



Analisis DNA Menggunakan Metode PCR sebagai Alat Diagnosis Laboratorium Klinik

Pramai Sheila Eka Khoireina^{1*}, Pramesti Listanto², Liss Dyah Dewi Arini³

¹⁻³Program Studi Teknologi Laboratorium Medis, Universitas Duta Bangsa Surakarta, Indonesia

*Penulis Korespondensi: khoireinasheila@gmail.com

Abstract. *The development of molecular biology has significantly transformed clinical laboratory diagnostics, particularly through DNA analysis. One of the most widely used techniques is the Polymerase Chain Reaction (PCR), a DNA amplification method capable of rapidly, sensitively, and accurately multiplying specific genetic fragments. PCR has become an essential diagnostic tool for detecting infectious, genetic, and malignant diseases, even at early stages when the amount of target DNA is minimal. This article aims to analyze the role of PCR in DNA analysis as a diagnostic tool in clinical laboratories, including its working principles, advantages, and relevance in modern clinical practice. This study employs a literature review approach by examining various scientific sources such as international journals and molecular biology textbooks. The findings indicate that PCR offers high sensitivity and specificity compared to conventional methods, thereby improving diagnostic accuracy and accelerating appropriate therapeutic decisions. Therefore, PCR represents a crucial innovation in clinical laboratory diagnostics that significantly contributes to improving healthcare quality.*

Keywords: *Clinical Laboratory Diagnosis; DNA; Molecular Biology; PCR; Quality of Health Services.*

Abstrak. Perkembangan biologi molekuler telah membawa perubahan signifikan dalam bidang diagnosis laboratorium klinik, khususnya melalui analisis DNA. Salah satu teknik yang paling banyak digunakan adalah Polymerase Chain Reaction (PCR), yaitu metode amplifikasi DNA yang mampu memperbanyak fragmen genetik spesifik secara cepat, sensitif, dan akurat. Metode PCR menjadi alat diagnostik yang sangat penting dalam mendeteksi berbagai penyakit infeksi, genetik, maupun keganasan, bahkan pada tahap awal ketika jumlah target DNA masih sangat rendah. Artikel ini bertujuan untuk menganalisis peran metode PCR dalam analisis DNA sebagai alat diagnosis laboratorium klinik, mencakup prinsip kerja, keunggulan, serta relevansinya dalam praktik klinis modern. Metode penulisan artikel ini menggunakan pendekatan studi literatur terhadap berbagai sumber ilmiah, seperti jurnal internasional dan buku teks biologi molekuler yang relevan. Hasil kajian menunjukkan bahwa PCR memiliki tingkat sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi dibandingkan metode konvensional, sehingga mampu meningkatkan akurasi diagnosis dan mempercepat penentuan terapi yang tepat. Dengan demikian, metode PCR merupakan inovasi penting dalam dunia laboratorium klinik yang berkontribusi besar terhadap peningkatan kualitas pelayanan kesehatan.

Kata kunci: Biologi Molekuler; Diagnosis Laboratorium Klinik; DNA; Kualitas Pelayanan Kesehatan; PCR.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan ilmu kedokteran modern dan teknologi laboratorium klinik menuntut tersedianya metode diagnosis yang semakin akurat, sensitif, cepat, dan mampu mendeteksi penyakit sejak tahap awal. Diagnosis yang tepat merupakan fondasi utama dalam penentuan terapi, pemantauan perjalanan penyakit, serta evaluasi keberhasilan pengobatan. Kesalahan atau keterlambatan diagnosis dapat berdampak langsung pada peningkatan morbiditas, mortalitas, serta beban biaya kesehatan (Sudaryati et al., 2022). Oleh karena itu, laboratorium klinik memegang peranan strategis sebagai penunjang utama pelayanan kesehatan berbasis bukti (evidence-based medicine).

