



Perbandingan Metode Ekstraksi DNA *Guanidium isothiocyanate* dan *Filtrasi tube* terhadap Kualitas Hasil Pemeriksaan PCR *Plasmodium falciparum*

(Comparison of Guanidium isothiocyanate DNA Extraction Method and Tube Filtration on the Quality of Plasmodium falciparum PCR Examination Results)

Edy Kurniawan^{1*}, Pipin Amalia², Hardin³

^{1,3}Program Studi Biologi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Sains dan Teknologi Universitas Bima Internasional MFH, Jalan Medica Farma No. 1 Lingkungan Baturinggih Selatan, Sekarbela-Kota Mataram, NTB, Indonesia

²Program Studi Diploma Tiga Teknologi Laboratorium Medis, Fakultas Ilmu Kesehatan, Sains dan Teknologi Universitas Bima Internasional MFH, Jalan Medica Farma No. 1 Lingkungan Baturinggih Selatan, Sekarbela-Kota Mataram, NTB, Indonesia

*e-mail: kurniawanedyrafly86@gmail.com

Diterima: 30 November 2025, Diperbaiki: 5 Desember 2025, Disetujui: 31 Desember 2025

Abstract. This study aims to compare the results of *Plasmodium falciparum* detection via PCR using two DNA extraction methods: the *Guanidium isothiocyanate* method (with phenol-chloroform) and the *tube filtration method (Spin column)*. The research method used was a descriptive survey with a retrospective research design. This study was retrospective, using two samples of positive malaria patients from the NTB Provincial General Hospital. PCR results were analyzed using agarose gel electrophoresis to identify DNA bands. The results showed that the tube filtration method produced brighter and clearer DNA bands, while the *Guanidium isothiocyanate* method produced less clear bands. This indicates that the tube filtration method is more effective in producing pure DNA that can be detected well by PCR. It can be concluded that the *tube filtration method* is superior because it is practical, safe, and the accuracy of the results of *Plasmodium falciparum* DNA detection is of higher quality than the *Guanidium isothiocyanate method*.

Keywords: DNA Extraction, Method, PCR, *Plasmodium falciparum*.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan hasil deteksi *Plasmodium falciparum* melalui PCR dengan menggunakan dua metode ekstraksi DNA, yaitu metode *Guanidium isothiocyanate* (dengan bahan phenol-chloroform) dan metode *Filtrasi tube (Spin column)*. Metode penelitian yang digunakan yaitu penelitian survey deskriptif dengan desain penelitian retrospektif. Penelitian ini bersifat retrospektif, menggunakan dua sampel pasien malaria positif dari Rumah Sakit Umum Daerah Provinsi NTB. Hasil PCR dianalisis melalui elektroforesis gel agarosa untuk melihat pita DNA. Hasil menunjukkan bahwa metode *Filtrasi tube* menghasilkan pita DNA yang lebih terang dan jelas, sedangkan metode *Guanidium isothiocyanate* menghasilkan pita yang kurang jelas. Hal ini menunjukkan bahwa metode *Filtrasi tube* lebih efektif dalam menghasilkan DNA murni yang dapat terdeteksi dengan baik melalui PCR. Metode *Filtrasi tube* lebih unggul karena praktis, aman, dan akurasi hasil deteksi DNA *Plasmodium falciparum* lebih berkualitas dibandingkan metode *Guanidium isothiocyanate*.

Kata kunci: Ekstraksi DNA, Metode, PCR, *Plasmodium falciparum*.

PENDAHULUAN

Malaria merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh infeksi parasit *Plasmodium* yang ditularkan melalui gigitan

nyamuk *Anopheles* betina (Kalua et al., 2022), dari lima spesies parasit *Plasmodium* yang menginfeksi manusia, *Plasmodium*

falciparum dikenal sebagai spesies paling mematikan dan terkait dengan manifestasi klinis malaria yang parah (Zheng et al., 2024).

