

Ekstraksi DNA *Pseudomonas aeruginosa*: Komparasi Metode NaOH, Perebusan, Iradiasi Microwave, dan Kit Komersial.

Fitra Adi Prayogo^{1*}, Irfanul Chakim²

¹*Program Studi Ilmu Biomedis, Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan, Universitas Karya Husada, Kota Semarang, Indonesia.*

²*Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Muhammadiyah Semarang, Indonesia*

*Email: fitraadi@unkaha.ac.id

Abstract

*This study aims to compare the effectiveness of four methods of DNA extraction from *Pseudomonas aeruginosa* bacteria: NaOH, boiling, microwave, and a commercial kit. The four methods were evaluated based on DNA quantity and quality, as well as time and cost efficiency. Results showed that the microwave method yielded the highest DNA concentration (92.23 ± 1.04 ng/ μ L) with optimal purity (A260/A280 ratio of about 1.82). The boiling method had the highest purity ratio (1.90 ± 0.05), but failed to produce PCR amplification despite its high concentration. The commercial kit produced the best quality DNA but with the lowest concentration (14.35 ± 0.74 ng/ μ L) and highest cost (IDR 50,000.00 per sample). In terms of efficiency, the microwave and boiling methods were the most cost (IDR 500.00 per sample) and time (less than 15 minutes) efficient. Based on the total analysis, the microwave method offers the best balance between quality, quantity, time, and cost, so it is recommended as an efficient alternative for research and diagnostic applications, especially in microbiological surveillance or epidemiological studies. However, for sensitive downstream applications such as genome sequencing, the use of commercial kits remains safer despite the high cost.*

Keywords: DNA Extraction, *Pseudomonas aeruginosa*, Microwave Method, Comercial Kit, PCR

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas empat metode ekstraksi DNA dari bakteri *Pseudomonas aeruginosa*: NaOH, perebusan, microwave, dan kit komersial. Keempat metode dievaluasi berdasarkan kuantitas dan kualitas DNA, serta efisiensi waktu dan biaya. Hasil menunjukkan bahwa metode microwave menghasilkan konsentrasi DNA tertinggi ($92,23 \pm 1,04$ ng/ μ L) dengan kemurnian optimal (rasio A260/A280 sekitar 1,82). Metode perebusan memiliki rasio kemurnian tertinggi ($1,90 \pm 0,05$), namun gagal menghasilkan amplifikasi PCR meskipun konsentrasinya tinggi. Kit komersial menghasilkan DNA berkualitas terbaik tetapi dengan konsentrasi terendah ($14,35 \pm 0,74$ ng/ μ L) dan biaya tertinggi (Rp 50.000,00 per sampel). Dari segi efisiensi, metode microwave dan perebusan adalah yang paling hemat biaya (Rp 500,00 per sampel) dan waktu (kurang dari 15 menit). Berdasarkan analisis total, metode microwave menawarkan keseimbangan terbaik antara kualitas, kuantitas, waktu, dan biaya, sehingga direkomendasikan sebagai alternatif efisien untuk aplikasi penelitian dan diagnostik, terutama dalam surveilans mikrobiologi atau studi epidemiologi. Namun, untuk aplikasi downstream sensitif seperti sekuen genom, penggunaan kit komersial tetap lebih aman meskipun biayanya tinggi.

Kata kunci: Ekstraksi DNA, *Pseudomonas aeruginosa*, Metode Microwave, Kit Komersial, Amplifikasi PCR

PENDAHULUAN

Pseudomonas aeruginosa adalah bakteri Gram-negatif yang sering dijumpai sebagai patogen oportunistik pada manusia, terutama pada pasien dengan sistem imun yang lemah/kondisi medis tertentu seperti luka bakar. Bakteri ini memiliki kemampuan membentuk biofilm dan resisten terhadap berbagai antibiotik, sehingga menjadi tantangan besar dalam pengobatan infeksi (Gellatly & Hancock, 2013; Sanya et al., 2023). Identifikasi akurat *Pseudomonas aeruginosa* sangat penting untuk diagnosis dan pengobatan yang tepat. Salah satu pendekatan yang umum digunakan adalah analisis genetik, seperti amplifikasi gen 16S rRNA melalui PCR (*Polymerase Chain Reaction*) (Wang et al., 2023).

