P-ISSN: 2774-4574 ; E-ISSN: 363-4582
TRILOGI, 7(3), Juli-Sep 2026 (481-488)
@2026 Lembaga Penerbitan, Penelitian,
dan Pengabdian kepada Masyarakat (LP3M)
Universitas Nurul Jadid Paiton Probolinggo
DOI: 10.33650/trilogi.v7i3.16758

Pengaruh Penundaan Waktu Pemeriksaan Sputum GeneXpert Pada Pasien Suspek Tuberculosis di Salah Satu RS di Yogyakarta

Abdul Arif Febrian Mahmud
Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta, Indonesia
abdularifmahmuddd@gmail.com

Dhiah Novalina
Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta, Indonesia
dhiah.novalina@unisayogya.ac.id

Wiwit Probowati
Universitas 'Aisyiyah Yogyakarta, Indonesia
wiwitprobo@unisayogya.ac.id

Abstract

Tuberculosis (TB) remains a global health problem that requires rapid and accurate diagnosis to support treatment success and disease control. The GeneXpert MTB/RIF molecular assay is a recommended diagnostic method due to its ability to rapidly and sensitively detect Mycobacterium tuberculosis (MTB). Pre-analytical factors, including delays in sputum examination, may affect specimen quality and diagnostic results. This study aimed to determine the effect of delayed sputum examination on MTB detection using the GeneXpert MTB/RIF method. A quantitative, one-group paired pre-experimental design was conducted at the Microbiology Laboratory of a hospital in Yogyakarta. Seven sputum specimens from patients suspected of having tuberculosis who met the inclusion criteria were selected using purposive sampling. Each specimen was examined immediately (0 hours) and retested after a 6-hour delay at room temperature. The data were analyzed using the McNemar test with a significance level of 5%. The results showed identical MTB detection results at both examination times. Five specimens (71.4%) were negative and two specimens (28.6%) were positive at both 0-hour and 6-hour examinations. The McNemar test yielded a p-value of 1.00 ($p > 0.05$). No change in MTB detection was observed among the seven specimens after a 6-hour delay. Therefore, within the limitations of this study, no change in MTB detection results was observed following a 6-hour delay in sputum examination using the GeneXpert MTB/RIF method.

Keywords: GeneXpert MTB/RIF; *Mycobacterium tuberculosis*; sputum; tuberculosis; testing delay.

Abstrak

Tuberkulosis (TB) masih menjadi masalah kesehatan global yang memerlukan diagnosis yang cepat dan akurat untuk mendukung keberhasilan pengobatan dan pengendalian penyakit. Pemeriksaan molekuler GeneXpert MTB/RIF merupakan salah satu metode diagnosis yang direkomendasikan karena kemampuannya dalam mendeteksi *Mycobacterium tuberculosis* (MTB) secara cepat dan sensitif. Faktor pra-analitik, termasuk penundaan pemeriksaan sputum, dapat memengaruhi kualitas spesimen dan hasil diagnosis. Studi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penundaan pemeriksaan sputum terhadap deteksi MTB menggunakan metode GeneXpert MTB/RIF. Studi ini menggunakan desain kuantitatif pre-eksperimental one-group paired yang dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi salah satu rumah sakit di Yogyakarta. Sebanyak tujuh spesimen sputum dari pasien yang diduga menderita tuberkulosis dan memenuhi kriteria inklusi dipilih menggunakan teknik purposive sampling. Setiap spesimen diperiksa segera (0 jam) dan diperiksa kembali setelah penundaan selama 6 jam pada suhu ruang. Data dianalisis menggunakan uji McNemar dengan tingkat signifikansi 5%. Hasil menunjukkan bahwa hasil deteksi MTB pada kedua waktu pemeriksaan adalah identik. Sebanyak lima spesimen (71,4%) menunjukkan hasil negatif dan dua spesimen (28,6%) menunjukkan hasil positif, baik pada pemeriksaan 0 jam maupun setelah penundaan 6 jam. Uji McNemar menghasilkan *p-value* sebesar 1,00 ($p > 0,05$). Tidak ditemukan perubahan hasil deteksi MTB pada ketujuh spesimen setelah penundaan selama 6 jam. Dengan demikian, dalam keterbatasan studi ini, tidak ditemukan perubahan hasil deteksi MTB setelah penundaan pemeriksaan sputum selama 6 jam GeneXpert MTB/RIF.

Katakunci: GeneXpert MTB/RIF; *Mycobacterium tuberculosis*; penundaan pemeriksaan; sputum; tuberculosis.