Salah satu upaya pengendalian malaria ialah dengan menegakkan diagnosis yang tepat. Diagnosis malaria ditegakkan atas dasar adanya gejala klinik, uji imunoserologis, dan ditemukannya plasmodium dalam darah penderita dengan pemeriksaan laboratorium. Metode diagnostik standar emas (*gold standard*) saat ini adalah pemeriksaan mikroskopis sediaan darah tebal dan tipis, tetapi metode ini membutuhkan tenaga ahli yang terampil dan sensitivitasnya dapat menurun pada parasitemia tingkat rendah. Metode diagnostik cepat (RDT) juga umum digunakan, tetapi memiliki keterbatasan dalam mendeteksi semua jenis parasit dan terkadang kurang sensitif dibandingkan metode lain, terutama untuk infeksi campuran, selain itu pemeriksaan skala mikroskopik dan imunoserologi disarankan agar dilakukan di wilayah endemik karena dapat menghasilkan negatif palsu jika dilakukan di wilayah non endemik (Organization, 2016).

Polymerase Chain Reaction (PCR) telah muncul sebagai metode yang sangat sensitif dan spesifik untuk mendeteksi DNA Plasmodium, bahkan pada tingkat parasitemia yang sangat rendah. Keberhasilan pemeriksaan PCR sangat bergantung pada kualitas dan kuantitas DNA target yang diekstraksi dari sampel biologis, seperti darah utuh. Proses ekstraksi DNA bertujuan untuk mengisolasi DNA dari komponen seluler lainnya, termasuk protein dan kontaminan lainnya (Ghorbal et al., 2014). Berbagai metode dan kit ekstraksi DNA tersedia, yang didasarkan pada prinsip-prinsip yang berbeda, seperti presipitasi alkohol, purifikasi berbasis silika, atau lisis kimia. Penggunaan kit komersial sering kali memberikan hasil konsentrasi DNA yang lebih tinggi dan lebih stabil dibandingkan metode rumahan yang sederhana. Dua pendekatan umum yang sering digunakan

adalah metode berbasis lisis dengan agen chaotropik kuat seperti Guanidinium isothiocyanate (GuSCN) dan metode berbasis filtrasi menggunakan kolom atau tabung filtrasi (filtrasi tube/spin column) (Elmesery, 2025).

Metode Guanidinium isothiocyanate bekerja sebagai agen chaotropik kuat yang melisis sel dan mendenaturasi protein serta nuklease, sehingga mencegah degradasi DNA. Metode ini dikenal efisien dalam menghasilkan DNA berkualitas tinggi (MoziOğlu et al., 2014). Metode Filtrasi Tube (umumnya berbasis kit kolom silika) melibatkan lisis sel diikuti dengan pengikatan DNA ke membran filter dalam tabung, pencucian kontaminan, dan elusi DNA murni. Metode ini sering kali lebih cepat dan menghasilkan DNA yang lebih stabil dibandingkan metode sederhana. Metode ekstraksi menggunakan kit, waktu pengerjaannya lebih singkat, sederhana, non toksik, dan menghasilkan ekstrak DNA dengan kemurnian yang tinggi, tetapi dengan biaya yang sedikit lebih tinggi. Kemurnian DNA berdasarkan rasio OD 260/OD 280 berkisar antara 1.97-2.08 yang menunjukkan bahwa DNA yang diekstraksi memiliki tingkat kemurnian yang tinggi (Ariyanti & Sianturi, 2019).

Meskipun PCR telah terbukti unggul untuk diagnosis malaria, belum ada konsensus metode ekstraksi DNA yang paling optimal, efisien, dan hemat biaya untuk *Plasmodium falciparum*, terutama di fasilitas laboratorium dengan sumber daya terbatas. Perbedaan metode ekstraksi dapat secara langsung mempengaruhi sensitivitas dan spesifisitas pemeriksaan PCR. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metode ekstraksi DNA Guanidinium isothiocyanate dan Filtrasi tube untuk menentukan metode mana yang menghasilkan kualitas dan kuantitas DNA yang lebih baik, yang pada akhirnya memberikan hasil pemeriksaan PCR *Plasmodium falciparum* yang paling akurat dan konsisten. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan panduan

dalam pemilihan metode ekstraksi DNA yang paling sesuai untuk diagnosis molekuler malaria.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian survey deskriptif dengan desain penelitian retrospektif, sampel yang digunakan merupakan darah positif *Plasmodium falciparum* hasil pemeriksaan secara mikroskopik di Rumah Sakit Umum Daerah Provinsi Nusa Tenggara Barat tahun 2025. Pemeriksaan PCR dilakukan di Laboratorium Instalasi Litbangkes RSUD Provinsi NTB.

