

Efektivitas *Active Case Finding* (ACF) Menggunakan *Portable X-Ray* untuk Deteksi Tuberkulosis Paru di Wilayah Pesisir Jawa Tengah

Irma Makiah¹, Zanuvar Abidin^{1*}, Sulistiyanis Sulistiyanis², Runjati Runjati³, Rini Kusumasari¹, Sri Retno Rindjaswati¹, Endah Sri Lestari¹, Vanessa Rizky Aditya¹, Farida Zafira Kusumowardani¹, Siti Nur Aisah¹, Meisy Atul Khadijah¹, Riyantika Ayu Ramandhani¹, Muhammad Auliya Rahman², Jessyca Widya Pratiwi², Amalia Adiningsih²

¹ Dinas Kesehatan Provinsi Jawa Tengah, Semarang, Indonesia

² Bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

³ Politeknik Kesehatan Semarang, Kementerian Kesehatan, Semarang, Indonesia

*Penulis korespondensi: zanuhadisuratno@gmail.com



©2026. This open-access article is distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

Info Artikel: Diterima 27 Januari 2026 ; Direvisi 28 Februari 2026; Disetujui 28 Februari 2026

Tersedia online : 28 Februari 2026 ; Diterbitkan secara teratur : Februari 2026



Cara sitasi: Makiah I, Abidin Z, Sulistiyanis S, Runjati R, Kusumasari R, Rindjaswati SR, Lestari ES, Aditya VR, Kusumowardani FZ, Aisah SN, Khadijah MA, Ramandhani RA, Rahman MA, Pratiwi JW, Adiningsih A. Efektivitas *Active Case Finding* (ACF) Menggunakan *Portable X-Ray* untuk Deteksi Tuberkulosis Paru di Wilayah Pesisir Jawa Tengah. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia* [Online]. 2026 Feb;25(1):100-107. <https://doi.org/10.14710/jkli.81961>.

ABSTRAK

Latar Belakang: Tuberkulosis (TB) masih menjadi tantangan kesehatan masyarakat yang serius di Indonesia. Di Provinsi Jawa Tengah, tingkat deteksi kasus TB dan keberhasilan pengobatan masih di bawah target nasional yang menunjukkan proporsi kasus yang tidak terdeteksi yang tinggi. Faktor-faktor yang berkontribusi, meliputi keterbatasan dalam ACF akses terbatas terhadap diagnostik cepat, penyelidikan kontak yang tidak memadai, dan kesadaran masyarakat yang rendah. Kabupaten pesisir menghadapi risiko TB yang lebih tinggi akibat kepadatan penduduk yang tinggi, pekerjaan yang berpindah-pindah dan informal, lingkungan perkumpulan, serta kondisi perumahan dan lingkungan yang buruk sehingga memudahkan penularan. Penemuan kasus aktif menggunakan portable X-Ray menawarkan pendekatan yang menjanjikan untuk meningkatkan deteksi dini TB. Studi ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pelaksanaan ACF berbasis portable x-ray dalam mendeteksi TBC di wilayah Pesisir Jawa Tengah.

Metode: Desain penelitian campuran berurutan eksplanatori menggunakan data sekunder SITB (Januari–Oktober 2025) dari 116 Puskesmas dan diskusi kelompok terfokus (FGD) dengan 34 pemangku kepentingan. Ukuran kuantitatif meliputi frekuensi ACF, jumlah peserta yang diperiksa, jumlah yang diperiksa dengan portable X-Ray, dan kasus TB yang dikonfirmasi secara klinis. Analisis kuantitatif dengan statistik deskriptif dan regresi linier, sedangkan data kualitatif dianalisis secara tematik.

Hasil: Di antara 116 Puskesmas 70 (60,9%) melakukan ACF tanpa portable X-Ray dan 45 (39,1%) dengan portable X-Ray. Rata-rata kasus TB yang dikonfirmasi secara klinis berbeda berdasarkan metode ACF: 4,52 (tanpa portable X-Ray) versus 1,68 (dengan portable X-Ray); perbedaan rata-rata antar kelompok adalah 2,84 ($t = 5,28$; $p = 0,0001$), dengan ukuran efek besar (partial $\eta^2 = 0,44$). Temuan kualitatif menunjukkan bahwa portable X-Ray meningkatkan penerimaan masyarakat, partisipasi dalam skrining, dan kemampuan mendeteksi kelainan radiologis pada individu tanpa gejala.

Simpulan: Skrining ACF berbasis portable X-Ray lebih efektif daripada skrining berbasis gejala dalam meningkatkan deteksi TB paru dan berpotensi mempercepat pencapaian target eliminasi TB.

Kata Kunci: Tuberkulosis; Portable x-ray; Skrining

ABSTRACT

Title: *Effectiveness of Active Case Finding (ACF) Using Portable X-Ray for Detecting Pulmonary Tuberculosis Cases in the Coastal Regions of Central Java*

Background: Tuberculosis (TB) remains a major public health challenge in Indonesia. In Central Java Province, TB case detection and treatment success rates remain below national targets, indicating a high proportion of undetected cases. Contributing factors include limited active case finding (ACF), restricted access to rapid diagnostics, inadequate contact investigation, and low community awareness. Coastal districts face higher TB risk due to high population density, mobile and informal occupations, congregate settings, and poor housing and environmental conditions that facilitate transmission. Portable digital chest x-ray based ACF offers a promising approach to improve early TB detection. This study assesses the effectiveness of portable X-ray-based active case finding (ACF) in detecting tuberculosis in six high-burden coastal districts of Central Java.

Method: A mixed-methods sequential explanatory design used secondary SITB data (Jan–Oct 2025) from 116 primary health centers and FGDs with 34 stakeholders. Quantitative measures included ACF frequency, number of screened participants, number screened with portable x-ray, and clinically confirmed TB cases. Descriptive statistics and linear regression were applied; qualitative data underwent thematic analysis.