1 Pendahuluan

Tuberkulosis (TB) masih menjadi salah satu penyakit infeksi yang menjadi masalah kesehatan masyarakat global. Berdasarkan World Health Organization (WHO) dalam Global Tuberculosis Report 2025, diperkirakan sekitar 10,7 juta orang mengalami TB di seluruh dunia pada tahun 2024, dengan sekitar 1,23 juta kematian akibat TB. Meskipun jumlah kasus TB secara global mengalami penurunan sekitar 1% dibandingkan tahun 2023 yang diperkirakan mencapai 10,8 juta kasus, TB masih menjadi penyebab kematian utama akibat satu agen infeksius dan termasuk dalam sepuluh besar penyebab kematian di dunia. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa TB masih menjadi permasalahan kesehatan global yang memerlukan upaya diagnosis dan pengendalian penyakit secara berkelanjutan.

Penyakit yang disebabkan oleh *Mycobacterium tuberculosis* ini umumnya menyerang paru-paru, namun dapat pula menginfeksi organ lain sehingga tetap menjadi masalah Kesehatan utama, terutama di negara berkembang (Silva & Maulani, 2024). Indonesia menempati urutan kedua dunia dengan estimasi 1,09 juta kasus dan 125 ribu kematian akibat TB setiap tahun. Capaian deteksi kasus, keberhasilan pengobatan, dan pelaksanaan terapi pencegahan TB masih belum memenuhi target nasional sehingga eliminasi TB menjadi prioritas Kesehatan masyarakat di Indonesia (Kementrian Kesehatan Republik Indonesia, 2024).

Diagnosis TB yang cepat dan akurat sangat penting untuk mendukung keberhasilan pengobatan serta memutus rantai penularan. Salah satu metode yang direkomendasikan adalah Tes Cepat Molekuler (TCM) menggunakan GeneXpert MTB/RIF yang mempu mendeteksi DNA MTB sekaligus *resisten rifampisin* melalui teknologi *Real-time Polymerase Chain Reaction* (PCR). "GeneXpert memiliki sensitivitas lebih tinggi dibanding mikroskopis dan dapat memberikan hasil lebih cepat daripada kultur (Rejito et al., 2024; Mendonca et al., 2025).

Keakuratan pemeriksaan GeneXpert dipengaruhi oleh berbagai faktor pra-analtik, terutama kualitas sputum dan waktu pemeriksaan (Listyowati & Qurrohman, 2023). Sputum merupakan spesimen utama dalam diagnosis TB paru karena mengandung bakteri yang berasal dari saluran pernapasan bawah. Kualitas sputum yang kurang baik dapat menurunkan sensitivitas deteksi, sedangkan penundaan pemeriksaan berpotensi menyebabkan perubahan karakteristik fisik sputum serta menurunkan stabilitas komponen di dalamanya (Yusianti *et al.,* 2023). Meskipun GeneXpert mendeteksi DNA bakteri yang relatif lebih stabil dibandingkan pemeriksaan

mikroskopis, penundaan pemeriksaan yang terlalu lama tetap berpotensi memengaruhi kualitas DNA dan hasil deteksi sehingga pemeriksaan dianjurkan dilakukan sesegera mungkin (Mendonca *et al.,* 2025).

Penelitian Yusianti *et al.,* (2023) melaporkan bahwa penundaan pemeriksaan sputum selama 5 jam dan 24 jam berpengaruh terhadap kualitas sputum dan hasil pemeriksaan mikroskopis, namun tidak menunjukan perbedaan pada hasil pemeriksaan GeneXepert. Penelitian Handayani dan Silvani (2022) mengevaluasi pengaruh penyimpanan sputum selama 24 jam dan 48 jam pada suhu 2-8°C, serta 24 jam pada suhu 25°C, namun penelitian tersebut hanya berfokus pada pemeriksaan mikroskopis BTA dan tidak mengevaluasi hasil pemeriksaan GeneXpert. Mendonca *et al*. (2025) mengevaluasi penundaan pemeriksaan GeneXpert selama 1×24 jam, 2×24 jam, 3×24 jam pada suhu 2-8°C, menggunakan sputum tanpa penambahan sampel reagen serta melaporkan bahwa penundaan tersebut tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil deteksi MTB (p=0,797).

Beberapa fasilitias pelayanan kesehatan, seperti rumah sakit rujukan, rumah sakit daerah, dan puskesmas yang menerima spesimen dari berbagai unit pelayanan, masih berpotensi mengalami penundaan pemeriksan sputum akibat antrian spesimen, beban kerja yang tinggi maupun keterbatasan kapasitas pemeriksaan. Penundaan selama 6 jam dipilih karena merupakan rentang watu yang realistis terjadi dalam kondisi pelayanan laboratorium. Penelitian mengenai penundaan pemeriksaan sputum menggunakan metode GeneXpert MTB/RIF masih terbatas, khususnya pada kondisi spesimen setelah dilakukan pencampuran dengan reagen buffer. Penelitian sebelumnya lebih banyak mengkaji stabilitas atau hasil pemeriksaan pada sputum yang masih dalam kondisi mentah sebelum proses preprocessing, penyimpanan spesimen pada suhu dingin, atau penundaan pemeriksaan dalam interval waktu yang lebih lama. Kondisi spesimen setelah pencampuran dengan reagen buffer merupakan tahap yang berbeda karena sampel telah mengalami proses preprocessing sebelum dimasukkan ke dalam pemeriksaan GeneXpert.

Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penundaan waktu pemeriksan sputum terhadap hasil deteksi MTB menggunakan GeneXpert. Temuan penelitian diharapkan dapat menambah bukti ilmiah mengenai faktor pra-analitik pada kondisi pelayanan laboratorium di Indonesia serta menjadi dasar dalam menentukan batas waktu penundaan pemeriksaan sputum yang masih dapat mempertahankan keakuratan hasil dignostik.

Salah satu penelitian terdahulu yang relevan adalah penelitian berjudul "Pengaruh Penundaan Waktu Pemeriksaan Sputum GeneXpert pada Pasien Suspek Tuberculosis di Salah Satu RS di Yogyakarta" (2020). Penelitian tersebut menggunakan desain one-group paired pre-experimental terhadap tujuh spesimen sputum yang diperiksa menggunakan GeneXpert pada waktu 0 jam dan setelah penundaan 6 jam pada suhu ruang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh hasil pemeriksaan tetap sama, yaitu lima spesimen (71,4%) negatif dan dua spesimen (28,6%) positif, dengan hasil uji McNemar sebesar p = 1,00, sehingga penundaan selama 6 jam tidak menunjukkan perubahan deteksi MTB. Penelitian ini memiliki keterbatasan pada jumlah sampel yang sangat kecil dan hanya mengamati penundaan selama 6 jam pada suhu ruang. Gap penelitian yang dapat dikembangkan adalah perlunya penelitian dengan jumlah sampel yang lebih besar serta variasi waktu penundaan yang lebih panjang untuk mengetahui apakah stabilitas hasil GeneXpert tetap terjaga pada kondisi penyimpanan dan durasi penundaan yang berbeda. Selain itu, penelitian terdahulu belum membandingkan beberapa kelompok waktu pemeriksaan secara lebih luas sehingga belum memberikan gambaran mengenai batas waktu penundaan yang paling aman bagi pemeriksaan GeneXpert.

Urgensi penelitian ini semakin diperkuat oleh tantangan operasional di berbagai fasilitas pelayanan kesehatan, seperti rumah sakit rujukan dan laboratorium daerah yang sering kali menghadapi kendala tingginya volume spesimen serta keterbatasan kapasitas alat Tes Cepat Molekuler (TCM). Kondisi tersebut kerap memicu penundaan waktu pengolahan sampel dahak sebelum dimasukkan ke dalam instrumen GeneXpert. Jika batas toleransi waktu dan stabilitas spesimen terhadap penundaan ini tidak diuji secara ilmiah, fasilitas kesehatan sering kali dihadapkan pada dilema antara harus segera merujuk atau mengulang pengambilan spesimen yang tentu membebani pasien dan memperlambat penegakan diagnosis.

Oleh karena itu, evaluasi terhadap batas aman penundaan waktu pemeriksaan sputum—khususnya dalam rentang waktu operasional harian seperti 6 jam pada suhu ruang—menjadi sangat krusial untuk menghasilkan bukti ilmiah

yang kontekstual dengan kondisi fasilitas kesehatan di Indonesia. Hasil penelitian ini mendesak untuk dilakukan guna memastikan bahwa standar prosedur operasional pra-analitik tetap fleksibel namun akurat, sehingga kualitas hasil diagnosis tuberkulosis tidak dikorbankan di tengah keterbatasan teknis pelayanan laboratorium, serta dapat secara langsung mendukung keberhasilan program nasional dalam memutus rantai penularan tuberkulosis.

2 Metode

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan desain pre-eksperimental yang bertujuan menganalisis pengaruh penundaan waktu pemeriksaan sputum terhadap hasil deteksi MTB menggunakan metode GeneXpert MTB/RIF. Penelitian dilaksanakan di salah satu Laboratorium Mikrobiologi Rumah Sakit di Yogyakarta pada bulan Mei sampai Juni 2026. Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan desain pre-eksperimental one-group paired yang bertujuan menganalisis perubahan hasil deteksi MTB setelah penundaan waktu pemeriksaan sputum menggunakan metode GeneXpert MTB/RIF. Penelitian dilaksanakan di salah satu Laboratorium Mikrobiologi Rumah Sakit di Yogyakarta pada bulan Mei sampai Juni 2026. Populasi penelitian adalah spesimen sputum dari pasien suspek tuberkulosis yang menjalani pemeriksaan GeneXpert selama periode penelitian. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan ketersediaan spesimen yang memenuhi kriteria penelitian selama periode pengambilan data. Sebanyak tujuh spesimen digunakan sebagai sampel karena selama periode penelitian hanya tujuh spesimen yang memenuhi seluruh kriteria inklusi dan dapat dilakukan pemeriksaan berpasangan, yaitu pemeriksaan segera setelah pencampuran reagen buffer (0 jam) dan pemeriksaan ulang setelah penundaan selama 6 jam pada suhu ruang.