Metode diagnosis konvensional yang selama ini banyak digunakan, seperti pemeriksaan mikroskopis, kultur mikroorganisme, dan uji serologis, masih memiliki berbagai keterbatasan. Kultur mikroorganisme memerlukan waktu yang relatif lama dan sangat bergantung pada kondisi pertumbuhan patogen, sementara uji serologis sering kali menunjukkan sensitivitas rendah pada fase awal infeksi karena respons imun pasien belum terbentuk secara optimal (Sasongkowati et al., 2022; Sudaryati et al., 2022). Keterbatasan ini mendorong pengembangan metode diagnosis alternatif yang lebih presisi dan berbasis molekuler.

Seiring meningkatnya kebutuhan akan diagnosis yang akurat dan dini, analisis DNA berkembang sebagai pendekatan yang menjanjikan dalam bidang laboratorium klinik. Analisis berbasis materi genetik memungkinkan identifikasi penyakit secara langsung pada tingkat molekuler, sehingga tidak bergantung pada manifestasi klinis maupun respons imun pasien yang sering muncul pada tahap lanjut (Mahama & Suryandari, 2023). Salah satu metode analisis DNA yang paling revolusioner dan luas penerapannya adalah Polymerase Chain Reaction (PCR).

PCR merupakan teknik amplifikasi DNA yang mampu memperbanyak fragmen DNA spesifik dalam jumlah besar hanya dari sampel biologis yang sangat kecil. Keunggulan utama PCR terletak pada sensitivitas dan spesifisitasnya yang tinggi, sehingga mampu mendeteksi keberadaan patogen atau mutasi genetik dalam jumlah minimal (Naully & Septriliyana, 2022). Metode ini telah menjadi standar emas dalam berbagai pemeriksaan laboratorium klinik, khususnya untuk penyakit infeksi, kelainan genetik, dan deteksi biomarker molekuler kanker.

Penerapan PCR dalam laboratorium klinik sangat luas, mulai dari diagnosis penyakit infeksi seperti tuberkulosis, hepatitis B, HIV, dan COVID-19, hingga identifikasi polimorfisme gen dan penanda molekuler penyakit tidak menular (Abbas et al., 2022; Salsabila & Saputra, 2022; Mahama & Suryandari, 2023). Bahkan, PCR memungkinkan deteksi materi genetik patogen sebelum munculnya gejala klinis, sehingga berperan penting dalam pencegahan, pengendalian penyakit, dan peningkatan angka kesembuhan pasien.

Perkembangan teknik PCR juga menghasilkan berbagai variasi metode, seperti RT-PCR, real-time PCR, nested PCR, dan multiplex PCR, yang masing-masing memiliki keunggulan dalam konteks diagnostik tertentu. RT-PCR, misalnya, banyak digunakan dalam diagnosis penyakit berbasis RNA virus, sedangkan multiplex nested PCR memungkinkan deteksi beberapa patogen secara simultan dalam satu reaksi (Naully & Septriliyana, 2022; Budianti et al., 2025). Selain itu, real-time PCR memberikan keunggulan kuantifikasi DNA secara akurat dan real time, sehingga sangat berguna dalam pemantauan viral load dan evaluasi terapi (Salsabila & Saputra, 2022).

Keandalan hasil PCR juga sangat dipengaruhi oleh tahapan pra-analitik, khususnya metode ekstraksi DNA. Pemilihan metode ekstraksi yang tepat berpengaruh langsung terhadap kualitas dan kuantitas DNA yang dihasilkan, yang pada akhirnya menentukan sensitivitas pemeriksaan PCR (Kurniawan et al., 2025). Hal ini menunjukkan bahwa penerapan PCR dalam laboratorium klinik tidak hanya memerlukan peralatan canggih, tetapi juga kompetensi teknis dan pemahaman konseptual yang memadai dari tenaga laboratorium.