Result: Among 116 PHCs, 70 (60.9%) performed ACF without portable x-ray and 45 (39.1%) with portable x-ray. Mean clinically confirmed cases differed by ACF method: 4.52 (non portable x-ray) versus 1.68 (portable x-ray); the between-group mean difference was 2.84 ($t = 5.28$; $p = 0.0001$), with a large effect size (partial $\eta^2 = 0.44$). Qualitative findings revealed that portable x-rays increased community acceptance, screening participation, and the ability to detect radiological abnormalities in asymptomatic individuals.

Conclusion: Portable x-ray based ACF is more effective than symptom based screening in improving pulmonary TB detection, and has the potential to accelerate the achievement of TB elimination targets.

Keywords: Tuberculosis; Portable x-ray; Screening

PENDAHULUAN

Tuberkulosis (TB) masih menjadi salah satu tantangan kesehatan masyarakat global, nasional, dan subnasional yang utama. Menurut Laporan Tuberkulosis Global 2024, Indonesia menduduki peringkat kedua sebagai negara dengan beban tuberkulosis tertinggi di dunia setelah India, termasuk jumlah kasus tuberkulosis yang resisten terhadap obat yang signifikan.¹ Sesuai dengan target nasional untuk eliminasi TB pada tahun 2030, yang tertuang dalam Peraturan Presiden Nomor 67/2021 tentang Pengendalian Tuberkulosis, prioritas strategis kini bergeser ke arah percepatan deteksi kasus, penyelesaian pengobatan, dan pemutusan rantai penularan.² Di Provinsi Jawa Tengah, situasi TB mencerminkan kesenjangan yang terus berlanjut dalam deteksi kasus dan hasil pengobatan. Per September 2025, hanya 59% (63.398 dari 107.488) dari kasus TB yang diperkirakan terdeteksi, masih di bawah target 90%. Tingkat keberhasilan pengobatan untuk TB sensitif obat mencapai 84%, sementara targetnya adalah 90%, dan tingkat keberhasilan pengobatan untuk TB resisten obat (DR-TB) sebesar 63%, sedangkan targetnya adalah 80%. Indikator-indikator ini mencerminkan proporsi yang signifikan dari kasus yang terlewatkan, yang menjadi hambatan fundamental bagi kontribusi provinsi terhadap target nasional. Faktor-faktor yang mendukung hasil yang kurang optimal ini meliputi cakupan yang terbatas dalam penemuan kasus aktif di kalangan populasi berisiko tinggi, akses, dan ketersediaan teknologi diagnostik cepat yang terbatas, termasuk *portable X-Ray*, penyelidikan kontak yang tidak memadai, dan kesadaran masyarakat yang rendah tentang TB. Bukti di Yogyakarta pada tahun 2024 menunjukkan bahwa penemuan kasus aktif berbasis *portable X-Ray* secara signifikan meningkatkan deteksi kasus dibandingkan dengan pendekatan pemantauan pasif berbasis fasilitas.³

Pemerintah provinsi telah menyatakan komitmen kebijakan melalui Peraturan Gubernur Nomor 27/2024 tentang Rencana Aksi Daerah untuk Pengendalian Tuberkulosis (TB) Tahun 2024–2029 dengan penekanan pada penguatan TP2TBC (Tim Percepatan Penanggulangan Tuberkulosis). Kapasitas layanan kesehatan di Jawa Tengah meliputi 881 puskesmas, 93 rumah sakit umum, 266 rumah sakit swasta, 1.954 praktik medis swasta, dan 1.373 klinik dengan potensi kemampuan layanan TB. Selain itu, kapasitas laboratorium mencakup 881 unit mikroskopi, 227 alat GeneXpert di 198 fasilitas kesehatan, tujuh laboratorium *Open-PCR*, dan sepuluh unit *portable X-Ray*. Ketersediaan teknologi *portable X-Ray* membuka peluang untuk memperluas implementasi penemuan kasus aktif (*active case finding/ACF*) dengan mendekatkan layanan diagnostik ke masyarakat.

Di provinsi tersebut, salah satu program unggulan adalah Program TB X-PRESS (Sistem Skrining Dini Cepat *Portabel X-Ray*) untuk meningkatkan akses yang adil terhadap skrining TB, terutama di kalangan populasi rentan seperti penghuni pesantren, pekerja industri, narapidana, dan kawasan perkotaan dengan kepadatan penduduk tinggi. Bukti yang mendukung hal ini termasuk penelitian Herrera dkk. (2020), yang menyatakan bahwa

skrining berbasis lapangan dapat mengurangi keterlambatan diagnosis dan meningkatkan cakupan penyelidikan kontak.⁴ Banyak studi merekomendasikan rontgen dada dengan atau tanpa kecerdasan buatan untuk deteksi kasus aktif di kalangan kelompok berisiko tinggi karena sensitivitasnya yang lebih tinggi dalam skrining.⁵ Penelitian terbaru menyoroti variasi dalam kinerja *portable X-Ray* dengan faktor demografis dan klinis memengaruhi sensitivitas palsu dan spesifisitas palsu.⁶ Sistem digital yang didukung oleh kecerdasan buatan telah menunjukkan akurasi diagnostik yang lebih tinggi pada individu yang menunjukkan gejala.⁷

Proses penularan TB juga dipengaruhi oleh interaksi unsur lingkungan ketiga (abiotik, biotik, dan budaya sosial). Faktor-faktor fisik ini meliputi kondisi perumahan yang buruk, seperti kepadatan penduduk yang tinggi, suhu dan kelembapan yang tidak sesuai, pencahayaan dan ventilasi yang tidak memadai, serta polusi udara yang meningkatkan risiko penularan TB. Dalam konteks ini, pola dan durasi kontak sosial lebih berpengaruh daripada frekuensi kontak, karena penularan TB erat kaitannya dengan kepadatan penduduk dan perumahan. Menurut Badan Pusat Statistik (2024), Brebes, Tegal, Pemalang, Demak, Kendal, dan Batang menunjukkan kepadatan penduduk yang relatif tinggi (978–1.702 orang/km²) dengan laju pertumbuhan penduduk tahunan berkisar antara 1,07% hingga 1,28%, yang dapat menjadi sumber potensial dan berkontribusi pada peningkatan risiko penularan tuberkulosis di wilayah tersebut. Pelaksanaan sistem skrining TB di wilayah-wilayah tersebut berpotensi mengidentifikasi kasus TB baru di masyarakat dan meningkatkan cakupan pengobatan.⁸

