

Evaluasi Kepatuhan Pengobatan Tuberkulosis Menggunakan Digital Adherence Technology Berbasis Kode QR (Q-Monte)

Evaluation of Tuberculosis Treatment Adherence Using a QR Code-Based Digital Adherence Technology (Q-Monte)

Farid Zulkarnain Nur Syah^{1*}, Noor Annisa Susanto¹, Akhmad Zainuri²

¹D-III Farmasi, Politeknik Kesehatan Putra Indonesia Malang, Malang, Indonesia

²Teknik Elektro, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

*email korespondensi: faridzns@gmail.com

ABSTRAK

Kepatuhan pengobatan tuberkulosis (TB) merupakan faktor penting dalam keberhasilan terapi, namun pemantauannya masih menjadi tantangan di fasilitas pelayanan kesehatan primer. *Digital adherence technology* (DAT) menawarkan pendekatan alternatif untuk memantau kepatuhan pasien secara lebih efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kepatuhan pengobatan TB menggunakan DAT berbasis kode QR (Q-Monte) serta menilai kegunaan sistem tersebut melalui System Usability Scale (SUS). Penelitian ini merupakan *pilot feasibility study* dengan pendekatan observasional prospektif yang melibatkan 30 pasien TB rawat jalan di dua puskesmas di Kabupaten Malang. Subjek dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* dengan kriteria inklusi: pasien TB berusia ≥ 12 tahun, menjalani terapi oral obat antituberkulosis, memiliki smartphone berbasis Android dan nomor *WhatsApp* aktif, serta bersedia dipantau selama 30 hari. Pasien dengan ko-infeksi HIV, TB resisten obat (TB-MDR), berpindah fasilitas kesehatan selama periode observasi, atau memiliki komorbid stroke dieksklusi. Mayoritas subjek berjenis kelamin laki-laki (56,7%), berusia 45–54 tahun (30,0%), berpendidikan SMA/K (50,0%), dan tidak memiliki komorbid (80,0%). Kepatuhan diukur berdasarkan persentase hari dengan pemindaian kode QR, sedangkan kegunaan sistem dinilai menggunakan *System Usability Scale* (SUS). Hasil menunjukkan rata-rata kepatuhan pemindaian kode QR selama 30 hari sebesar 90,3%, dengan 46,7% pasien melaporkan pernah mengonsumsi obat tanpa melakukan pemindaian. Evaluasi kegunaan sistem menunjukkan skor SUS rata-rata 75,7 (kategori B). Temuan ini menunjukkan bahwa Q-Monte layak digunakan sebagai alat pemantauan kepatuhan pengobatan TB di fasilitas pelayanan kesehatan primer, meskipun optimalisasi dukungan teknis dan edukasi pengguna masih diperlukan untuk meningkatkan keandalan pencatatan kepatuhan digital.

Kata kunci: teknologi kepatuhan digital; kode QR; Q-Monte; *system usability scale*; tuberkulosis

ABSTRACT

Tuberculosis (TB) treatment adherence is a critical determinant of therapeutic success; however, monitoring adherence remains challenging in primary healthcare settings. Digital adherence technology (DAT) offers an alternative approach to monitor patient adherence more efficiently. This study aimed to evaluate tuberculosis treatment adherence using a QR code-based digital adherence technology (Q-Monte) and to assess the system usability using the System Usability Scale (SUS). This study employed a pilot feasibility design with a prospective observational approach involving 30 outpatient TB patients from two primary healthcare centers in Malang Regency. Participants were recruited using purposive sampling with the following inclusion criteria: TB patients aged ≥ 12 years, receiving oral anti-tuberculosis therapy, owning an Android-based smartphone and an active WhatsApp number, and being willing to be monitored for 30 days. Patients with HIV co-infection or multidrug-resistant TB (TB-MDR), those who transferred healthcare facilities during the observation period, or those with stroke comorbidity were excluded. Most participants were male (56.7%), aged 45–54 years (30.0%), had completed senior high school education (50.0%), and had no comorbidities (80.0%). Adherence was measured as the percentage of days with QR code scanning, while system usability was assessed using the System Usability Scale (SUS). The results showed an average QR code scanning adherence rate of 90.3% over 30 days, with 46.7% of patients reporting having taken

medication without performing the QR code scan. The usability evaluation yielded a mean SUS score of 75.7 (grade B). These findings indicate that Q-Monte is feasible as a tool for monitoring TB treatment adherence in primary healthcare settings, although further optimization of technical support and user education is needed to improve the reliability of digital adherence recording.