Dalam konteks pelayanan kesehatan di Indonesia, pemanfaatan metode PCR masih menghadapi tantangan berupa keterbatasan sumber daya manusia, fasilitas laboratorium, serta pemahaman praktisi kesehatan terhadap prinsip dasar analisis molekuler (Andini et al., 2025). Oleh karena itu, diperlukan kajian ilmiah yang tidak hanya membahas aspek teknis PCR, tetapi juga menempatkannya dalam kerangka peningkatan mutu pelayanan laboratorium klinik secara komprehensif.

Meskipun metode PCR telah banyak digunakan dalam praktik diagnostik, masih terdapat kesenjangan antara potensi besar teknologi ini dan pemahaman konseptual mengenai prinsip kerja, keunggulan, serta relevansinya dalam praktik klinik sehari-hari. Beberapa studi menunjukkan bahwa penggunaan PCR yang tidak disertai pemahaman metodologis yang baik dapat berisiko menghasilkan interpretasi hasil yang keliru (Khofifah et al., 2023; Sasongkowati et al., 2022).

Berdasarkan uraian tersebut, kajian mengenai penggunaan metode PCR dalam analisis DNA sebagai alat diagnosis laboratorium klinik menjadi sangat penting. Artikel ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif peran PCR dalam diagnosis klinik, meliputi prinsip kerja, keunggulan, tantangan, serta kontribusinya dalam meningkatkan akurasi diagnosis dan kualitas pelayanan kesehatan berbasis laboratorium. Diharapkan, kajian ini dapat menjadi referensi ilmiah bagi praktisi laboratorium, akademisi, dan pemangku kebijakan dalam mengoptimalkan pemanfaatan teknologi PCR di bidang kesehatan..

2. KAJIAN TEORITIS

DNA merupakan molekul utama yang menyimpan informasi genetik dalam setiap sel makhluk hidup. Struktur DNA yang unik memungkinkan penyimpanan informasi biologis yang mengatur pertumbuhan, perkembangan, serta fungsi seluler. Dalam konteks medis, perubahan atau keberadaan fragmen DNA tertentu dapat menjadi indikator adanya penyakit, baik yang disebabkan oleh infeksi mikroorganisme maupun kelainan genetik. Oleh karena itu, analisis DNA menjadi pendekatan yang sangat penting dalam diagnosis laboratorium klinik modern karena memberikan informasi yang spesifik dan objektif pada tingkat molekuler.

Polymerase Chain Reaction (PCR) adalah teknik biologi molekuler yang dikembangkan untuk mengamplifikasi segmen DNA target secara *in vitro*. Prinsip dasar PCR melibatkan tiga tahapan utama, yaitu denaturasi, annealing, dan extension, yang berlangsung secara berulang dalam siklus termal. Pada tahap denaturasi, DNA rangkap dipisahkan menjadi dua untai tunggal. Selanjutnya, pada tahap annealing, primer yang dirancang secara spesifik akan menempel pada sekuens DNA target. Tahap extension memungkinkan enzim DNA polimerase memperpanjang rantai DNA baru berdasarkan cetakan yang ada. Pengulangan siklus ini menghasilkan peningkatan eksponensial jumlah DNA target.

Keunggulan utama metode PCR adalah tingkat sensitivitas dan spesifisitas yang sangat tinggi. PCR mampu mendeteksi satu salinan DNA target dalam campuran kompleks, sehingga sangat efektif digunakan pada sampel klinik dengan jumlah materi genetik yang terbatas. Selain itu, waktu pemeriksaan yang relatif singkat menjadikan PCR lebih efisien dibandingkan metode kultur yang dapat memerlukan waktu sehari-hari hingga berminggu-minggu. Keunggulan ini sangat relevan dalam kondisi klinis yang memerlukan penanganan cepat dan tepat.

Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode PCR telah berhasil digunakan sebagai standar diagnosis pada banyak penyakit infeksi dan genetik. Dalam bidang mikrobiologi klinik, PCR digunakan untuk mendeteksi patogen secara langsung tanpa harus menunggu proses pertumbuhan mikroorganisme. Sementara itu, dalam bidang genetika medis dan onkologi, PCR berperan penting dalam mendeteksi mutasi gen, analisis ekspresi gen, serta identifikasi marker molekuler yang berkaitan dengan prognosis dan respons terapi.