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian adalah spuit dan jarum, tabung vakum, centrifuge, mikropipet, tips pipet, vortex, kit ekstraksi DNA, mini spin column dan collection tube, thermocycler, gel electrophoresis apparatus, power supply, transilluminator, kamera, lemari pendingin, freezer, pipet otomatis multichannel, komputer, sarung tangan, masker, autoclave, tip pipet, sampel darah pasien terduga terinfeksi *Plasmodium falciparum*, aquadest sebanyak 100 µl, Proteinase K 10 µl, Phenol 1 ml dan CIAA (Chloroform Isoamil Alkohol) 1 ml, larutan NaCl 5 M sebanyak 100 µl, etanol 70%, buffer GSB, buffer W1 sebanyak 400 µl, elution buffer, primer R dan primer F.

Tabel 1. Urutan Primer yang digunakan

Primer R	(5'- GTA TCT GAT CGT CTT CAC TCC C-3')
Primer F	(5'- AAC AGA CGG GTA GTC ATG ATT GAG -3')

Ekstraksi DNA *Plasmodium falciparum* metode Guanidium isothiocyanate Tüzmen et al., (2018)

Sebelum melakukan ekstraksi DNA terlebih dahulu menyiapkan sampel dan alat yang akan digunakan untuk ekstraksi. Sampel darah di pipet sebanyak 150 ul kemudian di tambahkan 250 ul larutan Trizol lalu di vortex, setelah itu dihomogenkan dengan cara dikocok sampai terbentuk buih di permukaannya dan di inkubasi selama 10

menit, setelah 10 menit tambahkan larutan etanol sebanyak 400 ul absolut, homogenkan dengan vortex selama 2 menit, setelah itu ditambahkan 200 ul larutan cloroform lalu di centrifuge dengan kecepatan 12.000 rpm selama 1 menit, setelah di centrifuge di dalam tabung terbentuk 3 lapisan, lapisan atas berwarna bening yang tengah berwarna putih dan yang bawah berwarna pink atau merah, setelah itu ambil bagian atas dan tengah dari sampel yang sudah di centrifuge, kemudian ditambahkan etanol 70% sebanyak 200 ul lalu di centrifuge dengan kecepatan 12.000 rpm selama 1 menit, setelah dicentrifuge terbentuk endapan dan supernatannya di buang, lalu tahap pencucian ditambahkan 2 ul larutan etanol 70% kemudian dicentrifuge dengan kecepatan 12.000 rpm selama 3 menit, setelah 3 menit buang supernatan lalu ditambahkan RNA Free water dan DNA sampel hasil ekstraksi siap digunakan.



Gambar 1. Persiapan reagen ekstraksi DNA metode *Guanidium isothiocyanate*

Ekstraksi DNA *Plasmodium falciparum* Metode Filtrasi tube

Sebelum melakukan ekstraksi DNA, terlebih dahulu disiapkan semua alat dan bahan yang akan digunakan. Darah dipipet sebanyak 100 ul dan ditambahkan 250 ul larutan lisis inkubasi selama 10 menit, setelah itu ditambahkan BU Buffer sebanyak 300 ul dan di inkubasi selama 1 menit, setelah itu dipindahkan semuanya ke colum tube dan dicentrifuge dengan kecepatan 12.000 rpm selama 1 menit, setelah itu

cairan ditube bagian bawahnya dibuang, setelah itu ditambahkan larutan wash buffer sebanyak 500 μ l di column tube, kemudian dicentrifuge dengan kecepatan 12.000 rpm selama 1 menit, setelah itu cairan dibagian tube bawahnya dibuang, kemudian cairan di atasnya di larutkan sebanyak 2 kali, setelah itu tube bagian bawahnya diganti dengan yang baru lalu ditambahkan RNA Free water ke dalam tube column kemudian di centrifuge dengan kecepatan 12.000 rpm selama 1 menit, setelah itu cairan dibagian bawah tube siap digunakan.