Waella dkk. melaporkan bahwa kondisi perumahan, faktor perilaku, dan karakteristik lingkungan termasuk kepadatan penduduk, kondisi fisik perumahan, ventilasi, kebiasaan membuka jendela, kontak rumah tangga dengan pasien TB paru, kebiasaan merokok, dan jenis bahan bakar memasak terkait dengan insiden TB di Kabupaten Panekan, Kabupaten Magetan (2023). Selain itu, Kurnia Alamsyah dkk. menemukan bahwa ventilasi yang tidak memadai dan kepadatan penduduk yang tinggi terkait dengan peningkatan tingkat TB paru.⁹

Kasus tuberkulosis lebih tinggi di daerah pesisir dibandingkan dengan daerah pegunungan. Brebes, Tegal, Pemalang, Demak, Kendal, dan Batang merupakan daerah pesisir. Daerah pesisir ditandai dengan kepadatan penduduk sedang hingga tinggi, dominan pada pekerjaan informal, industri, dan pekerjaan yang sifatnya berpindah-pindah, serta adanya lingkungan perkumpulan atau semi-perkumpulan seperti pesantren, kawasan industri, pelabuhan, dan fasilitas pemasyarakatan. Lingkungan ini menampung populasi yang rentan secara sosial-ekonomi dan membatasi efektivitas deteksi TB pasif berbasis fasilitas. Selain itu, lingkungan pesisir seringkali memiliki perumahan padat yang berdekatan dengan pusat ekonomi, penggunaan lahan campuran perumahan dan industri, ventilasi yang kurang optimal, serta akses sanitasi dan air yang heterogen, semua hal ini dapat memfasilitasi penularan TB.

Untuk penelitian operasional dan evaluasi praktis ACF berbasis *portable X-Ray*, studi ini menargetkan enam kabupaten pesisir di Jawa Tengah: Demak, Kendal, Pemalang, Batang, Brebes, dan Tegal. Kabupaten-kabupaten ini dipilih karena wilayah pesisir bagian utara Jawa Tengah mewakili area dengan risiko TB yang tinggi, yang dipicu oleh faktor risiko sosial, lingkungan, dan mobilitas yang saling berinteraksi, dan erat terkait dengan penularan serta deteksi yang kurang memadai.¹⁰ Oleh karena itu, penelitian ini secara eksplisit mengkaji apakah penggunaan *portable X-Ray* untuk penemuan kasus aktif (ACF) dapat meningkatkan deteksi tuberkulosis paru di wilayah pesisir dengan beban penyakit tinggi. Dengan fokus pada kabupaten yang memiliki kerentanan tinggi dan kelayakan operasional, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pelaksanaan ACF berbasis *portable x-ray* dalam mendeteksi TBC di wilayah Pesisir Jawa Tengah.

MATERI DAN METODE

Desain Studi

Penelitian ini menggunakan pendekatan campuran (*mixed-methods*) dengan desain eksplanatori berurutan. Fase awal terdiri dari analisis kuantitatif untuk menilai efektivitas penemuan kasus aktif (ACF) menggunakan *portable X-Ray* dalam mendeteksi tuberkulosis paru. Fase ini dilanjutkan dengan fase deskriptif kualitatif menggunakan diskusi kelompok terfokus untuk memberikan penjelasan kontekstual dan pemahaman yang lebih mendalam terhadap temuan kuantitatif.

Ruang Lingkup, Sumber Data, dan Populasi Studi

Data kuantitatif diperoleh dari data program sekunder dari 116 puskesmas yang berlokasi di enam kabupaten pesisir di Jawa Tengah. Semua puskesmas melaksanakan kegiatan ACF, meskipun hanya sebagian yang menerapkan ACF dengan *portable X-Ray*. Data kuantitatif diperoleh dari Sistem Informasi Tuberkulosis Nasional (SITB) yang mencakup periode dari 1 Januari hingga 30 Oktober 2025 yang dilengkapi dengan laporan rutin ACF tingkat kabupaten. Untuk fase kualitatif, peserta dipilih dari kabupaten yang sama yang meliputi petugas program tuberkulosis serta perwakilan administratif lokal, seperti kepala desa.

Variabel dan Analisis data Kuantitatif

Analisis kuantitatif berfokus pada beberapa variabel inti, yaitu frekuensi kegiatan ACF, jumlah total individu yang diskriming, jumlah peserta yang diskriming menggunakan *portable X-Ray*, dan jumlah kasus TB yang dikonfirmasi secara klinis yang teridentifikasi. Kinerja kegiatan ACF pertama kali dijelaskan menggunakan

statistik ringkasan dasar, termasuk rata-rata, median, simpangan baku, serta nilai minimum dan maksimum yang diamati. Untuk menilai apakah perbedaan dalam pendekatan ACF terkait dengan variasi dalam deteksi kasus TB, analisis regresi linier sederhana digunakan untuk membandingkan pendekatan ACF berbasis *portable X-Ray* dengan pendekatan tanpa *portable X-Ray*. Selain itu, analisis regresi linier berganda dilakukan untuk mengeksplorasi aspek operasional ACF mana yang paling kuat terkait dengan identifikasi kasus TB yang dikonfirmasi secara klinis.

Variabel dan Analisis Data Kualitatif

Komponen kualitatif terdiri dari diskusi kelompok terfokus dengan 34 peserta dari kabupaten Brebes, Demak, dan Tegal, di mana program ACF berbasis *portable X-Ray* diterapkan. Peserta dipilih dari staf program TB di Puskesmas dan perwakilan lintas sektor tingkat desa untuk menangkap perspektif baik dari penyedia layanan maupun masyarakat. Data kualitatif ditinjau dan dirangkum secara deskriptif. Interpretasi hasil kuantitatif diperjelas dan diperkaya dengan pernyataan terpilih dari peserta. Integrasi temuan kuantitatif dan kualitatif dilakukan pada tingkat interpretasi. Pemahaman dari diskusi digunakan untuk menafsirkan pola dan perbedaan yang diamati dalam dataset kuantitatif. Pengkodean tematik formal atau perangkat lunak analisis kualitatif tidak digunakan dalam analisis, tetapi tetap memperhatikan kejelasan, relevansi, dan konsistensi antara temuan kuantitatif dan kualitatif.