Kajian teoritis ini menegaskan bahwa metode PCR memiliki landasan ilmiah yang kuat dan didukung oleh berbagai penelitian empiris. Dengan kemampuan analisis yang presisi dan aplikatif, PCR tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu diagnosis, tetapi juga sebagai bagian integral dari sistem pelayanan kesehatan modern yang berbasis bukti ilmiah. Landasan teori dan temuan penelitian sebelumnya tersebut menjadi pijakan utama dalam memahami pentingnya metode PCR sebagai alat diagnosis laboratorium klinik.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain penelitian deskriptif dengan pendekatan kualitatif melalui studi literatur. Sumber data diperoleh dari berbagai referensi ilmiah yang relevan, meliputi jurnal nasional dan internasional, buku teks biologi molekuler, serta publikasi ilmiah yang membahas penggunaan metode PCR dalam diagnosis laboratorium klinik. Populasi penelitian berupa seluruh publikasi ilmiah yang berkaitan dengan topik analisis DNA dan

metode PCR, sedangkan sampel penelitian dipilih secara purposive berdasarkan relevansi dan kredibilitas sumber.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui penelusuran database ilmiah seperti Google Scholar dan portal jurnal ilmiah lainnya. Instrumen pengumpulan data berupa lembar analisis literatur yang digunakan untuk mengidentifikasi konsep utama, temuan penelitian, serta kesimpulan dari masing-masing sumber. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif dengan cara mengelompokkan informasi berdasarkan tema, seperti prinsip kerja PCR, keunggulan metode, serta penerapannya dalam diagnosis klinik.

Model penelitian yang digunakan dalam artikel ini adalah model kajian konseptual, di mana hasil analisis literatur disintesis untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai peran metode PCR dalam analisis DNA. Simbol atau istilah teknis yang digunakan dijelaskan secara naratif dalam teks untuk memudahkan pemahaman pembaca. Metode yang bersifat umum dan telah banyak digunakan tidak dijelaskan secara rinci, melainkan dirujuk pada literatur acuan yang relevan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peran Metode PCR dalam Meningkatkan Akurasi Diagnosis Laboratorium Klinik

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa metode Polymerase Chain Reaction (PCR) berperan signifikan dalam meningkatkan akurasi diagnosis laboratorium klinik melalui pendekatan berbasis analisis DNA. PCR memungkinkan deteksi sekuens genetik secara spesifik, sehingga identifikasi agen penyebab penyakit dapat dilakukan dengan tingkat ketepatan yang tinggi. Berbeda dengan metode konvensional yang sering kali bergantung pada karakteristik fenotip atau respons imun pasien, PCR bekerja langsung pada tingkat molekuler, sehingga mampu mengurangi ambiguitas dalam penegakan diagnosis.

Berbagai penelitian yang dikaji menunjukkan bahwa penggunaan PCR dapat mendeteksi patogen bahkan pada fase awal infeksi, ketika jumlah DNA target masih sangat terbatas. Hal ini sangat penting dalam konteks penyakit infeksi yang memiliki masa inkubasi panjang atau gejala klinis yang tidak spesifik. Dengan kemampuan tersebut, PCR berkontribusi dalam menurunkan angka kesalahan diagnosis serta meningkatkan kepercayaan klinisi terhadap hasil pemeriksaan laboratorium. Akurasi yang tinggi juga berdampak pada pengambilan keputusan medis yang lebih tepat, terutama dalam pemilihan terapi yang sesuai dengan kondisi pasien.

