



PERTANIAN, KELAUTAN, DAN BIOSAINS TROPIKA

Vol. 8 No. 2 Tahun 2026

**Urgensi Data Genomik dan Kapasitas Riset
dalam Strategi Pengendalian Tuberkulosis
di Indonesia**

Penulis

Anindita Adzani¹

¹ Program Studi Kebijakan dan Manajemen Pelayanan Kesehatan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

Urgensi Data Genomik dan Kapasitas Riset dalam Strategi Pengendalian Tuberkulosis di Indonesia

Isu Kunci

Policy Brief ini memuat poin-poin penting sebagai berikut:

- 1) Peningkatan kasus tuberkulosis (TB) pada 2020-2023 berkontribusi pada kenaikan angka resistensi TB terhadap antibiotik.
- 2) Tidak hanya data genomik, penguatan kapasitas penelitian lokal pun perlu berkontribusi terhadap kemajuan upaya eliminasi TB di Indonesia.
- 3) Data genomik yang dikumpulkan perlu diterjemahkan menjadi program atau kebijakan yang sesuai dengan kondisi sosial ekonomi masyarakat yang spesifik.

Diterima: 06 Apr 2026

Direvisi: 03 Jun 2026

Disetujui: 20 Jun 2026

Publikasi: 30 Jun 2026

Ringkasan

Setelah peningkatan kasus TB antara 2020 hingga 2023, Indonesia menjadi salah satu negara dengan TB resisten terbanyak di dunia. Data genomik dapat digunakan sebagai alat pemantau laju resistensi bakteri TB serta dampaknya terhadap efektivitas obat antibiotik di fasilitas kesehatan. Agar dapat mengumpulkan serta menganalisis data genomik secara optimal, kapasitas penelitian kesehatan nasional perlu diperkuat. Tidak hanya melalui pendanaan atau sumber daya manusia, penguatan kapasitas juga dilakukan melalui pengadaan alat, bahan, dan platform publikasi hasil penelitian. Tindak lanjut pengumpulan data adalah penerjemahan data menjadi program dan kebijakan yang spesifik bagi kelompok masyarakat yang disasar baik menurut strata sosial maupun ekonomi.

Kata kunci: data, genomik, tuberkulosis

Sitasi:

Adzani, A. 2026. Urgensi Data Genomik dan Kapasitas Riset dalam Strategi Pengendalian Tuberkulosis di Indonesia. *Policy Brief Pertanian Kelautan dan Biosains Tropika*. 8 (2): page-page.



© 2026 The Author(s).
Published by IPB
University.

Pendahuluan

Tuberkulosis (TB), yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis*, adalah masalah kesehatan global utama yang menahun. Meskipun menurun perlahan dari 325 kasus pada 2015 menjadi 301 kasus pada 2020, kejadian TB di Indonesia meningkat lebih tinggi menjadi 354 kasus pada 2021 (BPS, 2024). WHO (2024) pun memasukkan Indonesia ke daftar negara dengan beban tertinggi TB, TB dengan HIV, serta MDR TB selama 2021 – 2025.

Penurunan jumlah kasus di tahun berikutnya tidak berarti bahwa Indonesia kembali berhasil mengendalikan TB. Pengembangan resistensi bakteri TB terhadap obat antibiotik mengancam kesuksesan pengendalian TB di masa depan. Pada 2023, ada lima negara yang menyumbang 50% jumlah pasien TB dunia, yaitu India (16%), Indonesia (11%), Pakistan (7,8%), China dan Myanmar (masing-masing 6,5%) (WHO, 2024). Diperlukan penguatan bidang klinis dan non-klinis untuk merancang intervensi TB yang lebih tepat sasaran dan efektif.

Akademisi, industri farmasi, dan organisasi nonprofit berperan serta di dalam pengembangan obat TB (Dartois & Rubin, 2022). Tidak hanya inovasi pada metode pengobatan TB, inovasi juga diperlukan untuk mengatasi tantangan utama berupa produksi vaksin yang berkelanjutan, tata laksana pasien dengan TB laten, dan pemerataan akses terhadap terapi termutakhir (Nasiri & Venketaraman, 2025).

Selain dukungan sosial bagi populasi rentan, strategi pengendalian TB juga bergantung pada kapasitas peneliti kesehatan. Keterhubungan antara faktor sosial dan kapasitas penelitian menjadi kunci dalam memastikan bahwa intervensi berlangsung efektif (Silva *et al.*, 2025). Strategi pengendalian TB perlu ikut disusun oleh peneliti kesehatan yang mampu meneliti keberagaman gen bakteri TB yang beredar (Nasiri & Venketaraman, 2025).