Keywords: digital adherence technology; QR code; Q-Monte; System Usability Scale; tuberculosis

PENDAHULUAN

Tuberkulosis (TB) masih menjadi masalah kesehatan masyarakat yang signifikan di Indonesia dengan beban kasus yang tinggi dan risiko resistensi obat yang terus mengancam keberhasilan program pengendalian TB (World Health Organization, 2024). Salah satu tantangan utama adalah kepatuhan pasien terhadap rejimen pengobatan jangka panjang. Ketidakpatuhan berhubungan dengan peningkatan risiko kegagalan terapi, kekambuhan, dan terbentuknya TB resisten obat (Wambi *et al.*, 2024).

Pendekatan pemantauan terapi secara konvensional melalui *Directly Observed Therapy* (DOT) menghadapi berbagai kendala di lapangan, seperti keterbatasan sumber daya, waktu, serta kenyamanan pasien (Tadesse *et al.*, 2024). Untuk menjawab hal ini, WHO merekomendasikan pemanfaatan *Digital Adherence Technologies* (DAT) sebagai alternatif atau pelengkap DOT (World Health Organization, 2025). Sejumlah DAT seperti 99DOTS, *video-observed therapy* (VOT), dan *smart pillbox* telah diteliti, namun implementasinya masih terkendala oleh kebutuhan infrastruktur, biaya, dan kompleksitas teknologi (Areas *et al.*, 2024; Cattamanchi *et al.*, 2021; Maraba *et al.*, 2021).

Pemanfaatan kode QR menawarkan pilihan yang lebih sederhana dan relatif murah. Sistem Q-Monte dikembangkan sebagai DAT berbasis kode QR yang memanfaatkan *smartphone* dan pemindaian harian untuk mencatat kepatuhan minum obat TB. Dengan konsep ini, setiap pemindaian kode QR oleh pasien menjadi representasi tindakan minum obat yang tercatat secara digital.

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kelayakan (*feasibility*) awal penggunaan Q-Monte di puskesmas berdasarkan dua indikator utama, yaitu kepatuhan pemindaian kode QR selama 30 hari, dan nilai kegunaan (*usability*) sistem yang diukur menggunakan kuesioner *System Usability Scale* (SUS) (Klug, 2017). Hasil penelitian diharapkan memberikan gambaran awal mengenai potensi Q-Monte sebagai alat pemantauan kepatuhan yang praktis dan dapat diadopsi di Puskesmas.

METODE

Penelitian ini merupakan *pilot feasibility study* dengan pendekatan observasional prospektif. Penelitian dilaksanakan di Puskesmas Singosari dan Puskesmas Lawang, Kabupaten Malang. Pengumpulan data dilakukan pada periode 30 Juli–19 September 2025. Jumlah sampel

sebanyak 30 pasien dipilih sesuai dengan karakteristik studi kelayakan awal (*pilot feasibility study*) yang bertujuan mengevaluasi implementasi awal sistem sebelum dilakukan penelitian dengan skala lebih besar. Pengambilan sampel menggunakan teknik *purposive sampling* dengan kriteria subjek sebagai berikut:

Kriteria inklusi:

1. Pasien TB berusia ≥ 12 tahun.
2. Mendapatkan terapi oral antituberkulosis (OAT)
3. Memiliki *smartphone* berbasis Android.
4. Memiliki nomor *WhatsApp* aktif.
5. Bersedia dipantau selama 30 hari dan menandatangani persetujuan ikut serta.

Kriteria eksklusi:

1. Pasien TB dengan koinfeksi HIV.
2. Pasien TB resisten obat
3. Pasien yang berpindah fasilitas kesehatan selama observasi.
4. Pasien dengan komorbid stroke.

Pasien TB dengan ko-infeksi HIV dan TB-MDR dieksklusi karena memiliki rejimen terapi dan pemantauan klinis yang berbeda serta memerlukan pendekatan pengawasan pengobatan yang lebih intensif. Pasien yang berpindah fasilitas kesehatan selama observasi dikeluarkan untuk menjaga konsistensi pemantauan, sedangkan pasien dengan komorbid stroke dieksklusi karena berpotensi mengalami keterbatasan dalam mengoperasikan perangkat digital.