Gambar 2. Persiapan reagen ekstraksi DNA metode *Filtrasi tube*

Pembuatan PCR Mix dan Pemeriksaan Teknik PCR

Proses dimulai dengan mengambil masing-masing bahan dan primer dengan total volume keseluruhan sebanyak 50 μ l. Bahan pertama yang digunakan adalah MasterMix Green sebanyak 25 μ l, yang kemudian dimasukkan ke dalam tabung

Eppendorf steril. Setelah itu, primer R dan primer F ditambahkan masing-masing sebanyak 5 μ l ke dalam tabung yang sama, diikuti dengan penambahan aquades sebanyak 10 μ l. Selanjutnya, DNA template sebanyak 5 μ l dimasukkan ke dalam tabung tersebut untuk melengkapi campuran. Setelah PCR mix selesai dibuat, langkah berikutnya adalah memasukkan DNA dan PCR mix ke dalam tabung PCR. Tabung PCR kemudian dimasukkan ke dalam mesin Thermal Cycler, yang dijalankan dengan pengaturan suhu dan siklus yang berbeda-beda pada setiap tahap proses.

Tahap – tahap tersebut terdiri dari:

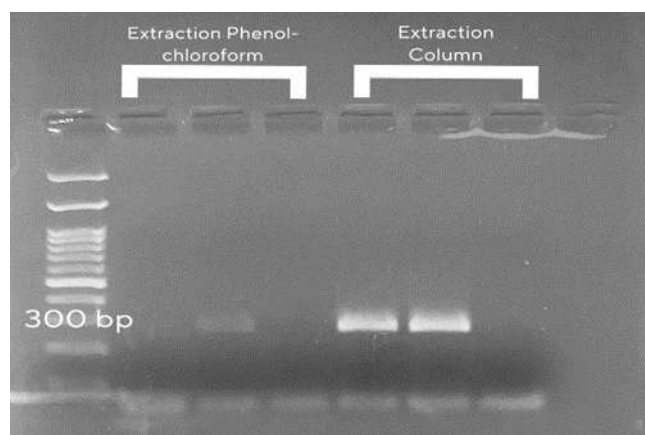
Pre-denaturasi 93 °C : 2'	}	1x
Denaturasi 93 °C : 1'		
Annealing 55 °C : 45"	}	34x
Extension 72 °C : 45"		
Final ekstensi 72 °C : 5'	}	1x

Analisis DNA Secara Kualitatif

Uji kualitatif DNA hasil PCR dilakukan dengan melakukan elektroforesis dalam gel agarose 1% yang dijalankan pada tegangan 100 volt selama 30 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan elektroforesis produk PCR dari hasil ekstraksi DNA dengan menggunakan metode filtrasi tube (*Spin column*) dan metode *Guanidium isothiocyanate* (*Phenol chloroform*) diperoleh sebagai berikut.



Gambar 3. Hasil elektroforesis gel agarose produk PCR *Plasmodium falciparum*

Pada gambar 3 hasil ekstraksi produk PCR menggunakan metode Guanidium isothiocyanate (Phenol chloroform) membentuk pita DNA yang kurang jelas, sedangkan hasil ekstraksi menggunakan metode Filtrasi tube (Spin column) yang pada metode ini pita DNA yang terbentuk lebih terang dan jelas, hal ini mengindikasikan bahwa hasil ekstraksi yang diperoleh dari metode spin column lebih murni dan bagus.