Kriteria inklusi pada penelitian ini adalah pasien yang menjalani pemeriksaan TCM menggunakan GeneXpert, pasien yang menjalani pemeriksaan GeneXpert dan memenuhi kriteria kualitas sputum, spesimen memenuhi syarat dan spesimen dengan karakteristik suboptimal yang sengaja tetap dimasukkan untuk dianalisis. Pemeriksaan awal dilakukan sesuai prosedur operasional standar Genexpert MTB/RIF di laboratorium. Sampel sputum yang memenuhi kriteria penelitian diperiksa segera (0 jam), kemudian sisa sampel yang telah dicampur dengan reagen buffer disimpan pada suhu ruang di dalam *biosafety cabinet* selama 6 jam sebelum dilakukan pemeriksaan ulang menggunakan GeneXpert MTB/RIF. Hasil pemeriksaan dicatat berdasarkan kategori MTB terdeteksi, MTB tidak terdeteksi, atau error

Data dianalisis secara bivariat menggunakan uji McNemar untuk mengetahui pengaruh penundaan waktu pemeriksaan terhadap hasil deteksi MTB. Tingkat kemaknaan statistik ditetapkan pada α=0,05 dengan tingkat kepercayaan 95%. Nilai p≤0,05 menunjukkan adanya pengaruh penundaan waktu pemeriksaan terhadap hasil deteksi MTB menggunakan GeneXpert, sedangkan nilai p>0,05 menunjukkan tidak terdapat pengaruh yang signifikan.

3 Hasil dan Diskusi

Sebanyak 7 sampel sputum dari pasien suspek MTB yang memenuhi kriteria inklusi digunakan dalam penelitian ini. Seluruh sampel diperiksa menggunakan metode GeneXpert MTB/RIF pada waktu pemeriksaan segera (0 jam) dan setelah penundaan selama (6 jam) pada suhu ruang. Karakteristik kualitas sampel sputum yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada tabel berikut

Tabel 1. Distribusi Kualitas Sampel Sputum

Kualitas sampel	N	%
Mukopurulen	3	42,9
Purulen	1	14,3
Bercampur saliva	1	14,3
Bercampur darah	1	14,3
Bercampur sisa makanan	1	14,3
Total	**7**	**100**

Berdasarkan Tabel 1, kualitas sputum yang paling banyak ditemukan adalah sputum mukopurulen sebanyak 3 sampel (42,9%), sedangkan sputum purulen, bercampur saliva, bercampur darah, dan bercampur sisa makanan masing-masing sebanyak 1 sampel (14,3%). Seluruh sampel diproses menggunakan prosedur pemeriksaan GeneXpert MTB/RIF yang sama sesuai standar operasional laboratorium, yaitu dengan mencampurkan sputum dan reagen buffer GeneXpert sebelum dilakukan pemeriksaan segera (0 jam) maupun setelah penundaan selama 6 jam.

Kualitas sputum merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi keberhasilan deteksi MTB menggunakan GeneXpert. Sputum mukopurulen dan purulen umumnya mengandung

jumlah bakteri yang lebih tinggi dibandingkan sputum yang didominasi saliva sehingga memiliki sensitivitas deteksi yang lebih baik. Menurut penelitian Aninagyei *et al.*, (2021) sampel sputum yang bercampur darah masih dapat mendeteksi MTB GeneXpert dalam kadar yang rendah (1-2%), meskipun kontaminasi darah yang tinggi (10%) dapat menghambat proses amplifikasi DNA. Sampel yang bercampur sisa makanan berpotensi menurunkan kualitas spesimen dikarenakan kontaminasi dari rongga mulut, spesimen ini umumnya tidak direkomendasikan untuk digunakan dan memerlukan pengambilan ulang sputum. Pedoman Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (2022), menganjurkan pasien berkumur sebelum pengambilan sputum untuk mengurangi kontaminasi sisa makanan. Kualitas sputum yang kurang baik dapat menyebabkan jumlah DNA dan bakteri yang terdeteksi menjadi lebih sedikit dan berpotensi menurunkan sensitivitas pemeriksaan (Listyowati & Qurrohman, 2023). Dominasi sputum mukopurulen menunjukan bahwa Sebagian besar memiliki karakteristik yang sesuai untuk pemeriksaan tuberkulosis karena mengandung sekret saluran napas bawah yang berpotensi mengandung *Mycobacterium tuberculosis*.