Persetujuan Etik

Penelitian ini mematuhi pedoman etika untuk penelitian yang melibatkan subjek manusia. Peserta pada pengambilan data kualitatif memberikan persetujuan yang terinformasi, dan semua data dianonimkan untuk memastikan kerahasiaan. Penelitian ini juga telah mendapatkan persetujuan etika dari Komite Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Diponegoro, dengan nomor: 362/EA/KEPK-FKM/2025.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan di enam kabupaten yang terletak di wilayah pesisir utara Provinsi Jawa Tengah. Wilayah pesisir memiliki karakteristik sosial dan lingkungan yang khas, seperti kepadatan penduduk yang relatif tinggi, kualitas perumahan yang belum sepenuhnya memenuhi standar kelayakan, dan tingkat kesadaran masyarakat yang bervariasi terhadap perilaku hidup sehat. Kondisi pemukiman pesisir yang padat dan heterogen secara sosial berpotensi meningkatkan risiko tuberkulosis paru melalui paparan terhadap lingkungan hidup yang tidak sehat.

Penilaian perumahan layak huni dalam studi ini mengacu pada empat indikator, yaitu ruang tinggal yang memadai, akses terhadap air minum, akses terhadap sanitasi yang layak, dan ketahanan bangunan. Indikator ruang tinggal yang memadai mengacu pada standar ruang tinggal yang memadai yang ditetapkan oleh Badan Pusat Statistik, yaitu 7,2 m² per kapita. Sementara itu, indikator akses terhadap air minum ditentukan berdasarkan sumber air yang digunakan oleh rumah tangga untuk memenuhi kebutuhan air minum harian mereka.⁸

Berdasarkan data dari Profil Kesehatan Provinsi Jawa Tengah Tahun 2024, persentase rumah layak huni di Kabupaten Batang adalah 55,87%, Kabupaten Pemalang 67,83%, Kabupaten Kendal 69,11%, Kabupaten Brebes 74,85%, Kabupaten Tegal 78,83%, dan Kabupaten Demak 80,32%. Hasil ini menunjukkan bahwa tiga kabupaten masih di bawah target nasional sebesar 70% untuk rumah layak huni. Prestasi ini menunjukkan bahwa masih ada masalah dengan kualitas perumahan di daerah pesisir yang berpotensi mempengaruhi kesehatan masyarakat.⁸

Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Aditya et al.⁹, yang menyatakan bahwa individu yang tinggal di lingkungan dan bangunan yang tidak sehat memiliki risiko lebih tinggi mengalami masalah kesehatan fisik dan psikologis. Perumahan yang tidak memenuhi standar minimum dapat meningkatkan risiko penyakit menular, termasuk TB. Selain itu, ruang yang terbatas dan kondisi perumahan yang tidak nyaman berpotensi memicu stres, kecemasan, dan penurunan produktivitas di kalangan penghuni. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Rustam et al. menunjukkan bahwa ruang hunian, kelembaban, pencahayaan, ventilasi udara, dan jenis dinding rumah secara signifikan mempengaruhi pasien tuberkulosis di kawasan pesisir Surabaya, sebagaimana dibuktikan oleh nilai $p < 0,05$. Hal ini disebabkan karena sebagian besar rumah di daerah pesisir padat penduduk, dengan banyak individu tinggal dalam satu rumah tangga, yang menyebabkan pasokan oksigen dalam tubuh tidak memadai dan semakin parah akibat area ventilasi yang tidak mencukupi.¹¹

Peningkatan kualitas perumahan merupakan faktor penting dalam mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), terutama dalam hal pengentasan kemiskinan dan peningkatan kesehatan masyarakat. Oleh karena itu, penelitian akademik terkait ketersediaan perumahan yang layak didukung oleh ruang yang memadai, akses terhadap air bersih dan sanitasi, serta pembangunan ketahanan sangatlah penting, mengingat masalah perumahan erat kaitannya dengan aspek kesehatan, lingkungan, dan pembangunan berkelanjutan.

Rata-rata implementasi ACF di enam kabupaten pesisir adalah 2,02 kali, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1. Temuan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ACF tidak hanya berfungsi sebagai pendekatan kesehatan masyarakat untuk deteksi dini TB, tetapi juga memiliki implikasi sosial dan ekonomi yang signifikan bagi pasien. Individu yang didiagnosis melalui ACF memungkinkan pasien untuk mendapatkan diagnosis lebih

cepat, mengurangi kebutuhan untuk kunjungan ulang, dan mempercepat akses ke layanan pengobatan, sehingga menghasilkan biaya langsung yang lebih rendah dibandingkan dengan yang terdeteksi secara pasif.^{12,13} Namun, rentang yang sangat luas (1 - 67 kali) menunjukkan ketidakmerataan yang signifikan dalam implementasi ACF di berbagai wilayah. Ketidakmerataan ini juga terlihat dari rata-rata jumlah peserta yang diskriminasi (255,26 orang), dengan beberapa lokasi melakukan skrining dalam jumlah kecil, namun jumlah tertinggi mencapai 10.381 peserta. Standar deviasi yang tinggi (963,01) menunjukkan distribusi data yang sangat tidak merata. Hal ini mencerminkan tidak hanya perbedaan intensitas program, tetapi juga potensi variasi dalam prioritas program, ketersediaan sumber daya, dan kapasitas operasional di tingkat pusat kesehatan. Ketidakteraturan dalam frekuensi ini dapat menyebabkan variasi dalam deteksi kasus yang tidak hanya dipengaruhi oleh perbedaan epidemiologis mendasar, tetapi juga oleh faktor programatik dan logistik di lapangan.^{14,15}