Akses data tentang perilaku bakteri TB dan bagaimana kekebalan tubuh merespons diperoleh melalui penelitian genetika yang bertujuan memahami bagaimana bakteri beradaptasi di dalam tubuh manusia (Sweeney *et al.*, 2025). Di sisi lain, pembuat kebijakan membutuhkan bukti sistemik untuk menyusun alternatif kebijakan agar dapat menyelesaikan isu yang kompleks (Pellini *et al.*, 2018).

Ketersediaan data genomik bakteri TB dan kapasitas penelitian kesehatan di Asia Tenggara

belum lengkap. WHO (2025) mencatat perbedaan jumlah peneliti antarnegara menurut golongan pendapatan domestik bruto, sementara data dari Nextstrain (2026) menunjukkan ketimpangan pelaporan strain TB. Perbandingan data yang disajikan mencakup jumlah peneliti dan strain TB, tetapi tidak menunjukkan tingkat keparahan penyakit atau kapasitas penelitian secara penuh.

Jumlah strain TB dan rasio peneliti per satu juta penduduk yang tercatat di kedua database belum lengkap. Pelaporan *strain* di Asia Tenggara terbanyak berasal dari Thailand, Malaysia, dan Kamboja. Indonesia termasuk salah satu negara dengan beban TB tertinggi, tetapi tidak banyak melaporkan variasi strain di dalam Nextstrain. Diperlukan penguatan kapasitas penelitian dan pelaporan data genomik melalui pendataan strain TB di kawasan Asia Tenggara termasuk Indonesia.

Brief ini meninjau pentingnya kelengkapan data genomik TB dan kapasitas penelitian di Indonesia untuk menyoroti kesenjangan yang ada. Strategi pengendalian TB saat ini belum memanfaatkan data genomik sehingga pembuat kebijakan tidak memiliki mekanisme yang memadai untuk memantau perkembangan resistensi. Implikasinya, strategi intervensi nasional perlu mengintegrasikan data genomik ke dalam pedoman terapi dan sistem pengawasan TB.

Data Genomik Mengefisiensi Biaya Program TB Nasional

Infeksi TB menyebar secara global dan variasi genetiknya luas (Varghese *et al.*, 2013). Pemetaan kekerabatan *Mycobacterium tuberculosis* yang luas melalui analisis genomiknya ditujukan untuk menjelaskan mekanisme terjadinya infeksi bakteri terhadap inangnya melalui kontak langsung maupun tidak langsung di sebuah lingkungan (Wee *et al.*, 2020). Selain mempercepat analisis situasi penyebaran TB, data genomik TB juga dapat disimpan untuk meneruskan pemetaan kekerabatan bakteri di masa depan (Black & Dudas, 2024).

Permasalahan kesehatan masyarakat, yang perlu ditanggapi dengan cepat, terhambat oleh ketersediaan data (Black & Dudas, 2024). Tidak tersedianya data genomik TB secara instan mempersulit pemantauan resistensi serta eliminasi TB melalui program intervensi yang terstruktur. Cassini *et al.*, (2019) menyebutkan bahwa penelitian efek antibiotik terhadap bakteri resisten hanya

melaporkan efek *immediate* seperti angka kematian, lama rawat inap, dan infeksi lanjutan.

Data genomik, yaitu hasil analisis DNA, penting di dalam pelacakan mutasi bakteri untuk meningkatkan ketepatan diagnosis dan persebaran obat antibiotik (Meehan *et al.*, 2019; Saktiawati & Probandari, 2025; WHO, 2024). Pemanfaatan data genomik bakteri TB belum dimanfaatkan secara maksimal di negara dengan beban TB yang tinggi. Data genomik sebetulnya bermanfaat praktis terhadap pengelolaan program kesehatan rutin jika dikonversi menjadi produk jadi seperti metode deteksi dini mutasi genetik penyebab resistensi antibiotik serta identifikasi dan pencegahan wabah (Mboowa, 2025).