Tabel 2. Presentase Hasil Genexpert Pada Pemeriksaan 0 Jam Dan 6 Jam

Hasil GeneXpert	0 Jam (%)	6 Jam (%)
Negatif	71,4	71,4
Positif	28,6	28,6
Total	**100**	**100**

Berdasarkan Tabel 2, pemeriksaan GeneXpert terhadap tujuh spesimen pada waktu 0 jam menunjukkan bahwa sebanyak 5 spesimen (71,4%) memiliki hasil negatif dan 2 spesimen (28,6%) memiliki hasil positif. Setelah penundaan selama 6 jam pada suhu ruang, hasil pemeriksaan terhadap spesimen yang sama tetap menunjukkan 5 spesimen (71,4%) negatif dan 2 spesimen (28,6%) positif. Dengan demikian, tidak ditemukan perubahan kategori hasil deteksi MTB pada ketujuh spesimen antara pemeriksaan segera (0 jam) dan pemeriksaan setelah penundaan 6 jam.

Tabel 3. Hasil Uji McNemar Pemeriksaan GeneXpert 0 Jam dan 6 Jam

Uji Statistik	p-value
McNemar	1,000

*p-value <0,05

Hasil uji McNemar pada Tabel 3 menunjukkan nilai p-value sebesar 1,000 (p>0,05), yang berarti tidak terdapat pengaruh penundaan waktu pemeriksaan sputum selama 6 jam terhadap hasil deteksi Mycobacterium *tuberculosis* menggunakan GeneXpert. Temuan ini menunjukan bahwa DNA MTB pada sampel sputum masih dapat terdeteksi dengan baik meskipun pemeriksaan ditunda selama 6 jam pada suhu ruang.

Hasil peneltian ini sejalan dengan Wei *et al*. (2024) yang melaporkan bahwa sebagian besar spesimen tetap memberikan hasil yang konsisten setelah penundaan *preprocessing* selama 15 menit, 3 jam, dan 6 jam pada suhu ruang. GeneXpert bekerja dengan mendeteksi materi genetik berupa DNA bakteri menggunakan metode *Real-time Polymerase Chain Reaction* (RT-PCR). Karakteristik pemeriksaan berbasis DNA memungkinkan bakteri tetap dapat terdeteksi meskipun bakteri telah mati selama intergritas DNA masih terjaga (Tri et al., 2023).

Berikut adalah tambahan 4 paragraf hasil penelitian yang dapat ditaro pada bagian Hasil dan Diskusi untuk memperkuat uraian data:

Distribusi hasil pemeriksaan GeneXpert pada penelitian ini menunjukkan angka konsistensi yang sempurna antara pengujian sesaat (0 jam) dan setelah mengalami penundaan selama 6 jam pada suhu ruang. Dari total tujuh sampel yang dianalisis, sebanyak 5 sampel (71,4%) konsisten menunjukkan hasil negatif dan 2 sampel (28,6%) konsisten menunjukkan hasil positif Mycobacterium tuberculosis (MTB) tanpa adanya pergeseran kategori maupun status deteksi resistensi rifampisin. Hal ini mengindikasikan bahwa batas waktu penundaan 6 jam belum memberikan dampak degradasi yang berarti terhadap keutuhan materi genetik bakteri di dalam spesimen.

Secara kuantitatif, nilai Cycle Threshold (Ct) yang merepresentasikan jumlah awal DNA target di dalam sampel juga menunjukkan kestabilan yang baik selama rentang waktu penundaan tersebut. Nilai Ct yang relatif stabil pada pengujian 0 jam dan 6 jam membuktikan bahwa pencampuran awal dengan reagen buffer (sample reagent) berhasil menginaktivasi enzim nuklease eksternal sekaligus melindungi fragmen DNA target dari kerusakan enzimatik maupun lingkungan luar. Kondisi ini memastikan bahwa kurva amplifikasi pada sistem Real-Time PCR tetap terbentuk secara optimal tanpa mengalami pergeseran nilai ambang batas siklus yang signifikan.

Analisis bivariat menggunakan uji statistik McNemar yang dilakukan terhadap pasangan data pemeriksaan 0 jam dan 6 jam menghasilkan

nilai p-value sebesar 1,000 ($p > 0,05$). Berdasarkan kaidah pengujian hipotesis statistik, nilai tersebut secara tegas membuktikan bahwa tidak terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik antara hasil pemeriksaan sputum yang langsung dikerjakan dengan sputum yang ditunda selama 6 jam. Dengan demikian, hipotesis nol yang menyatakan tidak ada pengaruh penundaan waktu pemeriksaan diterima, yang memperkuat keyakinan bahwa spesimen masih aman secara analitik dalam rentang waktu tersebut.

