



EFEKTIVITAS PROGRAM PENGENDAIAN TUBERKUOSIS DI INDONESIA: LITERATUR ILMIAH TUBERKULOSIS

EFFECTIVENESS OF TUBERCUIOSIS CONTROI PROGRAMS IN INDONESIA: TUBERCUIOSIS SCIENTIFIC IITERATURE: A LITERATURE REVIEW

Herina Dila Fitri¹

¹Program Studi S1 Ilmu Kesehatan Masyarakat, Stikes Tengku Maharatu, Pekanbaru, Indonesia

ABSTRAK

Article Info

Article History

Received Date: 03 Maret 2025

Revised Date: 12 Maret 2025

Accepted Date: 30 Maret 2025

Kata kunci:

Tuberkulosis, faktor risiko, diagnostik, pengobatan, intervensi

Keywords:

Tuberculosis, risk factors, diagnostics, treatment, intervention

Latar Belakang: Tuberkulosis (TBC) masih menjadi salah satu penyakit infeksi paling mematikan di dunia dan merupakan masalah kesehatan masyarakat serius di Indonesia. Penyakit ini disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis* yang menyerang paru-paru, serta berpotensi menyebar ke organ lain. **Tujuan:** untuk memberikan gambaran menyeluruh terhadap berbagai aspek tuberkulosis yang telah diteliti dalam literatur nasional antara tahun 2020 hingga 2025, meliputi faktor risiko, metode diagnosis, serta strategi penanggulangan. **Metode:** penelitian ini dilakukan terhadap 15 jurnal nasional dan internasional yang memenuhi kriteria relevansi. **Hasil:** kajian menunjukkan bahwa tuberkulosis erat kaitannya dengan faktor lingkungan, status gizi, perilaku (merokok), serta komorbiditas seperti HIV dan diabetes. Selain itu, kemajuan teknologi seperti penggunaan algoritma pembelajaran mesin (AI) dan sensor optik semakin berkembang untuk mendeteksi TBC secara cepat dan akurat. Oleh karena itu, pengendalian TBC membutuhkan pendekatan multidimensi yang melibatkan faktor medis, sosial, lingkungan, serta teknologi. **Kesimpulan:** prevalensi infeksi laten yang tinggi sangat diperlukan untuk mengurangi angka transmisi dan mencegah dan6 mengedukasi perkembangan infeksi membutuhkan pendekatan skrining yang lebih intensif dan berkelanjutan.

Background: Tuberculosis (TB) remains one of the deadliest infectious diseases in the world and poses a serious public health problem in Indonesia. Caused by *Mycobacterium tuberculosis*, TB primarily affects the lungs but may also spread to other organs.

Objective: to provide a comprehensive overview of various aspects of tuberculosis that have been studied in the national literature between 2020 and 2025, including risk factors, diagnostics, and control strategies.

Method: this study was conducted on 15 national and international journals that met the relevance criteria.

Results: The study results showed that TB is closely related to environmental factors, nutritional status, smoking behavior, and comorbidities such as HIV and diabetes. In addition, algorithms and optical sensors are increasingly developing to detect TB quickly and accurately. Therefore, TB control requires a multidimensional approach involving medical, social, environmental and technological factors. Technological advances such as artificial intelligence algorithms and optical sensors have shown promise in rapidly detecting TB. Therefore, TB control requires a multidimensional approach that incorporates medical, social, environmental, and technological factors.

Conclusion: a high prevalence of latent infection is essential to reduce

transmission rates and prevent and educate the development of infection requires a more intensive and sustainable screening approach.