Instrumen penelitian untuk menilai kepatuhan minum OAT menggunakan DAT berbasis kode QR (Q-Monte), yang dikembangkan oleh peneliti, yang terdiri dari: kotak obat pintar dengan kode QR unik per pasien, aplikasi pemindaian TBCscanqr pada *smartphone* pasien, basis data daring (*spreadsheet*) untuk pencatatan otomatis waktu pemindaian. Pasien memindai kode QR setiap kali mengonsumsi OAT. Sistem mengasumsikan bahwa satu kali pemindaian per hari mencerminkan konsumsi dosis harian.

Analisis data dilakukan secara deskriptif. Penilaian kepatuhan minum OAT berdasarkan pemindaian kode QR, terbatas pada periode pengukuran selama 30 hari tiap pasien. Rata-rata kepatuhan dihitung dari nilai kepatuhan masing-masing pasien ($n = 30$). Tingkat kegunaan sistem dinilai menggunakan kuesioner SUS yang terdiri dari 10 pernyataan dengan skala Likert 5 poin. Skor SUS diolah sesuai panduan standar (persamaan 1) dan dikonversi menjadi skor 0–100. Nilai rata-rata SUS kemudian diinterpretasikan (Tabel 1) (Klug, 2017).

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad (1)$$

Keterangan:

P = rata-rata persentase

Pi = persentase ke-i

n = Jumlah data

Tabel 1. Interpretasi Nilai Huruf Berdasarkan Skor *System Usability Scale* (SUS)

Nilai Huruf	Nilai skala 0-100
A+	84.1–100
A	80.8–84.0
A-	78.9–80.7
B+	77.2–78.8
B	74.1–77.1
B-	72.6–74.0
C+	71.1–72.5
C	65.0–71.0

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Pasien

Subjek penelitian diperoleh sebanyak 30 pasien, dengan proporsi laki-laki 56,7% dan perempuan 43,3%. Kelompok usia paling banyak berada pada rentang 45–54 tahun (30,0%). Sebagian besar pasien memiliki pendidikan akhir menengah (SMA/K, 50,0%) dan tidak memiliki komorbid (80,0%), sedangkan komorbid tersering adalah diabetes mellitus (16,7%) (Tabel 2). Karakteristik ini menggambarkan populasi pasien TB yang heterogen dari sisi usia dan pendidikan.

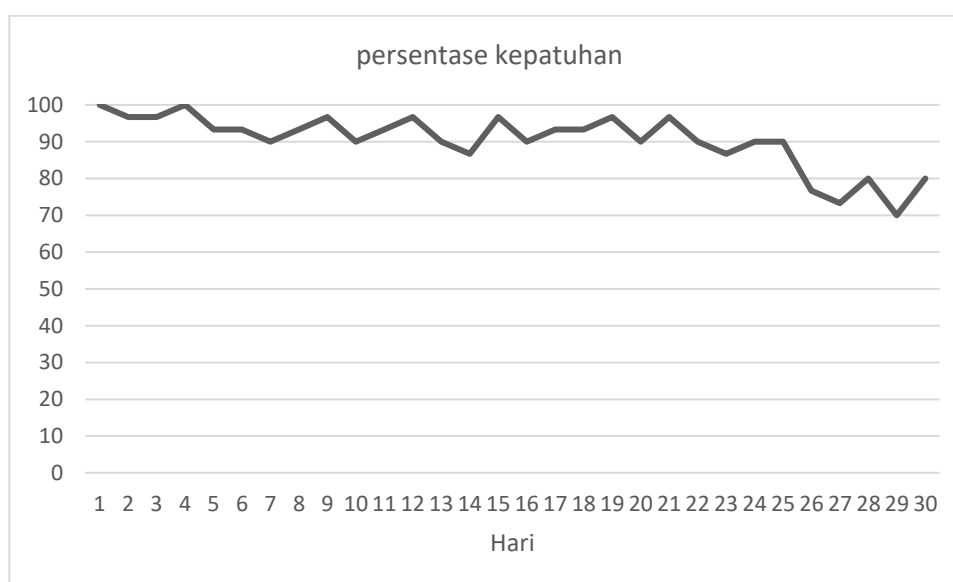
Tabel 2. Karakteristik Pasien

Variabel	Kategori	Frekuensi (n=30)	Persentase (%)
Jenis Kelamin	Laki-Laki	17	56,7
	Perempuan	13	43,3
Kelompok Usia	12-24	7	23,3
	25-34	3	10,0
	35-44	4	13,3
	45-54	9	30,0
	55-64	4	13,3
	> 64	3	10,0
Pendidikan akhir	SD	8	26,7
	SMP	5	16,7
	SMA/K	15	50,0
	Sarjana	2	6,7
Pekerjaan	Karyawan Swasta	11	36,7
	Ibu Rumah Tangga	6	20,0
	Wiraswasta	4	13,3
	Pelajar/Mahasiswa	4	13,3
	Tidak Bekerja/Pensiunan	3	10,0
	Buruh	2	6,7
Fase Terapi	Intensif	11	36,7
	Lanjutan	19	63,3
Diagnosis TB	Bakteriologis	24	80,0
	Klinis	6	20,0
Komorbid	Tanpa Komorbid	24	80,0