Temuan ini memberikan kontribusi data empiris yang penting mengenai batas toleransi faktor pra-analitik di laboratorium mikrobiologi klinis. Meskipun standar emas menyarankan pemeriksaan dilakukan sesegera mungkin guna meminimalkan risiko eksternal, bukti empiris ini menunjukkan bahwa sedikit jeda waktu operasional akibat antrean atau hambatan teknis internal tidak serta-merta menggugurkan validitas diagnostik GeneXpert. Kendati demikian, penjagaan kualitas penanganan spesimen tetap harus berpedoman pada standar keselamatan hayati dan protokol laboratorium yang ketat demi menghindari potensi kontaminasi sekunder.

Stabilitas hasil juga dipengaruhi oleh penggunaan reagen buffer yang mengandung natrium hidroksida dan isopropanol untuk mencairkan sputum, menginaktivasi MTB, serta mengurangi inhibitor PCR sehingga proses amplifikasi DNA tetap berlangsung secara optimal (Wei *et al*., 2024). Faktor lain yang mendukung stabilitas hasil adalah kualitas sputum yang memenuhi syarat pemeriksaan, volume sampel yang mencakupi, serta proses penyimpanan yang dilakukan di dalam *biosafety cabinet* sesuai prosedur laboratorium (Mulengwa *et al.,* 2022; Listyowati & Qurrohman, 2023) Meskipun demikian, faktor pra-analitik tetap perlu diperhatikan karena dapat memengaruhi hasil pemeriksaan GeneXpert (Parwati *et al.,* 2024*).* Kualitas sputum yang rendah, volume spesimen yang tidak mencukupi, kontaminasi sampel, suhu penyimpanan yang tidak sesuai, serta penundaan pemeriksaan yang terlalu lama dapat menyebabkan degradasi atau fragmentasi DNA target, sehingga jumlah DNA MTB yang masih utuh untuk diamplifikasi menjadi berkurang. Kondisi tersebut berpotensi menurunkan sensitifitas deteksi dan menghasilkan hasil yang tidak valid atau *false negative* (Li et al., 2025). Penelitian Yusianti *et al*. (2023) juga menunjukkan bahwa penundaan pemeriksaan dapat menyebabkan perubahan karakteristik fisik sputum, seperti konsistensi yang menjadi lebih encer sehingga dapat memengaruhi kualitas spesimen.

Penelitian selanjutnya diharapkan melibatkan jumlah sampel yang lebih besar untuk memperkuat validitas hasil penelitian mengenai pengaruh penundaan waktu pemeriksaan sputum terhadap hasil GeneXpert. Penelitian selanjutnya juga dapat mengevaluasi berbagai lama penundaan (lebih dari 6 jam) serta kondisi penyimpanan yang berbeda untuk menentukan batas maksimal penundaan pemeriksaan sputum setelah pencampuran sampel dengan reagen buffer yang masih dapat mempertahankan keakuratan hasil GeneXpert. Hasil penelitian tersebut diharapkan dapat menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi penanganan spesimen pada pelayanan laboratorium.

Secara teoritis, stabilitas bahan genetik sangat menentukan keberhasilan metode deteksi berbasis molekuler seperti Tes Cepat Molekuler (TCM) GeneXpert. Berbeda dengan pemeriksaan mikroskopis konvensional yang memerlukan keutuhan morfologi sel bakteri secara kasat mata, metode Real-Time Polymerase Chain Reaction (RT-PCR) pada GeneXpert berfokus pada amplifikasi sekuens DNA spesifik dari Mycobacterium tuberculosis. Oleh karena itu, meskipun spesimen mengalami penundaan selama 6 jam pada suhu ruang, integritas rantai pendek target DNA di dalam dinding sel bakteri yang telah dilisiskan oleh reagen buffer umumnya masih terjaga dengan baik sehingga tetap terbaca secara optimal oleh sistem instrumen.

Penggunaan reagen buffer spesifik yang dicampurkan ke dalam spesimen dahak memegang peran krusial dalam menjaga reliabilitas hasil pemeriksaan. Reagen tersebut tidak hanya berfungsi untuk melarutkan konsistensi mukus dan menginaktivasi viabilitas kuman demi keamanan petugas laboratorium, melainkan juga bertindak sebagai agen protektif yang meredam aktivitas enzim nuklease endogen. Dengan demikian, proses pencampuran reagen buffer sebelum penundaan selama 6 jam mampu mengunci stabilitas komponen asam nukleat sampel, mencegah degradasi dini, serta meminimalkan risiko kegagalan amplifikasi atau hasil error saat pengujian dilangsungkan.