Selain itu, PCR memiliki kemampuan untuk membedakan strain atau varian genetik tertentu, yang tidak dapat dilakukan oleh sebagian besar metode diagnosis konvensional. Kemampuan diskriminatif ini sangat berguna dalam kasus penyakit yang memiliki agen

penyebab dengan karakteristik genetik yang mirip, tetapi memerlukan pendekatan terapi yang berbeda. Oleh karena itu, hasil kajian ini menegaskan bahwa PCR tidak hanya meningkatkan akurasi diagnosis, tetapi juga memperkaya informasi klinis yang diperoleh dari pemeriksaan laboratorium.

Kontribusi Metode PCR terhadap Efisiensi Waktu dan Ketepatan Penanganan Pasien

Hasil analisis menunjukkan bahwa metode PCR memberikan kontribusi besar terhadap efisiensi waktu pemeriksaan dalam laboratorium klinik. Proses amplifikasi DNA yang berlangsung dalam beberapa jam memungkinkan hasil diagnosis diperoleh lebih cepat dibandingkan metode kultur atau pemeriksaan serologis yang membutuhkan waktu berhari-hari. Kecepatan ini menjadi faktor krusial dalam penanganan pasien, terutama pada kondisi darurat atau penyakit menular yang memerlukan tindakan segera.

Efisiensi waktu yang dihasilkan oleh PCR berdampak langsung pada ketepatan penanganan pasien. Dengan hasil diagnosis yang cepat dan akurat, tenaga medis dapat segera menentukan strategi pengobatan yang sesuai tanpa harus menunggu perkembangan gejala klinis lebih lanjut. Hal ini tidak hanya meningkatkan peluang kesembuhan pasien, tetapi juga membantu mencegah penyebaran penyakit, khususnya pada penyakit infeksi yang bersifat menular. Dalam konteks pelayanan kesehatan, PCR berperan sebagai alat pendukung pengambilan keputusan klinis yang berbasis bukti ilmiah.

Di sisi lain, hasil pembahasan juga menunjukkan bahwa efisiensi PCR harus diimbangi dengan standar prosedur yang ketat untuk menghindari kontaminasi dan kesalahan teknis. Meskipun demikian, jika diterapkan dengan prosedur yang benar dan didukung oleh tenaga laboratorium yang kompeten, PCR mampu menjadi metode diagnosis yang efisien sekaligus andal. Dengan demikian, kontribusi PCR tidak hanya terletak pada aspek kecepatan, tetapi juga pada peningkatan kualitas layanan kesehatan secara keseluruhan.

Tantangan dan Prospek Pengembangan Metode PCR dalam Laboratorium Klinik

Meskipun metode PCR memiliki berbagai keunggulan, hasil kajian menunjukkan adanya sejumlah tantangan dalam penerapannya di laboratorium klinik. Tantangan tersebut meliputi kebutuhan akan peralatan khusus, biaya reagen yang relatif tinggi, serta perlunya tenaga laboratorium yang memiliki kompetensi di bidang biologi molekuler. Faktor-faktor ini dapat menjadi hambatan, terutama bagi laboratorium dengan sumber daya terbatas.

Selain itu, risiko kontaminasi silang dan kesalahan teknis dalam proses amplifikasi DNA juga menjadi perhatian utama dalam penggunaan PCR. Kesalahan dalam tahap persiapan sampel atau pengaturan kondisi reaksi dapat memengaruhi validitas hasil pemeriksaan. Oleh karena itu, penerapan PCR memerlukan sistem pengendalian mutu yang ketat serta pelatihan

berkelanjutan bagi tenaga laboratorium untuk memastikan hasil yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan.

