	Pasien berkumur dengan air minum sebelum pengeluaran dahak, bila memakai gigi palsu, lepaskan sebelum berkumur.	√	√
	Diperoleh volume dahak antara tiga setengah hingga lima mililiter.	√	√
	Dahak tersebut ditampung dalam pot dahak steril dan terstandar tertutup.	√	-
	Spesimen dikirim ke laboratorium secepat mungkin segera setelah pengambilan, atau jika tunda lebih dari 8 jam maka disimpan pada kondisi dingin suhu 2-8 o C dan diantar ke laboratorium dengan speciment transport.	√	-
	Dahak yang diperoleh berwarna hijau kekuningan atau purulen.	√	-
Sampel ditolak	Dahak yang diperoleh bersifat mukoid.	√	-
	Pasien berkumur dengan air minum sebelum pengeluaran dahak, bila memakai gigi palsu, lepaskan sebelum berkumur.	√	√
	Diperoleh volume dahak antara tiga setengah hingga lima mililiter.	√	√
	Dahak tersebut ditampung dalam pot dahak steril dan terstandar tertutup.	-	√
	Spesimen dikirim ke laboratorium secepat mungkin segera setelah pengambilan, atau jika tunda lebih dari 8 jam maka disimpan pada kondisi dingin suhu 2-8 o C dan diantar ke laboratorium dengan speciment transport.	-	√
	Dahak yang diperoleh berwarna hijau kekuningan atau purulen.	-	√
	Dahak yang diperoleh bersifat mukoid.	-	√

Pada Tabel 1 diatas dijelaskan kriteria sampel diterima dan sampel ditolak berdasarkan checklist (Yes/No) pada aplikasi hasil pengamatan ATLM terhadap sampel yang masuk.

Pada Tabel 2 disajikan kesesuaian hasil yang diperoleh dari aplikasi Layak Sputum dengan hasil tes TCM pada spesien dahak screening TB.

**Tabel 2.** Kesesuaian Hasil Apps Layak Sputum Dengan Hasil Tes TCM

NO	Kode Sampel	Pernyataan Algoritma Aplikasi Layak Sputum						Hasil Apps Layak Sputum	Hasil konfirmasi uji TCM
		1	2	3	4	5	6		
1	0193 T	YES	YES	YES	YES	NO	YES	Sampel Ditolak	NEGATIF
2	0194 T	NO	YES	YES	YES	NO	YES	Sampel Ditolak	NEGATIF
3	0195 T	YES	YES	YES	YES	NO	YES	Sampel Ditolak	NEGATIF
4	0196 T	NO	YES	YES	YES	NO	YES	Sampel Ditolak	DETECTED*
5	0197 T	YES	YES	YES	YES	YES	YES	Sampel Diterima	NEGATIF*
6	0198 T	YES	YES	YES	YES	NO	YES	Sampel Ditolak	NEGATIF
7	0199 T	YES	YES	YES	YES	NO	YES	Sampel Ditolak	NEGATIF
8	0200 T	YES	YES	YES	YES	NO	YES	Sampel Ditolak	NEGATIF
9	0007 T	YES	YES	YES	YES	NO	YES	Sampel Ditolak	NEGATIF
10	0201 T	YES	YES	YES	YES	YES	YES	Sampel Diterima	NEGATIF*
11	0202 T	YES	YES	YES	YES	YES	YES	Sampel Diterima	NEGATIF*
12	0203 T	YES	YES	YES	YES	NO	YES	Sampel Ditolak	NEGATIF
13	0204 T	YES	YES	YES	YES	NO	YES	Sampel Ditolak	NEGATIF
14	0205 T	YES	YES	YES	YES	NO	YES	Sampel Ditolak	NEGATIF

**Keterangan**

1. Pasien berkumur dengan air minum sebelum pengeluaran dahak, bila memakai gigi palsu, lepaskan sebelum berkumur.
2. Diperoleh volume dahak antara tiga setengah hingga lima mililiter.
3. Dahak tersebut ditampung dalam pot dahak steril dan terstandar tertutup.
4. Spesimen dikirim ke laboratorium secepat mungkin segera setelah pengambilan, atau jika tunda lebih dari 8 jam maka disimpan pada kondisi dingin suhu 2-8 o C dan diantar ke laboratorium dengan speciment transport.
5. Dahak yang diperoleh berwarna hijau kekuningan atau purulen.
6. Dahak yang diperoleh bersifat mukoid.

\* Tidak sesuai

Berdasarkan tabel diatas diketahui bahwa pada sampel 0196T, aplikasi "Layak Sputum" menolak spesimen karena tidak memenuhi kriteria "dahak hijau dan purulen." Namun, hasil TCM menunjukkan adanya deteksi kuman TB. Sebaliknya, pada sampel 0197T, 0201T, dan 0102T, meskipun aplikasi menyatakan sampel layak, hasil TCM menunjukkan negatif. Tingkat kesesuaian antara aplikasi dan TCM mencapai 71,4%.

## DISKUSI

Hasil ketidaksesuaian antara aplikasi dan TCM, seperti yang dijumpai pada spesimen 0196T, mengindikasikan bahwa TCM lebih sensitif dalam mendeteksi DNA *Mycobacterium tuberculosis* dibandingkan dengan evaluasi fisik spesimen yang digunakan oleh aplikasi Layak Sputum. Teknologi TCM, seperti GeneXpert, telah dikenal memiliki sensitivitas yang tinggi dalam mendeteksi DNA bakteri TB, bahkan dalam spesimen yang mungkin tidak memenuhi kriteria fisik ideal seperti warna dan konsistensi dahak. TCM bekerja dengan mendeteksi gen spesifik TB dan memberikan hasil dalam waktu yang relatif singkat, yang membuatnya menjadi alat unggulan dalam diagnosis cepat dan akurat TB. Karena TCM langsung mendeteksi material genetik, keandalannya tidak sepenuhnya bergantung pada kualitas fisik spesimen, sehingga mampu mendeteksi infeksi TB bahkan dalam spesimen yang dianggap tidak layak oleh aplikasi berdasarkan kriteria fisik (Steingart, 2014).