Tabel 1 Ringkasan tentang Penemuan Kasus Aktif (ACF) dan Skrining di 6 Kabupaten

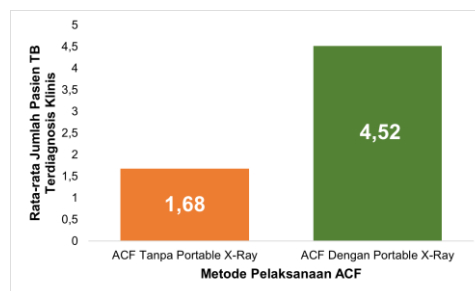
Variabel	Mean	Median	Std. Dev	Min	Max
Frekuensi ACF	2,02	1	6,88	1	67
Jumlah Peserta Skrining	255,26	149,5	963,01	27	10.381
Jumlah Peserta Skrining Portable X-Ray	66,79	50,5	67,68	0	192

Tabel 2 dengan jelas menunjukkan jumlah pusat kesehatan yang menerapkan ACF tanpa *portable X-Ray* dan yang menggunakan *portable X-Ray*. Dari total 116 Puskesmas yang menerapkan ACF, sebagian besar melakukan ACF tanpa menggunakan *portable X-Ray* (62,1%; 72 pusat kesehatan). Distribusi di antara Puskesmas tidak merata. Cakupan skrining dengan *portable X-Ray* menunjukkan bahwa alat ini belum digunakan di semua Puskesmas di enam kabupaten pesisir, tetapi jumlah peserta dapat mencapai 192 orang jika digunakan (Tabel 1). Sementara itu, Puskesmas di Brebes, Pemalang, dan Batang lebih cenderung menggunakan *portable X-Ray* dalam upaya mendeteksi kasus TB aktif. Secara programatik, kombinasi hasil dalam Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan bahwa intensitas implementasi ACF yang tidak merata dan variasi dalam penggunaan teknologi *portable X-Ray* berpotensi mempengaruhi jumlah kasus yang ditemukan.

Tabel 2 Distribusi Pelaksanaan Penemuan Kasus Aktif (ACF) di Puskesmas dan Penggunaan Portable X-Ray

Status ACF	Puskesmas						Total
	Brebes	Demak	Tegal	Batang	Pemalang	Kendal	
ACF tanpa Portable X-Ray	20 (17,4%)	0	0	20 (17,2%)	24 (20,7%)	8 (6,9%)	72 (62,1%)
ACF dengan Portable X-Ray	10 (8,6%)	5 (4,3%)	28 (24,1%)	1 (0,9%)	0	0	44 (37,9%)
Total	30 (25,9%)	5 (4,3%)	28 (24,1%)	21 (18,1%)	24 (20,7%)	8 (6,9%)	116 (100%)

Hasil analisis menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam rata-rata jumlah kasus TB yang didiagnosis secara klinis antara dua metode ACF (Tabel 3). Rata-rata jumlah kasus TB yang ditemukan pada ACF tanpa *portable X-Ray* adalah 4,52, sedangkan pada ACF dengan *portable X-Ray* adalah 1,68. Perbedaan rata-rata antara kedua kelompok adalah 2,84 (koefisien B), yang secara statistik signifikan ($t = 5,28$; $p = 0,0001$), dengan interval kepercayaan 95% untuk perbedaan rata-rata sebesar 1,77–3,90. Nilai eta kuadrat parsial = 0,44 menunjukkan ukuran efek yang besar, artinya sekitar 44% variasi dalam jumlah kasus yang dikonfirmasi secara klinis dijelaskan oleh perbedaan metode ACF. Visualisasi pada diagram batang memperkuat temuan ini, menunjukkan perbedaan rata-rata yang jelas antara kedua metode (Gambar 1). Secara praktis, hasil ini menunjukkan bahwa dalam konteks studi ini, ACF dengan *portable X-Ray* menghasilkan rata-rata jumlah kasus TB yang didiagnosis secara klinis lebih tinggi daripada ACF tanpa *portable X-Ray*. Hasil penelitian Alege et al.¹⁶ mengatakan ultra-portable digital x-ray menunjukkan prevalensi TB yang tinggi serta tingkat kepositifan tes yang tinggi, disertai beban TB subklinis yang signifikan. Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Nababan et al.¹⁷ menunjukkan skrining dengan X-Ray dada menghasilkan temuan kasus TBC klinis dan bakteriologis lebih tinggi dibanding skrining gejala saja.



Gambar 1 Perbandingan Temuan Rata-Rata Kasus TB yang Telah Dikonfirmasi Secara Klinis Berdasarkan Metode ACF

Tabel 3 Hasil Uji Perbedaan Rata-Rata Temuan Kasus Berdasarkan Metode ACF

Status ACF	Mean	B	t	p	95% CI	Partial Eta Squared
ACF tanpa <i>Portable X-Ray</i>	4,52	2,84	5,28	0,0001*	1,77 – 3,90	0,44
ACF dengan <i>Portable X-Ray</i>	1,68	0,000 ^a				

Catatan: * (signifikan)

Temuan studi ini menunjukkan bahwa ACF dengan *portable X-Ray* menghasilkan jumlah rata-rata kasus TB yang didiagnosis secara klinis yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan ACF tanpa *portable X-Ray*, dengan ukuran efek yang besar (*partial eta squared* = 0.44), yang menunjukkan daya penjas yang substansial dari metode skrining tersebut. Hasil ini konsisten dengan bukti global yang menunjukkan bahwa skrining berdasarkan gejala saja seringkali gagal mendeteksi kasus TB tanpa gejala atau dengan gejala minimal. Studi dari Nigeria, Pakistan, dan Vietnam secara kolektif menunjukkan bahwa rontgen dada mobile atau yang didukung kecerdasan buatan secara drastis meningkatkan deteksi kasus dengan mengidentifikasi kelainan radiologis yang tidak terdeteksi melalui skrining gejala.^{18–20}