Diabetes Mellitus	5	16,7
Gangguan Jantung	1	3,3

Kepatuhan Minum OAT berdasarkan Pemindaian Kode QR

Hasil pemantauan pemindaian kode QR oleh pasien setiap hari selama 30 hari dapat dilihat pada gambar 1. Hasil menunjukkan bahwa kepatuhan pasien dalam melakukan pemindaian kode QR pada sistem Q-Monte tingkat kepatuhan tergolong tinggi, dengan rata-rata persentase sebesar 90,3%. Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar pasien mampu menjaga konsistensi dalam menjalankan prosedur pemantauan digital, terutama pada dua minggu awal yang mendekati 100%. Pola tren menunjukkan adanya penurunan kepatuhan secara bertahap setelah hari ke-20, dengan nilai terendah terjadi pada hari ke-29 (70%). Fenomena ini menggambarkan kecenderungan menurunnya motivasi dan disiplin pasien pada fase lanjutan terapi tuberkulosis, sebagaimana juga dilaporkan pada studi lain (AlSahafi *et al.*, 2019; De Groot *et al.*, 2022)



Gambar 1. Grafik Persentase Kepatuhan Minum OAT Berdasarkan Pemindaian Kode QR dari Hari ke Hari Selama 30 hari

Sistem Q-Monte menunjukkan potensi yang baik dalam mencatat kepatuhan pasien. Namun, data kepatuhan yang dihasilkan sistem ini belum sepenuhnya mencerminkan konsumsi obat yang sebenarnya, karena belum diverifikasi menggunakan biomarker farmakologis. temuan ini sejalan dengan laporan penelitian pada sistem 99DOTS, di mana beberapa penelitian di India melaporkan rata-rata kepatuhan pasien berkisar 84–92% berdasarkan data digital. Meskipun demikian, studi evaluasi akurasi 99DOTS menunjukkan bahwa sensitivitas data digital hanya sekitar 70% ketika dibandingkan dengan verifikasi biologis konsumsi obat menggunakan tes urin isoniazid (Thomas *et al.*, 2020). Oleh karena itu,

penelitian lanjutan pada sistem Q-Monte perlu mempertimbangkan penggunaan biomarker farmakologis sebagai metode verifikasi konsumsi obat untuk meningkatkan validitas pengukuran kepatuhan.

Sementara itu, pengawasan minum obat menggunakan VOT umumnya dilaporkan memiliki tingkat kepatuhan lebih tinggi dan data yang lebih valid dibandingkan 99DOTS. Studi di Amerika Serikat dan Inggris menunjukkan bahwa VOT mampu mencapai kepatuhan di atas 95% serta lebih akurat dalam memastikan konsumsi obat secara langsung (Burzynski *et al.*, 2022). Namun demikian, implementasi VOT memerlukan sumber daya yang lebih besar, baik dari sisi infrastruktur maupun tenaga pengawas, sehingga tantangan keberlanjutannya lebih besar (Ravenscroft *et al.*, 2020).

Data menunjukkan terdapat perbedaan antara catatan sistem dan pengakuan pasien. Sebanyak 46,7% pasien menyatakan selalu minum obat tetapi mengaku tidak selalu melakukan pemindaian, sedangkan 10,0% pasien melaporkan pernah tidak minum obat. Hal ini menegaskan adanya kesenjangan antara pengukuran dari perangkat digital dan pengakuan pasien (Guzman *et al.*, 2023). Temuan ini sejalan dengan studi sebelumnya yang melaporkan bahwa intervensi DATs tidak secara signifikan menurunkan kejadian hasil yang tidak diinginkan seperti *loss to follow-up*, kekambuhan, kematian, maupun kegagalan pengobatan. Salah satu penyebab utama adalah kurangnya tindak lanjut klinis terhadap data ketidakpatuhan yang terekam, sehingga informasi dari sistem tidak otomatis berkontribusi pada perbaikan hasil klinis (Charalambous *et al.*, 2024; Liu *et al.*, 2023).