Ekstraksi DNA merupakan salah satu tahap dalam melakukan proses PCR. Ekstraksi DNA diperoleh dengan merusak atau memecahkan dinding sel sehingga DNA keluar dari dalam sel. Derajat kemurnian dan kualitas isolasi DNA sangat mempengaruhi hasil yang diperoleh. Secara umum, prosedur ekstraksi yang baik untuk isolasi DNA mencakup tiga hal penting, yaitu harus bisa menghasilkan DNA dengan kemurnian yang tinggi, DNA harus utuh (belum terdegradasi), dan dalam konsentrasi yang tinggi, yang dapat diamati dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 260 nm dan 280 nm. Molekul DNA dikatakan murni jika rasio absorbansinya berkisar antara 1,8–2,0 (Minarsih et al., 2016).

Proses ekstraksi DNA terdiri dari beberapa jenis seperti yang dijelaskan oleh (Shin, 2013) sebagai berikut: terdapat dua metode utama pada ekstraksi DNA/RNA yaitu pertama ada metode konvensional, metode ini terdiri dari dua jenis yaitu metode CsCl/EtBr. Senyawa Cesium chloride dan Ethidium bromide kerap digunakan dalam metode ekstraksi DNA. Prinsip dasar dari metode ini, menggunakan perbedaan densitas ion cesium, air, dan EtBr yang baik untuk memisahkan materi DNA. Metode Phenol-Chloroform, metode ini merupakan metode ekstraksi konvensional yang paling umum digunakan untuk mengisolasi materi genetik seperti DNA. Proses ini, melibatkan pencampuran larutan fenol-kloroform serta sampel disertai penggunaan sentrifugasi dengan instrumen sentrifus, metode ini

relatif lebih mudah dibandingkan dengan metode CsCl/EtBr dan lebih umum serta aman digunakan untuk ekstraksi asam nukleat di laboratorium klinis.

Metode kedua adalah metode berbasis kit, metode ini terdiri dari dua jenis yaitu metode spin column dan magnetic bead. Metode spin column menggunakan partikel inti bersilika sebagai pengganti penggunaan larutan fenol pada tahapan ekstraksi. Fungsi dari silika ini mirip dengan fungsi fenol, namun memiliki beberapa keunggulan, seperti penggunaan yang lebih aman dan minim potensi kontaminasi silang. Durasi pengerjaan metode ini, memakan waktu lebih singkat. Metode magnetic bead, separasi menggunakan magnet adalah cara mudah dan efisien yang digunakan dalam purifikasi asam nukleat saat ini. Saat ini, kit komersil menyediakan ekstraksi mudah dan singkat menggunakan metode magnetic bead. Protokol ini, menerapkan prinsip lisis alkali yang dimodifikasi diikuti dengan pengikatan asam nukleat ke partikel magnetik. Pada instrumen terdapat magnet yang digunakan untuk menangkap partikel magnet yang terikat asam nukleat dan kontaminan zat pengotor lainnya dihilangkan dengan mencuci dengan wash buffer yang disediakan. Asam nukleat kemudian dielusi dari partikel magnet dengan buffer elusi.

Pada penelitian ini dilakukan pemeriksaan PCR dengan menggunakan 2 metode yaitu metode Guanidium isothiocyanate (Phenol chloroform) dan metode Filtrasi tube (Spin column). Hasil pemeriksaan menunjukkan adanya perbedaan hasil pembacaan produk PCR dengan kedua metode tersebut. Ekstraksi dengan column menghasilkan produk yang lebih baik dibandingkan ekstraksi guanidine karena ekstraksi spin column menggunakan partikel inti bersilika sebagai pengganti penggunaan larutan fenol pada tahapan ekstraksi. Prinsip pemurnian DNA dengan silika adalah pengikatan molekul air oleh denaturasi serta adanya interaksi hidrogen

antara DNA dengan permukaan silika sehingga membuat DNA dapat tertarik pada permukaan silika. Metode matriks silika menghasilkan DNA dengan kemurnian tinggi dan mudah dilakukan (Katevatis et al., 2017).