Metode tradisional untuk mendiagnosis TB resisten, seperti kultur dan pemeriksaan fenotip, membutuhkan 2–8 minggu. Periode ini terlalu lama dan membuat pasien tidak mendapatkan pengobatan tepat waktu. Sebaliknya, teknologi analisis DNA modern seperti *targeted next generational sequencing* (tNGS) dan *whole genome sequencing* (WGS) memangkas waktu diagnosis menjadi 3–5 hari untuk tNGS dan 5–10 hari untuk WGS. Kedua metode ini dapat dipadukan dengan alat yang sudah digunakan di lapangan, seperti *GeneXpert*, untuk memastikan apakah pasien benar-benar resisten terhadap antibiotik tertentu. Dengan percepatan ini, pasien dapat segera terobati, biaya kesehatan lebih efisien, dan program TB nasional menjadi lebih efektif (Aslan, 2024; Yanika *et al.*, 2024).

Pemetaan gen bakteri TB menjadi alternatif yang efektif karena mampu mempercepat durasi analisis DNA di laboratorium sekaligus mengidentifikasi mutasi gen yang memengaruhi sensitivitas antibiotik secara *real-time* (Al-Jardani *et al.*, 2023). Penelitian Kambli *et al.*, (2021) menunjukkan bahwa 97,5% pemeriksaan dahak pasien TB menggunakan tNGS menghasilkan waktu pemeriksaan rata-rata hanya 3 hari, jauh lebih singkat dibandingkan metode fenotip yang memerlukan sekitar 21 hari.

Biaya deteksi dini resistensi bakteri TB melalui tNGS atau WGS dapat diefisiensikan di wilayah dengan beban TB yang tinggi atau adanya kebutuhan untuk mendiagnosis kombinasi penyakit dalam waktu yang sama. Selain itu, tNGS dan WGS dapat mengefisiensikan biaya pengobatan TB jika pengobatan TB dapat dilakukan lebih awal (WHO, 2023). Namun, Peraturan Presiden nomor 67 Tahun 2021 belum memprioritaskan data genomik bakteri TB meskipun

telah memprioritaskan data tenaga pelaksana program dan informasi TB tingkat daerah ke target kerja pengendalian TB nasional.

Pentingnya Penelitian bagi Keberlangsungan Program Kesehatan

TB tidak diutamakan dalam diskusi AMR, tetapi dampak klinisnya lebih besar daripada bakteri yang diprioritaskan oleh CDC atau WHO (Palmer *et al.*, 2021). Angka kejadian TB, seperti halnya penyakit infeksi yang lain, dipengaruhi oleh faktor di luar perilaku bakterinya seperti kekebalan tubuh dan kondisi sosial ekonomi (Dashian *et al.*, 2025).

Lemahnya sarana umum seperti sanitasi, perumahan, transportasi, dan fasilitas kesehatan serta kepadatan penduduk yang tinggi di negara berpendapatan menengah ke bawah menyebabkan TB sulit untuk diatasi (Liyew *et al.*, 2024). Program pencegahan, deteksi dini, dan pengobatan TB perlu disesuaikan dengan determinan sosial yang berlaku di masyarakat (Silva *et al.*, 2025).

Ketepatan diagnosis klinis TB serta persebaran obat dipengaruhi oleh kapasitas sumber daya penelitian penyakit infeksi. Hasil penelitian perlu dicocokkan dengan kebutuhan daerah serta keakuratan tahap skrining, diagnostik, dan terapi. Selanjutnya, pembuat kebijakan dapat memanfaatkan hasil penelitian untuk memetakan permasalahan yang ada maupun mengeliminasi faktor penghambat (Saktiawati & Probandari, 2025).

Penyusunan strategi pengendalian TB memerlukan pemodelan gen, analisis data sosial dan ekonomi dan indeks massa tubuh (Dashian *et al.*, 2025). Untuk mengumpulkan data yang diperlukan, kendala seperti alat yang mahal, keterbatasan laboratorium, kekurangan personel, rendahnya kemampuan analisis data, serta ketiadaan platform kebijakan untuk publikasi hasil penelitian sudah semestinya diatasi (Mboowa, 2025).

Rekomendasi

Upaya pencegahan penyebaran dan resistensi TB harus berjalan beriringan dengan tata laksana pasien. Sebagai langkah awal menuju eliminasi nasional, pemerintah perlu memprioritaskan pengadaan mesin sekuensing di laboratorium rujukan utama, pendanaan riset dasar, dan pelatihan teknis bagi staf riset. Dalam jangka menengah, langkah tersebut perlu diperluas melalui pengadaan

mesin sekuensing di tingkat nasional, peningkatan pendanaan riset lanjutan, dan pengadaan beasiswa dan kolaborasi internasional.