Kegunaan Sistem

Dalam studi kelayakan teknologi, kegunaan sistem (*usability*) merupakan salah satu indikator penting yang menunjukkan sejauh mana sistem dapat digunakan secara efektif oleh pengguna. Hasil evaluasi kegunaan menggunakan *System Usability Scale* (SUS) menunjukkan skor rata-rata 75,7, yang termasuk kategori B (Tabel 3). Nilai ini menunjukkan bahwa sistem Q-Monte memiliki tingkat kegunaan yang baik, mudah dipahami, serta dapat dioperasikan oleh sebagian besar pengguna (Hyzy *et al.*, 2022; Klug, 2017).

Tabel 1. Hasil Penilaian *System Usability Scale* (SUS)

Pernyataan	Normalisasi Nilai Perolehan (nilai maksimal 120)	Nilai Skala 0-100
Saya rasa saya ingin menggunakan sistem ini secara rutin	97	80,8
Saya merasa sistem ini terlalu rumit secara tidak perlu	89	74,2
Saya merasa sistem ini mudah digunakan.	89	74,2
Saya rasa saya akan memerlukan bantuan dari tenaga teknis untuk dapat menggunakan sistem ini.	90	75,0

Saya merasa berbagai fungsi dalam sistem ini terintegrasi dengan baik.	90	75,0
Saya merasa ada terlalu banyak ketidakkonsistenan dalam sistem ini.	94	78,3
Saya membayangkan kebanyakan orang akan cepat belajar menggunakan sistem ini.	91	75,8
Saya merasa sistem ini sangat merepotkan untuk digunakan.	91	75,8
Saya merasa sangat percaya diri saat menggunakan sistem ini.	83	69,2
Saya perlu mempelajari banyak hal terlebih dahulu sebelum dapat mulai menggunakan sistem ini.	94	78,3
Rata-Rata	90,8	75,7
Nilai Huruf (B = nilai 74,1-77,1)		

Skor SUS pada rentang 70–80 umumnya dipandang sebagai indikator penerimaan positif, meskipun masih terdapat ruang perbaikan untuk mencapai kategori lebih baik. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya pada sistem DATs lainnya, seperti 99DOTS maupun VOT, yang rata-rata menunjukkan skor kegunaan antara 65–78 tergantung pada konteks dan populasi pengguna (Stoner *et al.*, 2022).

Meskipun skor SUS rata-rata mencapai 75,7, analisis item per item menunjukkan bahwa pernyataan “Saya merasa sangat percaya diri saat menggunakan sistem ini.” memperoleh skor terendah. Penelitian ini mengindikasikan adanya keterbatasan pada aspek kepercayaan diri pengguna dalam mengoperasikan Q-Monte. Kondisi tersebut dapat dipengaruhi oleh variasi tingkat literasi digital, khususnya pada pasien dengan usia lebih tua atau latar belakang pendidikan rendah (Durmuş, 2024; Shao *et al.*, 2025; Takano *et al.*, 2023)

Kendala Implementasi Sistem

Selain mengisi kuesioner SUS, pasien juga diminta mengisi kuesioner evaluasi penggunaan sistem Q-Monte. Hasil kuesioner menunjukkan bahwa 14 pasien (46,7%) pernah tidak melakukan pemindaian kode QR meskipun telah mengonsumsi obat. Alasan tidak melakukan pemindaian terutama disebabkan oleh kendala teknis maupun operasional, seperti kualitas jaringan internet yang buruk (35,7%) dan keterbatasan kuota data (35,7%).

Tabel 2. Alasan Pasien Tidak Melaporkan ke Sistem Q-Monte

Keterangan	Jumlah N (%) (n = 30)
Pasien pernah tidak memindai kode QR	14 (46,7)
Alasannya*) Jaringan buruk	5 (35,7)
Kuota habis	5 (35,7)
Lupa tidak bawa Smartphone saat minum obat	2 (14,3)
Bepergian, kotak obat tidak dibawa	1 (7,1)
Kesulitan menggunakan Smartphone bermasalah	1 (7,1)

Keterangan *) : Satu pasien bisa memberikan alasan lebih dari satu

Keberhasilan Q-Monte sebagai alat pemantauan kepatuhan bergantung tidak hanya pada kepatuhan pasien, tetapi juga pada kemudahan penggunaan dan kesiapan teknis, sehingga edukasi diperlukan untuk meminimalkan kesenjangan antara kepatuhan nyata dan pencatatan digital. Temuan ini sejalan dengan studi 99DOTS, yang menunjukkan skor tinggi pada *capability*, *opportunity*, dan *motivation*, meskipun hambatan teknis seperti akses ponsel, jaringan, dan kekhawatiran pengungkapan tetap ada, menekankan pentingnya dukungan teknis dan edukasi pengguna untuk efektivitas sistem digital (Kiwanuka *et al.*, 2023).