Metode guanidine isothiocyanate juga dapat mengisolasi DNA namun hasilnya tidak sebaik isolasi DNA dengan spin column. Guanidine isothiocyanate adalah metode ekstraksi DNA yang bergantung pada sifat biokimia komponen seluler. Prinsip dasar metode ini adalah pemisahan antara RNA, DNA, dan protein dengan larutan asam, yang menghasilkan kemurnian dan konsentrasi DNA yang tinggi. Prosedur ini masih menggunakan bahan kimia berbahaya seperti fenol dan kloroform, karena fenol kloroform berfungsi untuk menghancurkan membran sel dan dinding sel, pada metode ini dilakukan penggerusan bersama larutan fenol kloroform. Fenol dapat membentuk suspensi cair yang dikelilingi molekul air, sehingga saat larutan terdapat protein terlarut yang dicampurkan dengan fenol (hidrofobik) menyebabkan protein membesar jadi terbuka serta terdenaturasi yang dikarenakan fenol yang berdifusi ke dalam inti protein. Dampaknya, protein dipartisi ke fase fenol yang meninggalkan asam nukleat dalam fase berair. Asam nukleat tidak terdapat gugus hidrofobik sehingga tidak larut dalam fase fenol. Kloroform digunakan sebab kloroform tidak larut dalam air sehingga menghindari hilangnya DNA ke fase organik. Deproteinisasi oleh kloroform didasarkan atas terdenaturasinya rantai polipeptida pada interfase air-kloroform. Konsentrasi protein yang besar pada interfase menimbulkan protein mengendap (Handayani & Putri, 2021).

Ekstraksi DNA menggunakan metode KIT Extraction lebih singkat jika dibandingkan dengan metode Phenol-Chloroform. Total waktu yang dibutuhkan pada metode KIT Extraction sekitar 35 menit, sedangkan metode ekstraksi DNA Phenol-Chloroform membutuhkan waktu

sekitar 2 jam 47 menit. Metode Phenol-Chloroform merupakan metode yang lebih sensitif jika dibandingkan dengan KIT Extraction sehingga membutuhkan ketelitian dalam melakukan ekstraksi DNA atau dalam mempersiapkan larutan yang dibutuhkan. Larutan Phenol dan Chloroform-Isoamil Alkohol perlu dipersiapkan sebelum ekstraksi DNA dilakukan. Phenol, Chloroform, dan Isoamil alkohol merupakan larutan yang mudah mengalami oksidasi. Selain itu, Phenol merupakan senyawa yang bersifat toksik. Perbandingan biaya yang dikeluarkan pada saat melakukan ekstraksi DNA metode Phenol Chloroform memerlukan biaya yang lebih murah jika dibandingkan dengan KIT Extraction (Kamaliah, 2017).

SIMPULAN

Disimpulkan bahwa terdapat perbedaan kualitas hasil deteksi DNA *Plasmodium falciparum* dengan teknik PCR berdasarkan metode ekstraksi DNA yang digunakan. Metode Filtrasi tube (Spin column) terbukti lebih praktis, efisien, dan cepat, serta menghasilkan DNA murni dengan konsentrasi dan kualitas yang lebih baik, tidak menggunakan bahan kimia berbahaya, meningkatkan akurasi dan sensitivitas deteksi PCR terhadap *Plasmodium falciparum*, sedangkan metode Guanidium Isothiocyanate (Phenol chloroform), meskipun lebih murah metode ini memiliki kelemahan dari segi keamanan, efisiensi waktu, dan kejernihan hasil. Oleh karena itu, metode Filtrasi tube direkomendasikan sebagai metode ekstraksi DNA yang lebih unggul dalam pemeriksaan PCR untuk malaria, khususnya dalam mendeteksi *Plasmodium falciparum*.