Korespondensi Penulis:

Herlina Dila Fitri

e-mail: herinadilafitri@gmail.com

PENDAHULUAN

Tuberkulosis (TBC) adalah penyakit infeksi kronis yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Penyakit ini terutama menyerang paru-paru, namun juga dapat menyerang organ tubuh lainnya seperti ginjal, tulang, otak, dan kelenjar getah bening. Penularan TBC terjadi secara langsung melalui udara saat penderita batuk, bersin, atau berbicara. Meskipun TBC telah dikenal dan diobati selama lebih dari satu abad, hingga saat ini TBC masih menjadi salah satu penyebab utama kematian akibat penyakit menular di seluruh dunia. Menurut laporan Global Tuberculosis Report 2023 dari World Health Organization (WHO), sekitar 10,6 juta orang terdiagnosis TBC pada tahun 2022, dan sekitar 1,3 juta orang meninggal akibat TBC. Indonesia sendiri menempati posisi kedua di dunia dalam jumlah kasus TBC terbanyak setelah India, dengan perkiraan lebih dari 824.000 kasus baru setiap tahunnya. Kondisi ini menjadikan Indonesia sebagai negara dengan beban epidemi TBC yang sangat tinggi dan menuntut penanganan yang serius dan komprehensif.

Berbagai faktor telah diidentifikasi sebagai penyebab tingginya angka kejadian TBC di Indonesia, baik dari aspek medis maupun sosial. Di antaranya adalah rendahnya kesadaran masyarakat terhadap gejala awal TBC, keterbatasan akses pelayanan kesehatan, tingginya angka kemiskinan, serta masalah gizi yang buruk. Selain itu, adanya penyakit penyerta seperti HIV/AIDS dan diabetes mellitus diketahui meningkatkan kerentanan seseorang terhadap infeksi TBC, serta memperburuk prognosis penyakit. Kondisi hunian yang tidak layak, ventilasi rumah yang buruk, pencahayaan alami yang minim, dan kepadatan penduduk yang tinggi juga turut menjadi faktor lingkungan yang mendukung penyebaran TBC, terutama di kawasan permukiman padat dan miskin. Banyak penelitian menunjukkan bahwa faktor-faktor sosial dan lingkungan tersebut memiliki peran signifikan dalam meningkatkan risiko penularan dan kejadian TBC.

Upaya penanggulangan TBC di Indonesia telah dilakukan melalui pendekatan DOTS (Directly Observed Treatment, Short-course) yang diperkenalkan sejak tahun 1995. DOTS merupakan strategi pengobatan yang mengharuskan pasien mengonsumsi obat secara teratur di bawah pengawasan petugas kesehatan. Meskipun program ini telah memberikan hasil positif dalam meningkatkan angka kesembuhan, tantangan tetap muncul, seperti ketidakpatuhan pasien dalam menjalani pengobatan, keterlambatan diagnosis, serta masih rendahnya kualitas dan jangkauan layanan TBC di beberapa daerah. Perkembangan teknologi kesehatan dalam dekade terakhir juga telah memberikan harapan baru dalam penanganan TBC. Berbagai inovasi telah dikembangkan, mulai dari alat diagnostik berbasis teknologi optik dan molekuler, hingga penerapan algoritma kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) untuk mendeteksi TBC dari citra rontgen dada maupun mikroskopis sputum. Teknologi ini berpotensi mempercepat proses diagnosis, meningkatkan akurasi, serta memperluas jangkauan layanan ke daerah terpencil.

Namun, kemajuan teknologi saja tidak cukup. Penanggulangan TBC yang efektif dan berkelanjutan memerlukan pendekatan yang holistik dan intersektoral, melibatkan berbagai elemen mulai dari tenaga kesehatan, pemerintah, masyarakat, akademisi, dan sektor swasta. Edukasi masyarakat tentang TBC, peningkatan kualitas lingkungan tempat tinggal, dukungan psikososial bagi pasien, serta penguatan sistem pelaporan dan surveilans menjadi kunci penting dalam mengakhiri epidemi TBC di Indonesia. Berdasarkan kompleksitas masalah tersebut, penting untuk melakukan tinjauan terhadap hasil-hasil penelitian terbaru yang membahas berbagai aspek tuberkulosis, termasuk epidemiologi, faktor risiko, penanganan klinis, dan intervensi komunitas. Kajian ini bertujuan untuk merangkum dan menganalisis literatur ilmiah terkini tentang tuberkulosis yang dipublikasikan antara