Temuan ini konsisten dengan studi lain yang menunjukkan bahwa skrining berbasis radiografi dada lebih sensitif dibandingkan skrining gejala saja. John et al.¹⁸ melaporkan bahwa penggunaan *chest X-ray* berbantuan kecerdasan buatan pada kegiatan ACF di Nigeria meningkatkan *case detection* secara signifikan dibandingkan *symptom screening* saja. Zaidi et al.¹⁹ pada skrining populasi lebih dari 1,2 juta orang di Pakistan menunjukkan bahwa *mobile X-ray* mampu mengidentifikasi sejumlah besar kasus subklinis yang sebelumnya tidak terdeteksi. Studi programatik di Vietnam oleh Nguyen et al.²⁰ juga menunjukkan bahwa *community-based chest X-ray screening* meningkatkan *case yield* dan mempercepat diagnosis TB. Konsistensi hasil ini memperkuat bahwa keunggulan *portable X-Ray* dalam penelitian ini memiliki validitas eksternal dan sejalan dengan tren global penggunaan radiografi portabel sebagai strategi ACF.

Temuan kualitatif kami semakin memperkuat keadaan ini. Peserta menggambarkan *portable X-Ray* sebagai metode yang lebih dapat diterima dan menarik bagi masyarakat, yang secara signifikan meningkatkan jumlah peserta dan memperluas kelompok individu yang memenuhi syarat untuk skrining, sesuai dengan hasil skrining yang lebih tinggi yang diamati secara kuantitatif. Salah satu petugas kesehatan mengatakan bahwa, “Ketika orang mendengar ada skrining dengan *X-Ray* gratis... gratis itu membuat masyarakat antusias sehingga banyak yang mendaftar, dan ternyata banyak yang hasilnya positif” (PHC_1). Seorang lainnya menambahkan, “Pesertanya sangat banyak, antusiasme sangat tinggi... kami harus menolak banyak orang karena kuota terbatas. Banyak orang dari desa lain juga datang untuk diperiksa” (PHC_3). “Masyarakat lebih bersedia tes dengan *portable X-Ray* sehingga pendekatan ini lebih diterima secara luas” (Desa_3). Hasil diskusi ini menyoroti bagaimana daya tarik dan nilai yang dirasakan dari mobilisasi *portable X-Ray* secara langsung berkontribusi pada partisipasi yang lebih besar sehingga terdapat peluang yang lebih besar untuk deteksi kasus.

Selain itu, wawasan kualitatif menyoroti beberapa keunggulan operasional *portable X-Ray* yang membantu menjelaskan mengapa kasus yang didiagnosis secara klinis lebih sering ditemukan. Partisipan menekankan bahwa *portable X-Ray* memungkinkan deteksi kelainan radiologis bahkan pada individu yang tidak melaporkan batuk berkepanjangan atau gejala utama lainnya. Keunggulan ini sangat penting karena skrining berdasarkan gejala saja seringkali melewatkan proporsi yang signifikan dari kasus-kasus tersebut.^{21,22} Aktivitas *portable X-Ray* juga menarik kontak dekat dan kelompok berisiko tinggi yang biasanya enggan mencari layanan diagnostik secara mandiri. Seperti yang dijelaskan oleh seorang tenaga kesehatan, “... banyak kontak rumah tangga tidak menunjukkan gejala sehingga sulit untuk merujuk mereka untuk tes *GeneXpert*. Kemarin, saya meminta petugas puskesmas untuk menyuruh mereka yang tidak mau memberikan sampel dahak untuk skrining ACF” (PHC_0).

Hasil kualitatif ini konsisten dengan studi mixed-methods di Nigeria yang melaporkan bahwa penggunaan *ultra-portable digital X-Ray* dengan deteksi berbantuan komputer dalam kegiatan ACF meningkatkan penerimaan masyarakat dan akses terhadap skrining TB. Tanggapan positif tentang kemudahan penggunaan, portabilitas, dan hasil yang cepat berkontribusi meningkatkan partisipasi dalam kegiatan skrining masyarakat.²³ Konsistensi ini menunjukkan bahwa efektivitas *portable X-Ray* dalam ACF ditentukan tidak hanya oleh keunggulan diagnostiknya tetapi juga oleh ketertarikan dan penerimaan sosialnya di tingkat masyarakat.

Seorang tenaga kesehatan menjelaskan, “Sangat membantu... *portable X-Ray* ini berbasis kecerdasan buatan, jadi begitu gambar diambil, hasilnya langsung muncul” (PHC_4). Mekanisme ini sejalan dengan bukti global yang menunjukkan bahwa *X-Ray* dada, terutama ketika diperkuat dengan interpretasi berbasis kecerdasan buatan dapat mendeteksi TB subklinis atau dengan gejala minimal lebih awal dan dengan sensitivitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan skrining gejala saja. Studi terbaru dari Rumania, China, dan kelompok migran internasional juga menunjukkan bahwa sinar-X yang dibantu kecerdasan buatan mencapai sensitivitas tinggi (81–95%) dan spesifisitas (54–94%), dapat mempertahankan spesifisitas yang wajar, berkinerja sebanding dengan radiolog ahli, dan melampaui kemampuan triase berbasis gejala.^{24–26} Penelitian yang dilakukan oleh Suharman et al.²⁷ berdasarkan uji Confusion Matrix yang telah dilakukan terhadap model yang telah dilakukan pelatihan sebelumnya dengan menggunakan kumpulan gambar *X-ray* paru pasien tuberkulosis, hasil dari Confusion Matrix

mendapatkan akurasi sebesar 99.8%. Penelitian lainnya juga dilakukan oleh Junaedi menggunakan Algoritma C4.5 dalam mengklasifikasi TB pada citra X-Ray dada dengan menggunakan fitur GLCM telah berhasil diuji dengan menggunakan aplikasi Weka 3.8. Algoritma C4.5 ini memiliki performa tertinggi pada uji 5-fold cross validation dengan akurasi sebesar 78,09%, sensitifitas sebesar 80,52% dan spesifisitas 75,62%. Algoritma C4.5 mampu mengenali citra berlabel TB lebih baik dibandingkan dengan citra berlabel normal, hal ini dibuktikan dengan nilai sensitifitas yang lebih besar dibandingkan dengan nilai spesifisitas.²⁸