DAFTAR PUSTAKA

Ariyanti, Y., & Sianturi, S. (2019). Ekstraksi Dna Total Dari Sumber Jaringan Hewan (Ikan Kerapu) Menggunakan Metode Kit For Animal Tissue. *Journal of Science and Applicative Technology*, 3(1), 40. <https://doi.org/10.35472/jsat.v3i1.111>

- Elmesery, M. (2025, October 19). Different dna extraction methods. *Most common dna extraction method*. <https://praxilabs.com/en/blog/2022/08/24/7-different-dna-extraction-methods/#:~:text=waktu%20yang%20lama,-,Teknik%20Berbasis%20Silika%20Gel,masih%20tergolong%20rendah%20tetapi%20bagus.>
- Ghorbal, M., Gorman, M., Macpherson, C. R., Martins, R. M., Scherf, A., & Lopez-Rubio, J.-J. (2014). Genome Editing In The Human Malaria Parasite Plasmodium Falciparum Using The Crispr-Cas9 System. *Nature Biotechnology*, 32(8), 819–821. <https://doi.org/10.1038/nbt.2925>
- Handayani, S. O., & Putri, D. H. (2021). Comparison of Fenol-kloroform Method and Mini-Prep Ctab Method For Chili (*Capsicum annum* L.) Plant DNA isolation Perbandingan Metode Fenol-Kloroform Dan Mini-Prep Ctab Untuk Isolasi DNA Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.). *Serambi Biologi*, 6(2), 37–41. <http://ejournal.unp.ac.id/students/index.php/bio/index>
- Kalua, A. L., Veronika H, & Salaki, D. T. (2022). Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Malaria Dengan Certainty Factor Dan Forward Chaining. *Journal of Information Technology, Software Engineering and Computer Science (ITSECS)*, 1(1), 22–34. <https://doi.org/10.58602/itsecs.v1i1.10>
- Kamaliah, K. (2017). Perbandingan Metode Ekstraksi Dna Phenol-Chloroform Dan Kit Extraction Pada Sapi Aceh Dan Sapi Madura. *BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi dan Kependidikan*, 5(1), 60. <https://doi.org/10.22373/biotik.v5i1.2975>
- Katevatis, C., Fan, A., & Klapperich, C. M. (2017). Low Concentration Dna Extraction And Recovery Using A Silica Solid Phase. *PLOS ONE*, 12(5), e0176848. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176848>
- Minarsih, N., Fatchiyah, R., & Hengkengbala, J. (2016). Evaluasi Kuantitas Dan Kemurnian Dna Dengan Spektrofotometer. *Jurnal Genetika Dan Biologi Molekuler*, 12(4), 221–229.
- MoziOğlu, E., Akgöz, M., Tamerler, C., & Kocagöz, Z. T. (2014). A Simple Guanidinium Isothiocyanate Method For Bacterial Genomic DNA Isolation. *Turkish Journal Of Biology*, 38, 125–129. <https://doi.org/10.3906/biy-1308-7>
- Organization, W. H. (2016). Who Prequalification Of In Vitro Diagnostics Public Report. *Product: Xpert HIV-1 Qual Assay, WHO Reference Number: PQDx, 0259–070*.
- Shin, J. H. (2013). Nucleic Acid Extraction Techniques. IN Y.-W. Tang & C. W. Stratton (EDS.), *Advanced Techniques in Diagnostic Microbiology* (pp. 209–225). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3970-7_11
- Tüzmen, Ş., Baskın, Y., Feyda Nursal, A., Eraslan, S., Esemem, Y., Çalibaşı, G., Banu Demir, A., Abbasoğlu, D., & Hizel, C. (2018). Chapter 14—Techniques For Nucleic Acid Engineering: The Foundation Of Gene Manipulation. In D. Barh & V. Azevedo (EDS.), *Omics Technologies and Bio-Engineering* (pp. 247–315). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-804659-3.00014-2>
- Zheng, M., Zhang, M., Li, H., Wu, S., Zhao, Y., Zhang, J., Zhou, Y., Jalloh, M. B., Zhang, K., Chen, L., Mi, Z., Cui, Y., & Hou, L. (2024). Rapid, Sensitive, And Convenient Detection Of Plasmodium Falciparum Infection Based On Crispr And Its Application In Detection Of Asymptomatic Infection. *Acta Tropica*, 249, 107062. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2023.107062>