Langkah awal yang krusial dalam analisis genetik adalah ekstraksi DNA. Saat ini, metode ekstraksi DNA bervariasi, mulai dari metode manual hingga penggunaan kit komersial. Metode manual sering kali lebih murah, namun memerlukan waktu yang lebih lama dan hasilnya mungkin kurang konsisten dibandingkan metode kit komersial. Metode kit komersial memberikan hasil yang konsisten dan berkualitas tinggi, namun biayanya relatif mahal sering kali menjadi kendala, terutama di laboratorium dengan anggaran terbatas (Abdelhai, 2016).

Metode seperti ekstraksi berbasis NaOH, perebusan, dan *microwave* telah digunakan dalam berbagai studi mikrobiologi, tetapi efektivitasnya dalam mengekstraksi DNA dari *P. aeruginosa* belum sepenuhnya dieksplorasi (Aguoru et al., 2015). Metode berbasis NaOH dan perebusan memiliki kelebihan hemat biaya, tetapi sering dikritik karena hasil dan kemurnian yang rendah (Aphale & Kulkarni, 2018). Metode *microwave* memanfaatkan pemanasan dielektrik untuk melisis sel dengan cepat, menawarkan keseimbangan potensial antara efisiensi dan biaya (Chowdhury et al., 2020).

Meskipun sederhana, semua metode ini kurang dimanfaatkan dalam penelitian karena kurangnya validasi komparatif terhadap standar komersial (Dias et al., 2019).

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan tiga metode ekstraksi DNA sederhana - NaOH, perebusan, dan *microwave* - dengan kit ekstraksi DNA komersial sebagai kontrol positif. Kami mengevaluasi efektivitas masing-masing metode dalam hal kuantitas dan kualitas DNA, serta waktu dan biayanya. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan wawasan berharga tentang metode ekstraksi DNA *P. aeruginosa* yang efisien dan hemat biaya dan dapat bermanfaat dalam aplikasi penelitian dan diagnostik. Selain itu, studi ini dapat berkontribusi pada pemahaman yang lebih baik tentang tantangan dan peluang dalam ekstraksi DNA dari bakteri Gram-negatif yang sulit seperti *P. aeruginosa*.

TELAAH LITERATUR DAN PENGEMBANGAN HIPOTESIS

Pseudomonas aeruginosa adalah bakteri Gram-negatif yang dikenal sebagai patogen oportunistik, terutama pada individu dengan sistem imun lemah. Bakteri ini memiliki kemampuan membentuk biofilm dan resistensi terhadap berbagai antibiotik, sehingga menjadi tantangan besar dalam pengobatan infeksi (Gellatly & Hancock, 2013). Identifikasi akurat *P. aeruginosa* sangat penting untuk diagnosis dan penanganan yang tepat, dengan analisis genetik seperti amplifikasi gen 16S rRNA melalui PCR menjadi pendekatan yang umum digunakan (Wang et al., 2023). Dalam hal ini, ekstraksi DNA merupakan langkah awal yang krusial, dengan berbagai metode yang tersedia, mulai dari metode manual hingga kit komersial.

Metode ekstraksi DNA manual, seperti penggunaan NaOH dan perebusan, dikenal hemat biaya namun sering kali memerlukan waktu lebih lama dan

menghasilkan hasil kurang konsisten dibandingkan kit komersial (Aphale & Kulkarni, 2018). Kit komersial menawarkan hasil DNA berkualitas tinggi dengan konsistensi yang baik tetapi dengan biaya tinggi, menciptakan dilema bagi laboratorium dengan anggaran terbatas (Abdelhai, 2016). Penelitian terbaru menunjukkan potensi metode alternatif seperti iradiasi *microwave* yang menggunakan pemanasan dielektrik untuk melisis sel dengan cepat, menjanjikan keseimbangan antara efisiensi dan biaya (Chowdhury et al., 2020).