Meskipun hasilnya secara konsisten menguntungkan, beberapa penjelasan alternatif harus dipertimbangkan untuk menghindari atribusi berlebihan terhadap temuan tersebut hanya pada alat itu sendiri. Perbedaan karakteristik populasi atau pola skrining di berbagai lokasi dapat memengaruhi jumlah kasus yang terdeteksi. Perbedaan dalam algoritma diagnostik dan kriteria konfirmasi klinis, seperti apakah diagnosis lebih bergantung pada gejala, hasil laboratorium, atau interpretasi radiografi, juga dapat berkontribusi pada perbedaan dalam jumlah kasus yang dilaporkan. Faktor operasional, termasuk kualitas gambar, keahlian pembaca, dan akses ke tes konfirmasi, juga dapat mempengaruhi efektivitas *portable X-Ray* dalam setting dunia nyata.¹⁶

Beberapa keterbatasan studi juga perlu diakui. Data yang digunakan bersifat observasional dan deskriptif-komparatif, sehingga membatasi interpretasi kausal terhadap hubungan antara metode skrining dan deteksi kasus. Bias seleksi potensial (perbedaan dalam siapa yang mengikuti skrining), faktor pengganggu yang tidak terukur seperti usia, profil gejala, status HIV, atau komorbiditas, serta faktor kontekstual (lingkungan perkotaan vs pedesaan, waktu pelaksanaan aktivitas) tidak dikendalikan dalam analisis ini. Selain itu, variasi antar pusat kesehatan dan perbedaan ukuran sampel dapat memengaruhi stabilitas estimasi. Studi masa depan yang menggunakan penyesuaian multivariat, analisis terstratifikasi, atau desain prospektif akan memperkuat kesimpulan mengenai efek sebenarnya dari *portable X-Ray* terhadap hasil deteksi kasus TB.

SIMPULAN

Studi ini menunjukkan bahwa penerapan ACF berbasis *portable X-Ray* secara signifikan meningkatkan deteksi kasus TB dibandingkan dengan ACF berbasis gejala. Analisis kuantitatif menunjukkan hasil kasus klinis yang jauh lebih tinggi di area yang menggunakan *portable X-Ray*, didukung oleh ukuran efek yang kuat. Temuan kualitatif juga mendukung hal ini. *Portable X-Ray* dianggap lebih dapat diterima, lebih menarik, dan lebih nyaman bagi masyarakat yang mengakibatkan tingkat partisipasi yang jauh lebih tinggi. Kemampuan alat ini untuk mendeteksi kelainan radiologis bahkan pada subjek tanpa gejala, menjangkau kontak dekat dan kelompok berisiko tinggi, serta memberikan interpretasi cepat yang didukung kecerdasan buatan, semakin memperkuat efektivitas operasionalnya. Temuan ini memperkuat tuntutan kebijakan yang jelas untuk memperluas penggunaan *portable X-Ray* secara adil sebagai kebutuhan ACF rutin, terutama di daerah dengan beban tinggi dan kurang terlayani. Kesetaraan akses terhadap ACF berbasis *portable X-Ray* di seluruh kabupaten sangat penting untuk mengurangi kasus yang terlewatkan dan mempercepat kemajuan menuju target eliminasi TB Indonesia pada tahun 2030.

REFERENSI

1. World Health Organization. Global Tuberculosis Report. Vol. t/malaria/, January. 2023.
2. Presidential Indonesia. Presidential Regulation of the Republic of Indonesia Number 67 of 2021 on Tuberculosis Control. 2021;(069394).
3. Kaku JS, Ahmad RA, Main S, Oktofiana D, Dwihardiani B, Triasih R, et al. Tuberculosis Case Finding in Kulon Progo District, Yogyakarta, Indonesia: Passive versus Active Case Finding Using Mobile Chest X-ray. Trop Med Infect Dis. 2024;9(4). <https://doi.org/10.3390/tropicalmed9040075>
4. Herrera Diaz M, Haworth-Brockman M, Keynan Y, Haworth-Brockman M, Keynan Y. Review of Evidence for Using Chest X-Rays for Active Tuberculosis Screening in Long-Term Care in Canada. Front public Heal. 2020;8:16. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2020.00016>
5. Ali RF, Siddiqi DA, Malik AA, Shah MT, Khan AJ, Hussain H, et al. Integrating tuberculosis screening into antenatal visits to improve tuberculosis diagnosis and care: Results from a pilot project in Pakistan. Int J Infect Dis IJID Off Publ Int Soc Infect Dis. Juli 2021;108:391–6. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2021.05.072>
6. Marquez N, Carpio EJ, Santiago MR, Calderon J, Orillaza-Chi R, Salanap SS, et al. Performance of chest X-ray with computer-aided detection powered by deep learning-based artificial intelligence for tuberculosis presumptive identification during case finding in the Philippines. BMC Glob public Heal. Agustus 2025;3(1):74. <https://doi.org/10.1186/s44263-025-00198-y>
7. Salindri AD, Bampi JVB, Busatto C, da Silva AM, da Silva Santos A, Gonçalves IB, et al. Evaluation of an ultra-portable X-ray system with automated interpretation for tuberculosis active case finding in carceral settings: a diagnostic test accuracy study. BMC Infect Dis. November 2025;25(1):1480. <https://doi.org/10.1186/s12879-025-11835-0>
8. Badan Pusat Statistika PJT. PROFIL KESEHATAN PROVINSI JAWA TENGAH. 2024.
9. Aditya VR, Raharjo M, Setiani O. Analysis of the Quality of the Physical Environment of the House on the Incidence of Tuberculosis in Tembalang Subdistrict. J Penelit Pendidik IPA. 2025;11(5):677–83. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i5.11393>