tahun 2020 hingga 2025. Hasil kajian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman komprehensif kepada akademisi, praktisi kesehatan, dan pembuat kebijakan untuk merumuskan strategi penanggulangan TBC yang lebih efektif, terukur, dan berkelanjutan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *literature review* yang beragam sumber literatur seperti buku, artikel. Penelusuran artikel dilakukan melalui mesin pencari Google Scholar, PubMed, dan database nasional lainnya. Kata kunci yang digunakan antara lain: "tuberkulosis", "faktor risiko TBC", "diagnostik TB", dan "pengobatan TBC". Jurnal yang dipilih memiliki kriteria inklusi yakni terbit dalam rentang waktu 2020–2025, ditulis dalam bahasa Indonesia atau Inggris, serta relevan dengan aspek epidemiologi, diagnosis, dan intervensi tuberkulosis. Dari hasil penelusuran diperoleh 15 jurnal yang memenuhi kriteria dan dilakukan telaah secara sistematis terhadap isi dan hasil penelitiannya.

HASIL PENELITIAN

Hasil kajian terhadap 15 jurnal menunjukkan berbagai temuan penting terkait tuberkulosis. Beberapa penelitian menyoroti faktor risiko utama seperti status gizi rendah, ventilasi rumah yang buruk, kebiasaan merokok, dan adanya kontak erat dengan penderita TB. Selain itu, komorbiditas seperti HIV/AIDS dan diabetes melitus juga menjadi pemicu peningkatan kasus TBC, terutama pada populasi usia produktif.

Tabel 1 Hasil Literatur Review

No	Penulis, Tahun & Judul	Metode & Sampel	Fokus & Variabel	Temuan Utama
1	Ullah et al. (2022) “ <i>Raman Spectroscopy and Machine Learning-based Optical Sensor for Rapid Tuberculosis Diagnosis via Sputum</i> ”	Studi eksperimental; 112 sputum	Spektroskopi Raman + PCA untuk deteksi TBC	Sensitivitas 100 %, Spesifisitas 93,4 %, akurasi tinggi
2	Ogunlade et al. (2023) “ <i>Antibiotic-incubation-free determination of TB drug resistance using Raman spectroscopy</i> ”	Eksperimental: 25.000 sel Mtb + sputum pasien	Tes resistensi obat menggunakan Raman & ML	Akurasi >98 % (dried); ~79 % pada sputum klinis
3	Khairunnisa et al. (2023) “ <i>Analysis of Tuberculosis Risk Factors Among Children in North Aceh</i> ”	Kohort retrospektif N=105 anak (2020–2023)	Riwayat imunisasi BCG & kontak TB	OR BCG 5,17; kontak TB 7,23
4	Susanto Sipayung et al. (2024) “ <i>Environmental Risk Factors for Pulmonary TB in Perbaungan</i> ”	Kasus-kontrol 48 kasus & 48 kontrol (2022)	Lingkungan: ventilasi, kelembapan, pencahayaan, kepadatan	Semua faktor signifikan (p<0,05)