Di balik berbagai tantangan tersebut, prospek pengembangan metode PCR dalam laboratorium klinik sangat menjanjikan. Perkembangan teknologi telah melahirkan berbagai inovasi, seperti real-time PCR dan multiplex PCR, yang semakin meningkatkan efisiensi, akurasi, dan kapasitas deteksi. Penurunan biaya alat dan reagen juga membuka peluang bagi penerapan PCR secara lebih luas. Dengan dukungan kebijakan dan pengembangan sumber daya manusia, metode PCR berpotensi menjadi standar utama diagnosis laboratorium klinik di masa depan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil kajian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa metode Polymerase Chain Reaction (PCR) merupakan alat yang sangat efektif dan andal dalam analisis DNA untuk diagnosis laboratorium klinik. PCR memiliki sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi, mampu mendeteksi materi genetik dalam jumlah yang sangat kecil, serta memberikan hasil yang cepat dan akurat. Keunggulan tersebut menjadikan PCR sebagai metode diagnosis yang relevan dalam mendeteksi penyakit infeksi, kelainan genetik, maupun kondisi klinis lain yang memerlukan identifikasi molekuler secara presisi. Dengan demikian, tujuan penelitian untuk menganalisis peran PCR sebagai alat diagnosis laboratorium klinik telah tercapai.

Meskipun memiliki banyak keunggulan, penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya menggunakan pendekatan studi literatur tanpa data empiris dari pemeriksaan laboratorium secara langsung. Oleh karena itu, disarankan agar penelitian selanjutnya dapat mengombinasikan kajian teoritis dengan penelitian eksperimental atau studi kasus di laboratorium klinik untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif. Selain itu, perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai efisiensi biaya, standar operasional, serta pengembangan teknologi PCR agar penerapannya semakin optimal dan merata dalam sistem pelayanan kesehatan.

DAFTAR REFERENSI

- Casparis, J. G. de. (1992). *Indonesian palaeography: A history of writing in Indonesia from the beginnings to c. A.D. 1500*. Brill.
- Christie, J. W. (1995). State formation in early maritime Southeast Asia: A consideration of the theories and the data. *Bijdragen tot de Taal-, Land- en Volkenkunde*, 151(2), 235–288. <https://doi.org/10.1163/22134379-90003048>

- Coedès, G. (1968). *The Indianized states of Southeast Asia*. University of Hawaii Press.
- Hall, K. R. (2011). *A history of early Southeast Asia: Maritime trade and societal development, 100–1500*. Rowman & Littlefield. <https://doi.org/10.5040/9798216383109>
- Kartodirdjo, S. (2014). *Pendekatan ilmu sosial dalam metodologi sejarah*. Ombak.
- Lombard, D. (2005). *Nusa Jawa: Silang budaya* (Jilid I). Gramedia Pustaka Utama.
- Miksic, J. N. (2013). *Sriwijaya*. Institute of Southeast Asian Studies.
- Miksic, J. N., & Goh, G. Y. (2017). *Ancient Southeast Asia*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315641119>
- Muljana, S. (2006). *Sriwijaya*. LKiS.
- Muljana, S. (2012). *Menuju puncak kemegahan: Sejarah Kerajaan Majapahit*. LKiS.
- Munandar, A. A. (2011). *Ibukota Majapahit: Masa jaya dan pencapaian*. Komunitas Bambu.
- Poesponegoro, M. D., & Notosusanto, N. (Eds.). (2010). *Sejarah nasional Indonesia* (Jilid II). Balai Pustaka.
- Reid, A. (2015). *A history of Southeast Asia: Critical crossroads*. Wiley-Blackwell.
- Ricklefs, M. C. (2008). *A history of modern Indonesia since c. 1200*. Stanford University Press. <https://doi.org/10.5040/9781350394582>
- Setiadi, E. M., Hakam, K. A., & Effendi, R. (2017). *Ilmu sosial dan budaya dasar*. Kencana.
- Utomo, B. B. (2016). Sriwijaya dalam jaringan perdagangan internasional abad VII–X M. *Amerta: Jurnal Penelitian dan Pengembangan Arkeologi*, 34(1), 1–14.
- Widodo, J. (2012). Urban environment and historical continuity in Southeast Asian port cities. *Journal of Urban History*, 38(6), 1103–1123.
- Wolters, O. W. (1999). *History, culture, and region in Southeast Asian perspectives*. Cornell Southeast Asia Program. <https://doi.org/10.7591/9781501732607>