Tabel 3. Saran Perbaikan Sistem Q-Monte berdasarkan Persepsi Pasien

Saran perbaikan dari pasien	Jumlah N (%) (n = 11)
Dilengkapi baterai pada kotak obat sehingga tidak kontak terus dengan sumber listrik	4 (36,4)
pengaturan alarm atau jadwal minum obat lebih dari 1 kali sehari	2 (18,2)
Fitur edukatif untuk meningkatkan kepatuhan minum obat	2 (18,2)
Perbaikan desain kotak obat	1 (9,1)
Pesan balik bahwa pasien telah melakukan pemindaian	1 (9,1)
Aplikasi bisa digunakan di smartphone selain berbasis android	1 (9,1)

Saran perbaikan Q-Monte berdasarkan hasil evaluasi sistem Q-Monte menunjukkan bahwa pasien menekankan fungsionalitas dan kemudahan penggunaan, seperti penambahan baterai agar kotak obat dapat digunakan tanpa tergantung listrik, serta pengaturan alarm, jadwal minum obat yang fleksibel. Hal ini menunjukkan bahwa hambatan teknis dan keterbatasan adaptasi individu dapat memengaruhi kepatuhan. Temuan ini sejalan dengan studi 99DOTS di Uganda, di mana akses jaringan, pengisian daya, dan kekhawatiran stigma menjadi kendala yang perlu diatasi untuk memastikan penerimaan dan efektivitas sistem (Cattamanchi *et al.*, 2021). Usulan perbaikan desain kotak obat, notifikasi balik setelah pemindaian, dan kompatibilitas dengan *smartphone* non-Android menegaskan pentingnya pengalaman pengguna yang intuitif dan inklusif agar alat digital dapat diterima lebih luas oleh berbagai kelompok pasien (Hartch *et al.*, 2025).

KESIMPULAN

Evaluasi awal penggunaan sistem Q-Monte sebagai *digital adherence technology* berbasis kode QR menunjukkan tingkat kepatuhan pemindaian yang tinggi dengan rata-rata 90,33% serta tingkat kegunaan sistem yang baik (skor SUS 75,7). Temuan ini menunjukkan bahwa sistem Q-Monte layak digunakan sebagai alat pemantauan kepatuhan pengobatan tuberkulosis di fasilitas pelayanan kesehatan primer. Namun demikian, optimalisasi dukungan teknis dan edukasi pengguna masih diperlukan untuk meningkatkan keandalan pencatatan

kepatuhan digital serta meminimalkan kesenjangan antara konsumsi obat yang sebenarnya dan data yang tercatat oleh sistem.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia (Kemendiknasaintek) yang memberikan dukungan dana hibah penelitian melalui skema Penelitian Dasar, Penelitian Dosen Pemula (PDP). Terima kasih kepada Pimpinan Puskesmas Lawang dan Puskesmas Singosari atas dukungan dan kerja sama yang diberikan selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- AlSahafi, A. J., Shah, H. B. U., AlSayali, M. M., Mandoura, N., Assiri, M., Almohammadi, E. L., Khalawi, A., AlGarni, A., Filemban, M. K., AlOtaibe, A. K., AlFaifi, A. W. A., & AlGarni, F. (2019). High non-compliance rate with anti-tuberculosis treatment: A need to shift facility-based directly observed therapy short course (DOTS) to community mobile outreach team supervision in Saudi Arabia. *BMC Public Health*, 19(1), 1168. <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7520-8>
- Areas, T., Diniz, B. D., Odutola, P., Dantas, C. R., De Freitas, M. C. F. L. C., Hefford, P. M., & Bes, T. M. (2024). Video-observed therapy (VOT) vs directly observed therapy (DOT) for tuberculosis treatment: A systematic review on adherence, cost of treatment observation, time spent observing treatment and patient satisfaction. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, 18(10), e0012565. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0012565>
- Burzynski, J., Mangan, J. M., Lam, C. K., Macaraig, M., Salerno, M. M., deCastro, B. R., Goswami, N. D., Lin, C. Y., Schluger, N. W., Vernon, A., eDOT Study Team, Bamrah-Morris, S., Bowers, S., Carberry, S., Chuck, C., Dias, M., Gao, G., Garfein, R., Green, V., ... Winston, C. (2022). In-Person vs Electronic Directly Observed Therapy for Tuberculosis Treatment Adherence: A Randomized Noninferiority Trial. *JAMA Network Open*, 5(1), e2144210. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.44210>
- Cattamanchi, A., Crowder, R., Kityamuwesi, A., Kiwanuka, N., Lamunu, M., Namale, C., Tinka, L. K., Nakate, A. S., Ggita, J., Turimumahoro, P., Babirye, D., Oyuku, D., Berger, C., Tucker, A., Patel, D., Sammann, A., Turyahabwe, S., Dowdy, D., & Katamba, A. (2021). Digital adherence technology for tuberculosis treatment supervision: A stepped-wedge cluster-randomized trial in Uganda. *PLOS Medicine*, 18(5), e1003628. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1003628>