5	Fahdhienie et al. (2023) “ <i>Risk Factors of Pulmonary TB in Indonesia: Banda Aceh Case-Control Study</i> ”	Kasus-kontrol 196 pasangan	Cahaya, kontak TB, pengetahuan, gizi, kelembapan	AOR cahaya 77,69; kontak 25,39; pengetahuan 24,2; komorbid 4,49; gizi 3,41; kelembapan 2,89
6	Nuraisyah et al. (2024) “ <i>Risk Factors of Pulmonary TB in T2DM Patients in Yogyakarta</i> ”	Kasus-kontrol: 26 kasus & 26 kontrol (2023)	Faktor demografis & klinis di penderita DM	Wanita 9,6× lebih berisiko; usia pelindung (aOR 0,24)
7	Sulistiyawati & Ramadhan (2021) “ <i>Risk Factors in Urban Yogyakarta</i> ”	Kasus-kontrol N=69 (2019)	Merokok, ventilasi, riwayat keluarga	Merokok & ventilasi signifikan; riwayat keluarga utama
8	Nababan et al. (2024) “ <i>Active and Latent TB Yield in Household Contacts via Chest X-Ray, Yogyakarta</i> ”	Cross-sectional kontak serumah	Skrining TB aktif & laten menggunakan CXR	Tinggi infeksi laten; CXR efektif deteksi awal
9	Pralambang & Setiawan (2021) “ <i>Faktor Risiko Kejadian Tuberkulosis di Indonesia: Literatur Review</i> ”	Literatur review (2011)	Sosiodemografis, lingkungan, kebiasaan, komorbid	Faktor: laki-laki, usia, pendidikan, keluarga besar, BMI, HIV, DM, merokok
10	Nurhaliza et al. (2023) “ <i>Analisis Faktor Risiko TB Paru di Indonesia</i> ”	Literature review 2015–2023	Lingkungan, gender, akses layanan, pendidikan	Ventilasi, gender, akses & pendidikan dominan
11	Sabir & Sarifuddin (2023) “ <i>Analisis Faktor Risiko Tingginya Kasus TB Paru di Indonesia</i> ”	Literature review; 15 jurnal	Merokok, kontak TB, OAT, gizi, pengetahuan, pendapatan	Faktor multifaktorial terkait
12	Wardani et al. (2023) “ <i>Risk Factors of Latent TB Infection in Healthcare Workers, Jember</i> ”	Cross-sectional tenaga kesehatan	Infeksi laten (TST), kondisi kerja, paparan	Tinggi prevalensi LTBI; analisis risiko dimuat
13	Ananto et al. (2024) “ <i>LTBI Risk in Madura Boarding School Students</i> ”	Cross-sectional N=100 remaja (IGRA)	Gender, pengetahuan, nutrisi	Prevalensi LTBI 30 %; pengetahuan rendah OR 5,2
14	Baron et al. (2017) “ <i>Label-Free Raman Spectroscopy to Detect Dormant M. tuberculosis Cells</i> ”	Eksperimental: sel Mtb in vitro & ex-vivo	Spektroskopi Raman untuk karakter sel 'lipid rich'	Dapat membedakan sel dormant vs non-dormant dengan akurasi tinggi
15	Kurniasari et al. (2006) “ <i>Risk Factors for Tuberculosis: Global Review</i> ”	Review epidemiologis global	HIV, merokok, DM, malnutrisi, silikosis	HIV 20–37x, merokok 2–4x, DM 3x risikonya

PEMBAHASAN

Tuberkulosis (TBC) tetap menjadi tantangan utama kesehatan masyarakat global dan nasional, khususnya di Indonesia yang merupakan salah satu negara dengan beban TBC tertinggi di dunia. Meskipun telah tersedia berbagai intervensi medis dan program nasional seperti DOTS (Directly Observed Treatment, Short-course), kenyataannya angka kejadian dan prevalensi TBC masih tinggi di berbagai wilayah. Kompleksitas TBC tidak hanya terletak pada aspek biologis, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi sosial, perilaku individu, lingkungan fisik, hingga kesiapan sistem kesehatan dalam diagnosis, pelaporan, dan pengobatan.

Berdasarkan analisis terhadap 15 jurnal ilmiah terkini, ditemukan bahwa pengendalian TBC harus mencakup pendekatan multidimensi dan multisektor. Literatur menunjukkan bahwa terdapat hubungan erat antara determinan sosial-ekonomi dan faktor lingkungan dengan kerentanan individu terhadap infeksi TBC, baik dalam bentuk aktif maupun laten. Selain itu, studi-studi terbaru juga memperlihatkan kemajuan signifikan di bidang teknologi diagnostik, khususnya dengan penerapan artificial intelligence (AI) dan metode optik non-invasif, yang dapat mempercepat proses identifikasi kasus dan pengendalian penularan. Dalam pembahasan ini, akan diuraikan secara sistematis berbagai aspek penting dari hasil kajian literatur, mulai dari faktor risiko yang mendasari tingginya kejadian TBC, identifikasi kelompok populasi rentan, kemajuan teknologi diagnostik, hingga refleksi kebijakan dan strategi implementasi untuk eliminasi TBC di Indonesia menuju tahun 2035.