Aplikasi "Layak Sputum" mengandalkan penilaian visual dan parameter fisik seperti warna, konsistensi, dan volume sputum untuk menilai kelayakan spesimen. Kim Y, Lee S. et al. (2023) menyebutkan bahwa Integrasi sistem pakar berbasis web membuka kemungkinan untuk mengoptimalkan penilaian kelayakan spesimen secara real-time dan mempercepat proses diagnosa, namun demikian meskipun metode ini bisa membantu menilai kelayakan spesimen dahak pada metode pemeriksaan dengan akurasi tinggi dapat menyebabkan beberapa spesimen yang secara fisik terlihat tidak layak, ternyata mengandung DNA TB yang dapat dideteksi oleh TCM.

Selain itu, aplikasi belum sepenuhnya mengakomodasi faktor risiko keterpaparan TB pada subjek penelitian. Proses infeksi Tuberkulosis Paru dimulai saat *Mycobacterium tuberculosis*, bakteri penyebab TB, masuk ke saluran pernapasan manusia melalui udara yang terkontaminasi. Setelah terhirup, bakteri tersebut cenderung menyerang paru-paru dan diambil oleh makrofag, sel pertahanan tubuh. Meskipun makrofag biasanya berupaya menghancurkan bakteri TB, *M. tuberculosis* memiliki kecenderungan untuk bertahan hidup di dalamnya. Ini memicu pembentukan granuloma, struktur pertahanan tubuh yang terdiri dari sel-sel kekebalan dan jaringan yang berupaya mengisolasi bakteri tersebut. Proses

ini menyebabkan pembentukan tuberkel, di mana bakteri TB berada dalam keadaan laten atau tidak aktif. Saat sistem kekebalan tubuh seseorang melemah, bakteri TB dapat menjadi aktif kembali, menyebabkan penyakit TB paru yang dapat menular. Patogenesis TB paru melibatkan interaksi kompleks antara bakteri, sel-sel tubuh, dan faktor-faktor lingkungan yang mempengaruhi aktivasi kembali bakteri yang sebelumnya tidak aktif (Saktiawati, 2021). Faktor risiko sebagaimana disebutkan oleh penelitian Saktiawati 2021 belum terakomodasi oleh aplikasi ini, oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut dari algoritma aplikasi "Layak Sputum" yang tidak hanya mempertimbangkan aspek fisik spesimen, tetapi juga memperhitungkan profil risiko pasien.

## KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun aplikasi "Layak Sputum" memiliki potensi besar dalam mendukung proses diagnosis TB, penyesuaian dan peningkatan akurasi dengan mengadopsi pendekatan berbasis risiko dan pengenalan citra yang lebih sensitif sangat diperlukan. Kolaborasi dengan metode diagnostik lain seperti TCM tetap menjadi langkah penting untuk memastikan hasil yang lebih akurat dan komprehensif

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada STIKES Wira Medika Bali atas fasilitasi melalui skema hibah internal dalam penelitian ini, dan juga kepada Dinas Kesehatan Propinsi Bali atas izin yang telah diberikan. Apresiasi yang tinggi peneliti kepada Tim ATLM Puskesmas Denpasar Utara III atas kerjasama yang baik selama penelitian.

## KONFLIK KEPENTINGAN

Pada penelitian ini tidak ada potensi dan situasi yang mengarah pada konflik kepentingan.

## REFRENSI

Global tuberculosis report 2022. Geneva: World Health Organization; 2022. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.



Kim, Y., Lee, S., et al. (2023). Application of Web-Based Expert Systems Using Artificial Intelligence for Specimen Feasibility Assessment in Laboratory Medicine. *Journal of Clinical Medicine*.

Kim, Y., Lee, S., et al. (2023). Application of Web-Based Expert Systems Using Artificial Intelligence for Specimen Feasibility Assessment in Laboratory Medicine. *Journal of Clinical Medicine*.

Pai, M., Behr, M., et al. Tuberculosis. *Nature Reviews Disease Primers*. (2022).

Sagung Sawitri, I. A., Munir, M. R., et al. (2021). Tuberculosis in Indonesia: Incidence, Prevention, and Control Programs. *Journal of Epidemiology and Public Health Reviews*.

Saktiawati (2021). *Diagnosis dan Terapi Tuberkulosis Secara Inhalasi*. Gadjah Mada University Press.

Steingart, K. R., Schiller, I., et al. Xpert® MTB/RIF assay for pulmonary tuberculosis and rifampicin resistance in adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. (2014).

World Health Organization. (2014). Implementing tuberculosis diagnostics: A policy framework. WHO/HTM/TB/2010.16.

World Health Organization. (2019). *Global Tuberculosis Report*. WHO Press.

World Health Organization. (2021). Tuberculosis (TB). <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/tuberculosis>

Wu, X., Jiang, X., et al. (2023). Integration of Clinical Data and Artificial Intelligence in Web-Based Expert Systems for Disease Diagnosis. *Journal of Medical Internet Research*.

---