- Charalambous, S., Maraba, N., Jennings, L., Rabothata, I., Cogill, D., Mukora, R., Hippner, P., Naidoo, P., Xaba, N., Mchunu, L., Velen, K., Orrell, C., & Fielding, K. L. (2024). Treatment adherence and clinical outcomes amongst in people with drug-susceptible tuberculosis using medication monitor and differentiated care approach compared with standard of care in South Africa: A cluster randomized trial. *eClinicalMedicine*, 75, 102745. <https://doi.org/10.1016/j.eclinm.2024.102745>
- De Groot, L. M., Straetemans, M., Maraba, N., Jennings, L., Gler, M. T., Marcelo, D., Mekoro, M., Steenkamp, P., Gavioli, R., Spaulding, A., Prophete, E., Bury, M., Banu, S., Sultana, S., Onjare, B., Efo, E., Alacapa, J., Levy, J., Morales, M. L. L., ... Bakker, M. I. (2022). Time Trend Analysis of Tuberculosis Treatment While Using Digital Adherence Technologies—An Individual Patient Data Meta-Analysis of Eleven Projects across Ten High Tuberculosis-Burden Countries. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 7(5), 65. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed7050065>
- Durmuş, A. (2024). The influence of digital literacy on mHealth app usability: The mediating role of patient expertise. *DIGITAL HEALTH*, 10, 20552076241299061. <https://doi.org/10.1177/20552076241299061>
- Guzman, K., Crowder, R., Leddy, A., Maraba, N., Jennings, L., Ahmed, S., Sultana, S., Onjare, B., Shilugu, L., Alacapa, J., Levy, J., Katamba, A., Kityamuwesi, A., Bogdanov, A., Gamazina, K., Cattamanchi, A., & Khan, A. (2023). Acceptability and feasibility of digital adherence technologies for drug-susceptible tuberculosis treatment supervision: A meta-analysis of implementation feedback. *PLOS Digital Health*, 2(8), e0000322. <https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000322>
- Hartch, C., Dietrich, M. S., Lancaster, B. J., Mulvaney, S. A., & Stollendorf, D. P. (2025). Satisfaction and Usability of a Commercially Available Medication Adherence App (Medisafe) Among Medically Underserved Patients With Chronic Illnesses: Survey Study. *JMIR Human Factors*, 12, e63653. <https://doi.org/10.2196/63653>
- Hyzy, M., Bond, R., Mulvenna, M., Bai, L., Dix, A., Leigh, S., & Hunt, S. (2022). System Usability Scale Benchmarking for Digital Health Apps: Meta-analysis. *JMIR mHealth and uHealth*, 10(8), e37290. <https://doi.org/10.2196/37290>
- Kiwanuka, N., Kityamuwesi, A., Crowder, R., Guzman, K., Berger, C. A., Lamunu, M., Namale, C., Kunihiro Tinka, L., Nakate, A. S., Ggita, J., Turimumahoro, P., Babirye, D., Oyuku, D., Patel, D., Sammann, A., Turyahabwe, S., Dowdy, D. W., Katamba, A., & Cattamanchi, A. (2023). Implementation, feasibility, and acceptability of 99DOTS-based supervision of treatment