Rekomendasi penguatan transparansi dan akuntabilitas data dilakukan ketika sistem riset telah diperkuat. Data yang telah dikumpulkan dan dianalisis tidak boleh berhenti di laboratorium; tetapi mesti diterjemahkan menjadi program atau kebijakan eliminasi TB yang adaptif terhadap kondisi sosial-ekonomi spesifik masyarakat yang disasar.

Kesimpulan

Bakteri TB terus berevolusi dan bermutasi mengikuti perubahan lingkungan. Untuk mengintervensi kondisi ini, diperlukan pemantauan mutasi secara real-time untuk mencegah keparahan penyakit dan resistensi antibiotik lebih lanjut. Saat ini, Peraturan Presiden Nomor 67 Tahun 2021 belum mendukung pengumpulan maupun analisis data genomik bakteri TB secara eksplisit meskipun beban TB di Indonesia sangat tinggi. Oleh karena itu, penggabungan data genomik bakteri dengan data sosial-ekonomi sangat krusial untuk memantau perkembangan TB. Langkah ini hanya dapat dicapai jika pembuat kebijakan segera mengatasi keterbatasan sumber daya penelitian dan mewajibkan pelaporan berkala mengenai keberadaan strain TB yang terlacak di Indonesia.

Daftar Pustaka

- Al-Jardani, A., Al Yaquobi, F., Adikaram, C., Al Wahaibi, A., Al-Balushi, L., Al-Zadjali, S., Al Abri, B., Al-Thuhli, K., & Al-Abri, S. (2023). Genomic and geospatial epidemiology of Mycobacterium tuberculosis in Oman: first national insight using whole genome sequencing. *International Journal of Infectious Diseases*, 130, S4–S11. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2023.04.001>
- Aslan, G. (2024). Diagnosing Tuberculosis: Traditional and New Methods Against an Old Enemy. *Journal of Clinical Practice and Research*, 46(5), 431–443. <https://doi.org/10.14744/cpr.2024.95839>
- Black, A., & Dudas, G. (2024). *The Applied Genomic Epidemiology Handbook*. Chapman and Hall/CRC. <https://doi.org/10.1201/9781003409809>
- BPS. (2024). *Tuberculosis Incidence per 100,000 population 2021*.
- Cassini, A., Högberg, L. D., Plachouras, D., Quattrocchi, A., Hoxha, A., Simonsen, G. S., Colomb-Cotinat, M., Kretzschmar, M. E., Devleesschauwer, B., Cecchini, M., Ouakrim, D. A., Oliveira, T. C., Struelens, M. J., Suetens, C., Monnet, D. L., Strauss, R., Mertens, K., Struyf, T., Catry, B., ... Hopkins, S. (2019). Attributable deaths and disability-adjusted life-years caused by infections with antibiotic-resistant bacteria in the EU and the European Economic Area in 2015: a population-level modelling analysis. *The Lancet Infectious Diseases*, 19(1), 56–66. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(18\)30605-4](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(18)30605-4)
- Dartois, V. A., & Rubin, E. J. (2022). Anti-tuberculosis treatment strategies and drug development: challenges and priorities. *Nature Reviews Microbiology*, 20(11), 685–701. <https://doi.org/10.1038/s41579-022-00731-y>
- Dashian, M. A., Shipulin, G. A., & Deviatkin, A. A. (2025). Genetic Susceptibility to Tuberculosis and the Utility of Polygenic Scores in Population Stratification. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(19), 9544. <https://doi.org/10.3390/ijms26199544>
- Kambli, P., Ajbani, K., Kazi, M., Sadani, M., Naik, S., Shetty, A., Tornheim, J. A., Singh, H., & Rodrigues, C. (2021). Targeted next generation sequencing directly from sputum for comprehensive genetic information on drug resistant Mycobacterium tuberculosis. *Tuberculosis*, 127, 102051. <https://doi.org/10.1016/j.tube.2021.102051>
- Liyew, A. M., Clements, A. C. A., Akalu, T. Y., Gilmour, B., & Alene, K. A. (2024). Ecological-level factors associated with tuberculosis incidence and mortality: A systematic review and meta-analysis. *PLOS Global Public Health*, 4(10), e0003425. <https://doi.org/10.1371/journal.pgph.0003425>