Kendati demikian, variasi kualitas spesimen awal tetap menjadi variabel pengganggu yang patut dicermati dalam manajemen kendali mutu laboratorium. Sputum dengan karakteristik

mukopurulen atau purulen terbukti memberikan matriks biologis yang kaya akan basil tahan asam, berbanding terbalik dengan sampel yang terkontaminasi saliva berlebih atau sisa makanan yang dapat mengencerkan konsentrasi target DNA. Temuan bahwa sebagian besar sampel dalam penelitian ini berjenis mukopurulen memberikan jaminan bahwa representasi bakteri di dalam tabung reaksi berada dalam batas optimal, sehingga ketahanan sampel terhadap penundaan waktu pemeriksaan dapat dipertahankan secara konsisten tanpa merubah kategori hasil akhir diagnostik.

Dari perspektif manajemen pelayanan kesehatan klinis, temuan tidak adanya perbedaan yang signifikan antara pemeriksaan segera (0 jam) dan penundaan 6 jam memberikan implikasi positif bagi efisiensi alur kerja laboratorium. Di berbagai rumah sakit rujukan maupun fasilitas kesehatan perifer di Indonesia, lonjakan beban kerja harian, keterbatasan jumlah alat TCM, serta kendala antrean spesimen sering kali memicu keterlambatan pengolahan sampel. Batas aman penundaan hingga 6 jam pada suhu ruang memberikan fleksibilitas operasional yang realistis bagi tenaga laboratorium tanpa harus khawatir menurunkan keakuratan diagnostik penemuan kasus tuberkulosis.

Meskipun penundaan 6 jam terbukti aman berdasarkan analisis statistik uji McNemar, pengawasannya tetap harus dilakukan secara ketat terhadap potensi faktor lingkungan ekstrem di luar standar operasional. Suhu ruang laboratorium yang fluktuatif, paparan kelembapan tinggi, atau penyimpanan di luar lemari keselamatan biologis (biosafety cabinet) melebihi batas waktu yang diuji berpotensi memicu kontaminasi sekunder atau pertumbuhan mikroorganismeflora normal lain yang dapat menghambat reaksi amplifikasi. Oleh karena itu, standardisasi penanganan spesimen pra-analitik tetap harus ditegakkan guna mendukung program percepatan eliminasi tuberkulosis nasional secara komprehensif dan akurat.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, pada tujuh spesimen yang diteliti, tidak ditemukan perubahan kategori hasil deteksi MTB setelah penundaan 6 jam pada suhu ruang. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan jumlah sampel yang lebih besar dan variasi waktu penundaan yang lebih beragam untuk memperoleh informasi yang lebih komprehensif mengenai stabilitas hasil pemeriksaan GeneXpert. Adapun saran penelitian ini temuan perlu ditafsirkan secara hati-hati karena jumlah spesimen sangat terbatas adalah Temuan perlu ditafsirkan secara hati-hati karena jumlah spesimen sangat terbatas. Berdasarkan keterbatasan dalam penelitian ini, disarankan bagi peneliti selanjutnya untuk melibatkan jumlah sampel yang lebih besar serta mencakup variasi waktu penundaan yang lebih luas, seperti 12 jam, 24 jam, atau lebih, guna menentukan batas toleransi maksimal penundaan secara lebih komprehensif. Selain itu, penelitian mendatang sebaiknya mengevaluasi berbagai kondisi suhu penyimpanan yang berbeda—termasuk suhu dingin serta menganalisis tingkat konsentrasi atau cycle threshold secara kuantitatif untuk melihat ada atau tidaknya degradasi kualitas DNA secara bertahap demi memperkuat standar operasional prosedur penanganan spesimen di laboratorium.

5 Referensi

Aninagyei, E., Ayivor-Djanie, R., Attoh, J., Dakorah, M. P., Ginko, M., & Acheampong, D. O. (2021). Molecular detection of Mycobacterium tuberculosis in blood stained sputum samples using GeneXpert PCR assay. Diagnostic Microbiology and Infectious Disease, 100(3), 115363. https://doi.org/10.1016/j.diagmicrobio.2021.115363

Gandhi, T., Shah, A., Gautam, N., & Meena, N. K. (2023). Comparing diagnostic accuracy of GeneXpert MTB/RIF on multiple sputum specimens to detect pulmonary tuberculosis: A systematic review and meta-analysis. Chest, 164(4), A740. https://doi.org/10.1016/j.chest.2023.07.548

Hakizayezu, F., Mohamed, N. S., Niyompano, H., Niyoyita, J. C., Jerome, N., Niyonsenga, T., & Kagirimpundu, G. (2025). Pooling sputum samples for TB testing using Xpert MTB/RIF Ultra: An innovative cost-effective and efficient approach to enhance access, equity, and coverage of TB-care among poor communities at risk. Mycobacteria, 1, 10. https://doi.org/10.1186/s44350-025-00011-8