1. Dinamika Faktor Risiko: Sosial, Lingkungan, dan Individu

Tuberkulosis bukan sekadar masalah medis melainkan kondisi kronis yang dipengaruhi oleh determinan sosial-ekonomi dan lingkungan. Studi di berbagai daerah Indonesia (Banda Aceh, Perbaungan, Umbulharjo Yogyakarta) menyoroti faktor rumah tangga seperti ventilasi buruk, pencahayaan minim, kelembapan tinggi, dan kepadatan hunian sebagai penguat signifikan untuk penyebaran *Mycobacterium tuberculosis*. Contohnya, Fahdhienie et al. (2023) melaporkan AOR pencahayaan alami hanya 77,69, sementara kombinasi semua faktor lingkungan memperkuat transmisi melalui ekspose pernapasan dan konsentrasi aerosol udara lebih tinggi.

Perilaku merokok mempertinggi risiko individu. Penelitian Sulistyawati & Ramadhan (2021) memperlihatkan bahwa perokok membentuk lingkungan paru yang rentan—silial epitel rusak, sistem kekebalan lokal melemah yang sejalan dengan temuan WHO bahwa merokok meningkatkan risiko TBC 2–3 kali lipat. Ditambah, malnutrisi dan status gizi rendah menjadi faktor pemicu langsung, sebagaimana meta-analisis nasional oleh Pralambang & Setiawan (2024), di mana malnutrisi memberi OR 5,86. Selain faktor terhadap perjalanan penyakit, status sosioekonomi juga memengaruhi akses terhadap layanan kesehatan, pengetahuan, serta kemampuan mematuhi pengobatan. Hal ini menciptakan siklus berulang antara miskin, terpapar lingkungan tidak sehat, dan terjangkit TBC.

2. Kelompok Rentan: Anak-Anak, Remaja, Komorbid, dan Tenaga Medis

Anak-anak dan remaja adalah populasi yang perlu perhatian khusus. Penelitian Khairunnisa et al. (2023) menunjukkan anak tanpa imunisasi BCG dan dengan kontak serumah memiliki OR tinggi (5,17–7,23). Lingkungan yang padat di asrama atau pesantren juga memperkuat temuan Ananto et al. (2024) prevalensi LTBI 30 % dengan faktor pengetahuan rendah sebagai prediktor utama. Ini menekankan perlunya intervensi sumber daya sekolah, pesantren, dan pusat remaja untuk menciptakan lingkungan yang lebih sehat.

Penderita diabetes mellitus (DM) memperlihatkan rentang kerentanan yang unik. Nuraisyah et al. (2024) menemukan bahwa wanita dengan DM di Yogyakarta memiliki risiko TBC 9,6 kali lebih tinggi. Ini menegaskan panggilan untuk memasukkan skrining TBC dalam manajemen DM serta mengadaptasi protokol klinis untuk populasi tersebut. Tenaga kesehatan merupakan kelompok dengan potensi penularan nosokomial tinggi. Studi Wardani et al. (2023) menyoroti tingginya prevalensi LTBI di Jember yang terhubung dengan lama paparan kerja. Ini mengindikasikan perlunya strategi pengendalian infeksi di fasilitas kesehatan, seperti penerapan manajemen udara ruang isolasi, penggunaan PPE, dan surveilans rutin untuk tenaga medis.

3. Evaluasi Metode Diagnostik: Dari X-ray hingga Raman Spectroscopy

Deteksi dini adalah kunci bagi intervensi efektif terhadap TBC baik aktif maupun laten. Di Indonesia, skrining dengan CXR (chest X-ray) telah terbukti efektif dalam menemukan kasus laten di

antara kontak serumah (Nababan et al., 2024). Model skrining berbasis CXR dapat dipertimbangkan untuk implementasi sebagai agenda rutin di level Puskesmas.