- for drug-susceptible TB in Uganda. *PLOS Digital Health*, 2(6), e0000138. <https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000138>
- Klug, B. (2017). An Overview of the System Usability Scale in Library Website and System Usability Testing. *Weave: Journal of Library User Experience*, 1(6). <https://doi.org/10.3998/weave.12535642.0001.602>
- Liu, X., Thompson, J., Dong, H., Sweeney, S., Li, X., Yuan, Y., Wang, X., He, W., Thomas, B., Xu, C., Hu, D., Vassall, A., Huan, S., Zhang, H., Jiang, S., Fielding, K., & Zhao, Y. (2023). Digital adherence technologies to improve tuberculosis treatment outcomes in China: A cluster-randomised superiority trial. *The Lancet Global Health*, 11(5), e693–e703. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(23\)00068-2](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(23)00068-2)
- Maraba, N., Orrell, C., Chetty-Makkan, C. M., Velen, K., Mukora, R., Page-Shipp, L., Naidoo, P., Mbatha, M. T., Fielding, K. L., & Charalambous, S. (2021). Evaluation of adherence monitoring system using evriMED with a differentiated response compared to standard of care among drug-sensitive TB patients in three provinces in South Africa: A protocol for a cluster randomised control trial. *Trials*, 22(1), 389. <https://doi.org/10.1186/s13063-021-05337-y>
- Ravenscroft, L., Kettle, S., Persian, R., Ruda, S., Severin, L., Doltu, S., Schenck, B., & Loewenstein, G. (2020). Video-observed therapy and medication adherence for tuberculosis patients: Randomised controlled trial in Moldova. *European Respiratory Journal*, 56(2), 2000493. <https://doi.org/10.1183/13993003.00493-2020>
- Shao, Y., Yang, X., Chen, Q., Guo, H., Duan, X., Xu, X., Yue, J., Zhang, Z., Zhao, S., & Zhang, S. (2025). Determinants of digital health literacy among older adult patients with chronic diseases: A qualitative study. *Frontiers in Public Health*, 13, 1568043. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1568043>
- Stoner, M. C. D., Maragh-Bass, A. C., Sukhija-Cohen, A. C., & Saberi, P. (2022). Digital directly observed therapy to monitor adherence to medications: A scoping review. *HIV Research & Clinical Practice*, 23(1), 47–60. <https://doi.org/10.1080/25787489.2022.2103512>
- Tadesse, A. W., Mganga, A., Dube, T. N., Alacapa, J., Van Kalmthout, K., Letta, T., Mleoh, L., Garfin, A. M. C., Maraba, N., Charalambous, S., Foster, N., Jerene, D., & Fielding, K. L. (2024). Feasibility and acceptability of the smart pillbox and medication label with differentiated care to support person-centered tuberculosis care among ASCENT trial participants – A multicountry study. *Frontiers in Public Health*, 12, 1327971. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1327971>

- Takano, E., Maruyama, H., Takahashi, T., Mori, K., Nishiyori, K., Morita, Y., Fukuda, T., Kondo, I., & Ishibashi, Y. (2023). User Experience of Older People While Using Digital Health Technologies: A Systematic Review. *Applied Sciences*, 13(23), 12815. <https://doi.org/10.3390/app132312815>
- Thomas, B. E., Kumar, J. V., Chiranjeevi, M., Shah, D., Khandewale, A., Thiruvengadam, K., Haberer, J. E., Mayer, K. H., & Subbaraman, R. (2020). Evaluation of the Accuracy of 99DOTS, a Novel Cellphone-based Strategy for Monitoring Adherence to Tuberculosis Medications: Comparison of Digital Adherence Data With Urine Isoniazid Testing. *Clinical Infectious Diseases*, 71(9), e513–e516. <https://doi.org/10.1093/cid/ciaa333>
- Wambi, P., West, N., Nabugoomu, J., Kityamuwesi, A., Crowder, R., Kunihiro, L., Wobudeya, E., Adithya, C., Jaganath, D., & Katamba, A. (2024). A mixed methods evaluation of 99DOTS digital adherence technology uptake among adolescents treated for pulmonary tuberculosis in Uganda. *Public and Global Health*. <https://doi.org/10.1101/2024.12.01.24318270>
- World Health Organization. (2024). *Global Tuberculosis Report 2024*. <https://www.who.int/teams/global-programme-on-tuberculosis-and-lung-health/tb-reports/global-tuberculosis-report-2024>
- World Health Organization. (2025). *Digital resources for tuberculosis*. <https://www.who.int/tools/digital-resources-for-tuberculosis>