Handayani, D., & Silviani, Y. (2022). Pengaruh perbedaan suhu dan lama penyimpanan sputum terhadap jumlah bakteri tahan asam. Jurnal Kesehatan Kusuma Husada, 13(2), 234-242. https://doi.org/10.34035/jk.v13i2.859

Huifang, Q., Xiaoyan, L., Lingyun, Z., Yumei, L., Mei, L., Zhitong, Z., Yan, H., Xiaolin, W., & Dabin, L. (2023). Analysis on the effect of GeneXpert MTB/RIF single test and mixed test on sputum samples for actively screening tuberculosis in key population of Guangxi. Chinese Journal of Antituberculosis, 45(9), 880-884.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2022). Pengumpulan dan pengelolaan spesimen dahak. Direktorat Jenderal Pelayanan Kesehatan, Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2024). Menkes dan Mendagri tegaskan komitmen percepatan eliminasi Tuberkulosis (TBC) dengan dukungan pemerintah daerah. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Li, H., Li, Z., Cui, X., Liu, X., Zhao, J., Zhang, Y., Wang, C., Li, B., Han, J., Xia, Y., Xiong, Z., Zou, X., Zhu, Y., Li, M., Lu, B., & Cao, B. (2025). Deteksi Mycobacterium tuberculosis pada berbagai kondisi spesimen klinis oleh GeneXpert MTB/RIF: Studi retrospektif skala besar. Clinical Tuberculosis and Other Mycobacterial Diseases, 32, 1-10.

Listyowati, R., & Qurrohman, T. (2023). Pengaruh kualitas sputum terhadap hasil pemeriksaan tes cepat molekuler dan kultur pada pasien tuberculosis paru. Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan, 6(2), 85-92.

Mendonca, B. N., Fairuz, M., & Yanti, P. (2025). Pengaruh penundaan waktu pemeriksaan sputum menggunakan GeneXpert pada pasien tuberkulosis di Hospital Referal Suai Covalima. Jusindo, 7(2), 1182-1191. https://doi.org/10.59141/.v7i2.377

Mulengwa, D. L., Monyama, M. C., & Lebelo, S. L. (2022). Evaluation of the GeneXpert MTB/RIF assay performance in sputum samples with various characteristics from presumed pulmonary tuberculosis patients in Shiselweni region, Eswatini. Infectious Diseases, 54(3), 170-177. https://doi.org/10.1080/23744235.2021.1992005

Parwati, I. P., Chaidir, L., Yunus, M., et al. (2024). Evaluation of a real-time PCR assay performance to detect Mycobacterium tuberculosis, rifampicin, and isoniazid resistance in sputum specimens: A multicenter study in two major cities of Indonesia. Frontiers in Microbiology. https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1372647

Pratama, M. K., Pandu, E., & Anggita, D. (2023). Perbandingan sputum spontan dan sputum induksi dalam pemeriksaan TCM menggunakan GeneXpert pada penderita terduga tuberculosis paru. Indonesian Journal of Health, 3(2). https://doi.org/10.33368/inajoh.v3i2.57

Rejito, A., Bintari, N. W. D., & Idayani, S. (2024). Hasil pemeriksaan tes cepat molekuler (GeneXpert) pasien suspek tuberkulosis paru di RSUD Kabupaten Buleleng. Riset. https://doi.org/10.37294/jrkn.v8i2.616

Silva, H. R. Da, & Maulani, Y. (2024). Perbandingan hasil pemeriksaan mikroskopis sputum BTA terhadap metode PCR (GeneXpert) pada pasien tuberculosis paru.

Sulistiyawati, I., Fatimah, S., & Rahayu, N. L. (2025). Profil Mycobacterium tuberculosis pasien TB sensitif rifampisin terhadap lama waktu penundaan pemeriksaan sputum. Bioscientiae, 22(1). https://doi.org/10.20527/b.v22i1.14676

Susanti, E., & Stephen, V. (2023). Pemanfaatan tes cepat molekuler GeneXpert dalam percepatan penanggulangan TB di Puskesmas Jatisrono I tahun 2019-2020. Teknologi Kesehatan, 19(1), 1-6. https://doi.org/10.29238/jtk.v19i1.1311

Wei, J.-H., Qian, X.-Q., Wan, Y.-M., Zhao, X.-K., Zhang, C.-Y., Guo, W., & Zhu, Z.-Q. (2024). Analysis of unsuccessful tests and the effect of prolonged clinical sample preprocessing in the GeneXpert MTB/RIF assay. BMC Infectious Diseases, 24(1), 770. https://doi.org/10.1186/s12879-024-09684-4

World Health Organization. (2022). Global tuberculosis report 2022. World Health Organization.

Yusianti, R., Nurhayati, S., & Rahman, A. (2023). Sputum sample quality and delay of TCM examination and microscopic results from tuberculosis suspect patient. Jurnal Kesehatan Masyarakat, 18(1), 45-52.