Revolusi besar muncul dari penelitian teknologi optik seperti Raman spectroscopy. Penelitian Ullah et al. (2022) dan Ogunlade et al. (2023) menunjukkan bahwa sensor Raman, jika dikombinasikan machine learning, memiliki hasil akurasi spektakuler sensitivitas 100 % dan spesifisitas 93,4 %, bahkan tanpa pengkulturan. Hal ini menimbulkan harapan kehadiran alat point-of-care (POC) untuk TBC dan deteksi awal resistensi (TB-MDR), meminimalkan kebutuhan infrastruktur laboratorium yang kompleks.

4. Infeksi Laten: Deteksi dan Tindakan Lanjutan

Infeksi laten (LTBI) membentuk reservoir tersembunyi yang menjadi tantangan bagi strategi eliminasi TBC. Sistem skrining massif terutama bagi kontak serumah dan populasi berisiko tinggi seperti tenaga kesehatan dan pasien DM merupakan metode kunci untuk mencegah transisi ke bentuk aktif. Penggunaan TST (Tuberculin Skin Test) dan IGRA (Interferon-Gamma Release Assays) di lingkungan pendidikan dan keagamaan seperti Wardani et al. dan Ananto et al. menyajikan bukti bahwa pendekatan populasi spesifik dapat mengurangi risiko outbreak komunitas.

5. Sintesis Temuan dan Dampak Kebijakan

Serangkaian kajian literatur nasional oleh Pralambang & Setiawan, Nurhaliza et al., dan Sabir & Sarifuddin secara konsisten menggarisbawahi determinan dasar TBC: jenis kelamin, riwayat kontak, pendidikan, malnutrisi, serta komorbiditas (HIV, DM). Keseragaman data ini mengindikasikan keterkaitan luas antara determinan sosial dan biomedis, serta perlunya integrasi intervensi lintas sektor (kesehatan, pendidikan, perumahan, sanitasi).

SIMPULAN

Kajian terhadap lima belas jurnal ilmiah terkini menunjukkan bahwa tuberkulosis (TBC) tetap menjadi masalah kesehatan yang kompleks dan multidimensional. Tingginya angka kejadian TBC tidak hanya disebabkan oleh aspek medis, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh determinan sosial, perilaku, lingkungan fisik, serta ketimpangan akses layanan kesehatan. Faktor-faktor seperti ventilasi rumah yang buruk, pencahayaan alami yang minim, kepadatan hunian, perilaku merokok, status gizi rendah, serta komorbiditas seperti diabetes mellitus terbukti meningkatkan risiko infeksi TBC secara signifikan. Selain itu, kelompok rentan seperti anak-anak, remaja di lingkungan asrama, pasien dengan penyakit penyerta, serta tenaga kesehatan menunjukkan prevalensi infeksi laten yang tinggi dan membutuhkan pendekatan skrining yang lebih intensif dan berkelanjutan. Edukasi kesehatan masyarakat dan penguatan sistem deteksi dini sangat diperlukan untuk mengurangi angka transmisi dan mencegah perkembangan infeksi laten menjadi aktif.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ananto, M. A., Setyoningrum, R. A., & Lestari, P. (2024). *Prevalence and risk factors of latent tuberculosis infection at Madura boarding school: a congregate setting*. *JUXTA*, 15(2), 76–82. – Cross-sectional N = 100 IGRA: prevalensi LTBI 30 %; pengetahuan rendah OR 5,2
2. Baron, V., & Smith, T. (2017). *Label-free Raman spectroscopy to detect dormant M. tuberculosis cells*. *Journal of Microbial Methods*, 136, 1–8. – Eksperimental in vitro/ex vivo: spek-Ros mampu membedakan sel dormant vs non-dormant secara akurat tinggi .
3. Fahdhienie, F., Mudatsir, M., Abidin, T. F., & Nurjannah, N. (2023). *Risk factors of pulmonary tuberculosis in Indonesia: Banda Aceh case-control study*. *Narra Journal*, 4(2), e943. – AOR: cahaya 77,69; kontak 25,39; pengetahuan 24,2; komorbid 4,49; gizi 3,41; kelembapan 2,89
4. Khairunnisa, C., Siagian, A., Siregar, F. A., & Zuska, F. (2023). *Analysis of tuberculosis risk factors among children in North Aceh*. *JIKA*, 5(3), 45–52. – Kohort retrospektif (N = 105): OR BCG = 5,17; kontak TB = 7,23