10. Shaluhayah Z, Handayani S, Sariatmi A, Agushybana F, Rimawati E. Understanding tuberculosis as a wicked problem: a qualitative study in coastal urban settlements of Semarang, Indonesia. *Front Commun.* 2025;10. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2025.1719819>
11. Rustam MZA, Mayasari AC. Determinan Kesehatan Lingkungan pada Pasien TB Paru di Daerah Pesisir Kota Surabaya (Studi Wilayah Kerja Puskesmas Kenjeran). *J Heal Sci Prev [Internet]*. 27 September 2019;3(2):109–17. <https://doi.org/10.29080/jhsp.v3i2.235>
12. Dinh L V, Wiemers AMC, Forse RJ, Phan YTH, Codlin AJ, Annerstedt KS, et al. Comparing Catastrophic Costs: Active vs. Passive Tuberculosis Case Finding in Urban Vietnam. *Trop Med Infect Dis.* 2023;8(9). <https://doi.org/10.3390/tropicalmed8090423>
13. Balakrishnan SK, Suseela RP, Mrithyunjayan S, Mathew ME, Varghese S, Chenayil S, et al. Individuals' Vulnerability Based Active Surveillance for TB: Experiences from India. *Trop Med Infect Dis.* 2022;7(12). <https://doi.org/10.3390/tropicalmed7120441>
14. Garg T, Gupta V, Sen D, Verma M, Brouwer M, Mishra R, et al. Prediagnostic loss to follow-up in an active case finding tuberculosis programme: A mixed-methods study from rural Bihar, India. *BMJ Open.* 2020;10(5). <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-033706>
15. Okello D, Kisakye AN, Namakula J, Buryegyey E. Implementation of Intensified Tuberculosis Case Finding among People Living with HIV in Kampala, Uganda: A cross sectional study. *J Interv Epidemiol Public Heal.* 2021;4(4). <https://doi.org/10.37432/jieph.2021.4.4.46>
16. Alege A, Useni S, Ihesie A, Eneogu R, Agbaje A, Odume B, et al. Impact of the use of the ultra-portable digital x-ray with CAD4TB for active case finding for tuberculosis in Nigeria. *Front Digit Heal.* 2025;7. <https://doi.org/10.3389/fdgth.2025.1559203>
17. Nababan B, Triasih R, Chan G, Dwihardiani B, Hidayat A, Dewi SC, et al. The Yield of Active Tuberculosis Disease and Latent Tuberculosis Infection in Tuberculosis Household Contacts Investigated Using Chest X-ray in Yogyakarta Province, Indonesia. *Trop Med Infect Dis [Internet]*. 31 Januari 2024;9(2):34. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed9020034>
18. John S, Abdulkarim S, Usman S, Rahman MT, Creswell J. Comparing tuberculosis symptom screening to chest X-ray with artificial intelligence in an active case finding campaign in Northeast Nigeria. *BMC Glob Public Heal.* 2023;1(1):17. <https://doi.org/10.1186/s44263-023-00017-2>
19. Zaidi SMA, Creswell J, Khowaja S, Khan A, Copas A, Esmail H. Detection of pulmonary tuberculosis through mobile X-ray based active case-finding in Pakistan: a retrospective analysis from programmatic screening of 1 214 289 individuals from 2017 to 2021. *BMJ Glob Heal.* Juli 2025;10(7). <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2025-019133>
20. Nguyen LH, Codlin AJ, Vo LNQ, Dao T, Tran D, Forse RJ, et al. An Evaluation of Programmatic Community-Based Chest X-ray Screening for Tuberculosis in Ho Chi Minh City, Vietnam. *Trop Med Infect Dis.* Desember 2020;5(4). <https://doi.org/10.3390/tropicalmed5040185>
21. Garg T, John S, Abdulkarim S, Ahmed AD, Kirubi B, Rahman MT, et al. Implementation costs and cost-effectiveness of ultraportable chest X-ray with artificial intelligence in active case finding for tuberculosis in Nigeria. *PLOS Digit Heal.* 2025;4(6 JUNE). <https://doi.org/10.1371/journal.pdig.0000894>
22. Bashir S, Kik S V, Ruhwald M, Khan A, Tariq M, Hussain H, et al. Economic analysis of different throughput scenarios and implementation strategies of computer-aided detection software as a screening and triage test for pulmonary TB. *PLoS One.* 2022;17(12 December). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0277393>
23. Useni S, Eneogu R, Ihesie A, Alege A, Agbaje A, Odume B, et al. Operational feasibility of the ultra-portable digital X-rays with Computer-Aided Detection (CAD) for community active case finding for TB in Nigeria: Health care workers and client's perspectives. Shin, SS, editor. *PLOS Glob Public Heal [Internet]*. 22 Oktober 2025;5(10):e0005234. <https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0005234>
24. Mahler B, Stoichiță A, Băiceanu D, Panciu TC, Dendrin D, Mihai M, et al. Artificial intelligence: a useful tool in active tuberculosis screening among vulnerable groups in Romania - advantages and limitations. *Front Public Heal.* 2025;13. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2025.1433450>
25. Cao X, Feng B, Zhang B, Wang D, Du J, He Y, et al. Performance of Computer-Aided Detection Software in Tuberculosis Case Finding in Township Health Centers in China. *Chronic Dis Transl Med.* 2025;11(2):140–7. <https://doi.org/10.1002/cdt3.70001>
26. Gelaw SM, Kik S V, Ruhwald M, Ongarello S, Egzertegegne TS, Gorbacheva O, et al. Diagnostic accuracy of three computer-aided detection systems for detecting pulmonary tuberculosis on chest radiography when used for screening: Analysis of an international, multicenter migrants screening study. *PLOS Glob Public Heal.* 2023;3(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0000402>
27. Suharman D, Hermawati FA. Sistem Diagnosa Penyakit TBC Berdasarkan Gambar X-Ray Dengan Dense Convolutional Network (DenseNet). *Pros Senakama.* 2022;1(September):667–74.
28. Junaedi I. Analisa Performa Algoritma C4.5 dalam Mendeteksi Tuberculosis pada Fitur GLCM Citra Chest X-Ray. *J Sains dan Inform [Internet]*. 10 Agustus 2023;46–55. <https://doi.org/10.34128/jsi.v9i1.590>