- Mboowa, G. (2025). Reimagining Tuberculosis Control in the Era of Genomics: The Case for Global Investment in Mycobacterium tuberculosis Genomic Surveillance. *Pathogens*, 14(10), 975. <https://doi.org/10.3390/pathogens14100975>
- Meehan, C. J., Goig, G. A., Kohl, T. A., Verboven, L., Dippenaar, A., Ezewudo, M., Farhat, M. R., Guthrie, J. L., Laukens, K., Miotto, P., Ofori-Anyinam, B., Dreyer, V., Supply, P., Suresh, A., Utpatel, C., van Soolingen, D., Zhou, Y., Ashton, P. M., Brites, D., ... Van Rie, A. (2019). Whole genome sequencing of Mycobacterium tuberculosis: current standards and open issues. *Nature Reviews Microbiology*, 17(9), 533–545. <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0214-5>
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2021). Combating Antimicrobial Resistance and Protecting the Miracle of Modern Medicine. Palmer GH, Buckley GJ, editor. Washington (DC): National Academies Press.
- Nasiri, M. J., & Venketaraman, V. (2025). Advances in Host–Pathogen Interactions in Tuberculosis: Emerging Strategies for Therapeutic Intervention. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(4), 1621. <https://doi.org/10.3390/ijms26041621>
- Nextstrain. (2026). *Real-time tracking of Mycobacterium tuberculosis full genome evolution*.
- Pellini, A., Pramusinto, A., & Fatoni, I. (2018). Brokering Knowledge and Policy Analysis Within the Indonesian Public Sector. Dalam *Knowledge, Politics and Policymaking in Indonesia* (hlm. 47–64). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0167-4_4
- Saktiawati, A. M. I., & Probandari, A. (2025). Tuberculosis in Indonesia: challenges and future directions. *The Lancet Respiratory Medicine*, 13(8), 669–671. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(25\)00168-7](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(25)00168-7)
- Silva, R. D. da, Farias, E. R. G. de, Graça, J. M. B. da, Pinheiro, E. M. N., & Cavalcante, E. F. de O. (2025). Approaches and results of intersectoral actions for tuberculosis control in the world: A scoping review. *PLOS One*, 20(6), e0326784. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0326784>
- Sweeney, M. I., Carranza, C. E., & Tobin, D. M. (2025). Understanding Mycobacterium tuberculosis through its genomic diversity and evolution. *PLOS Pathogens*, 21(2), e1012956. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1012956>
- Varghese, B., Supply, P., Shoukri, M., Allix-Beguec, C., Memish, Z., Abuljadayel, N., Al-Hakeem, R., AlRabiah, F., & Al-Hajjaj, S. (2013). Tuberculosis Transmission among Immigrants and Autochthonous Populations of the Eastern Province of Saudi Arabia. *PLoS ONE*, 8(10), e77635. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077635>
- Wee, B. A., Muloi, D. M., & van Bunnik, B. A. D. (2020). Quantifying the transmission of antimicrobial resistance at the human and livestock interface with genomics. *Clinical Microbiology and Infection*, 26(12), 1612–1616. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.09.019>
- WHO. (2023). *Use of targeted next-generation sequencing to detect drug-resistant tuberculosis*. World Health Organization.
- WHO. (2024). *Global Tuberculosis Report 2024*.
- WHO. (2025). *Health researchers in full-time equivalent as a proportion of all researchers*.
- Yanika, G., Alamanda, C. N. C., & Rachman, R. W. (2024). Comparison of Molecular Testing Methods in Detecting Drug Resistance Tuberculosis. *INDONESIAN JOURNAL OF CLINICAL PATHOLOGY AND MEDICAL LABORATORY*, 31(1), 88–94. <https://doi.org/10.24293/ijcpml.v31i1.2295>



Policy Brief Pertanian, Kelautan, dan Biosains Tropika merupakan upaya mengantarmukakan sains dan kebijakan (science-policy interface) untuk mendukung pembangunan berkelanjutan yang inklusif. Media ini dikelola oleh Direktorat Kajian Strategis dan Reputasi Akademik (D-KASRA) IPB University. Substansi policy brief menjadi tanggung jawab penulis sepenuhnya dan tidak mewakili pandangan IPB University.

Author Profile



Anindita Adzani, merupakan mahasiswa pascasarjana program studi Kebijakan dan Manajemen Pelayanan Kesehatan, Universitas Gadjah Mada.

(Corresponding Author)

Email: nanapro07@outlook.com



Telepon

+62 811-1183-7330



Email

dkasra@apps.ipb.ac.id



Alamat

Gedung LSI Lt. 1
Jl. Kamper Kampus IPB Dramaga
Bogor - Indonesia 16680