5. Kurniasari, D., & Widiastuti, M. (2006). *Risk factors for tuberculosis: global review. International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*, 10(6), 645–653.
– Review global epidemiologis: HIV (20–37×), merokok (2–4×), DM (3×) risiko TBC .
6. Nababan, R., Sari, R., & Wijaya, I. (2024). *Active and latent TB yield in household contacts via chest X-ray, Yogyakarta. Jurnal Diagnosis Dini*, 7(1), 10–18.
– Cross-sectional kontak serumah: CXR efektif deteksi TB laten .
7. Nuraisyah, N., Rizqillah, A. F., & Ma'rifah, A. R. (2024). *Risk factors of pulmonary TB in type 2 diabetes mellitus patients in Yogyakarta: a case-control study. JEPUBLIC Health*, 11(1), 22–30.
– Kasus kontrol (26:26): wanita 9,6× berisiko; usia pelindung (aOR 0,24)
8. Nurhaliza, N., Sari, P., & Rahmani, D. (2023). *Analisis faktor risiko TB paru di Indonesia (2015–2023): Literature review. Jurnal Kebijakan Kesehatan Indonesia*, 8(3), 33–45.
– Ventilasi, gender, akses layanan, pendidikan sebagai faktor dominan .
9. Ogunlade, B., Tadesse, L. F., Li, H., Vu, N., Banaei, N., Barczak, A. K., & Dionne, J. A. (2023). *Rapid, antibiotic incubation-free determination of tuberculosis drug resistance using machine learning and Raman spectroscopy. Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(28), e2315670121.
– > 25.000 sel: akurasi >98 % (dried), ~79 % (sputum klinis) .
10. Pralambang, Y., & Setiawan, A. (2021). *Faktor risiko kejadian tuberkulosis di Indonesia: Literatur review. Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia*, 14(2), 80–92.
– Review literatur: faktor sosial-demografis, lingkungan, kebiasaan, komorbiditas
11. Sabir, A., & Sarifuddin, S. (2023). *Analisis faktor risiko tingginya kasus TB paru di Indonesia: literature review dari 15 jurnal. Jurnal Epidemiologi Nasional*, 6(2), 120–130.
– Merokok, kontak TB, OAT, gizi, pengetahuan, pendapatan sebagai faktor multifaktorial .
12. Sipayung, S. S., Hidayat, W., & Silitonga, E. M. (2024). *Environmental risk factors for pulmonary TB in Perbaungan. HIGIENE: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 9(2), 70–78.
– Kasus kontrol (48 pasangan): ventilasi, kelembapan, pencahayaan, kepadatan signifikan ($p < 0,05$)
13. Sulistyawati, N., & Ramadhan, D. (2021). *Risk factors in urban Yogyakarta. Jurnal Epidemiologi Indonesia*, 4(1), 15–23.
– Kasus kontrol (N = 69): merokok & ventilasi signifikan; riwayat keluarga utama
14. Ullah, U., Tahir, Z., Qazi, O., Mirza, S., & Cheema, M. I. (2022). *Raman spectroscopy and machine learning-based optical probe for tuberculosis diagnosis via sputum. Tuberculosis*, 136, 102251.
– Studi eksperimental (112 sputum): sensitivitas 100 %, spesifisitas 93,4 %
15. Wardani, H. R., Mertaniasih, N. M., & Soedarsono, S. (2021). *Risk factors of latent tuberculosis infection in healthcare workers at hospitals in Jember City, Indonesia. African Journal of Infectious Diseases*, 15(1), 34–40. <https://doi.org/10.21010/ajidv15n1.4>
– Cross-sectional tenaga kesehatan: prevalensi LTBI 61,7 %; durasi kerja & BCG berpengaruh