Berdasarkan studi literatur tersebut, maka ditentukan :

H₀: Tidak ada perbedaan signifikan dalam hal kuantitas dan kualitas DNA yang diekstraksi menggunakan metode sederhana (NaOH, perebusan, *microwave*) dibandingkan dengan metode kit komersial.

H₁: Metode ekstraksi DNA sederhana (NaOH, perebusan, *microwave*) memiliki efisiensi biaya dan waktu yang lebih baik dibandingkan dengan metode kit komersial, dengan hasil kuantitas dan kualitas DNA yang kompetitif.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain eksperimental laboratorium dengan empat kelompok perlakuan: metode NaOH, metode perebusan, metode *microwave*, dan metode kit komersial sebagai kontrol positif.

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan penelitian ini meliputi: *Pseudomonas aeruginosa*, Media Luria-Bertani (LB) agar dan cair, Larutan NaOH 0,2 M, Primer 16S rRNA (forward: 5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3'; reverse: 5'-TACGGCTACCTTGTACGACTT-3') (Chaudhry et al., 2020), Kit ekstraksi DNA komersial (Qiagen DNeasy Blood &

Tissue Kit), Reagen PCR (Taq polymerase, dNTPs, buffer PCR). Alat yang digunakan meliputi: Inkubator shaker, Sentrifugasi, Nanodrop, Thermal cycler, dan *Microwave* (Ramya et al., 2018).

Prosedur ekstraksi DNA

Metode NaOH

Sel bakteri dari 1 ml kultur cair (OD₆₀₀ ≈ 1.0) disentrifugasi pada 10.000 g selama 5 menit. Sel bakteri disuspensikan pada NaOH 0,2 M selama 10 menit untuk melisis dinding sel bakteri. Suspensi dipanaskan pada 95°C selama 15 menit menggunakan *heat block*. Setelah pemanasan, sampel dinetralkan dengan 16 µL Tris-HCl 1 M (pH 8,0). Sampel disentrifugasi pada 12.000 g selama 5 menit dan supernatan yang mengandung DNA digunakan untuk PCR dan nanodrop (Shwani et al., 2024).

Metode perebusan

Sel bakteri dari 1 ml kultur cair (OD₆₀₀ ≈ 1.0) disentrifugasi pada 10.000 g selama 5 menit, kemudian disuspensikan dengan aquades steril. Suspensi sel bakteri direbus pada suhu 95°C selama 10 menit untuk melisis sel bakteri, kemudian didinginkan dan disentrifugasi. Supernatan yang mengandung DNA digunakan untuk PCR dan nanodrop (Barazesh et al., 2020)

Metode microwave

Sel bakteri dari 1 ml kultur cair (OD₆₀₀ ≈ 1.0) disentrifugasi pada 10.000 g selama 5 menit, kemudian disuspensikan dengan aquades steril. Suspensi diberi perlakuan *microwave* (800 W) selama 3 menit. Sampel disentrifugasi pada 12.000 g selama 5 menit dan supernatan yang mengandung DNA digunakan untuk PCR dan nanodrop (Suresh, 2020).

Metode kit

Ekstraksi DNA dilakukan sesuai protokol Qiagen DNeasy Blood & Tissue Kit. Metode ini dikenal memberikan hasil yang konsisten dan berkualitas tinggi, meskipun dengan biaya yang lebih tinggi dibandingkan metode lainnya (Sattabongkot et al., 2014).

Pengolahan data

Data konsentrasi DNA dianalisis menggunakan ANOVA *oneway* dengan aplikasi SPSS 26 untuk melihat perbedaan antar kelompok perlakuan. Data kemurnian DNA dilihat range kemurnian DNA A260/280 sekitar 1,8 (Prayogo et al., 2020). Analisis efisiensi digunakan untuk melihat metode mana yang paling efisien dilihat dari waktu dan biayanya.

Efisiensi Biaya:

$$\text{Efisiensi Biaya} = \frac{\text{Biaya Minimum}}{\text{Biaya Metode}} \times 100\%$$

biaya minimum adalah biaya terendah di antara semua metode dan biaya metode adalah biaya dari metode yang sedang dievaluasi.

Efisiensi Waktu:

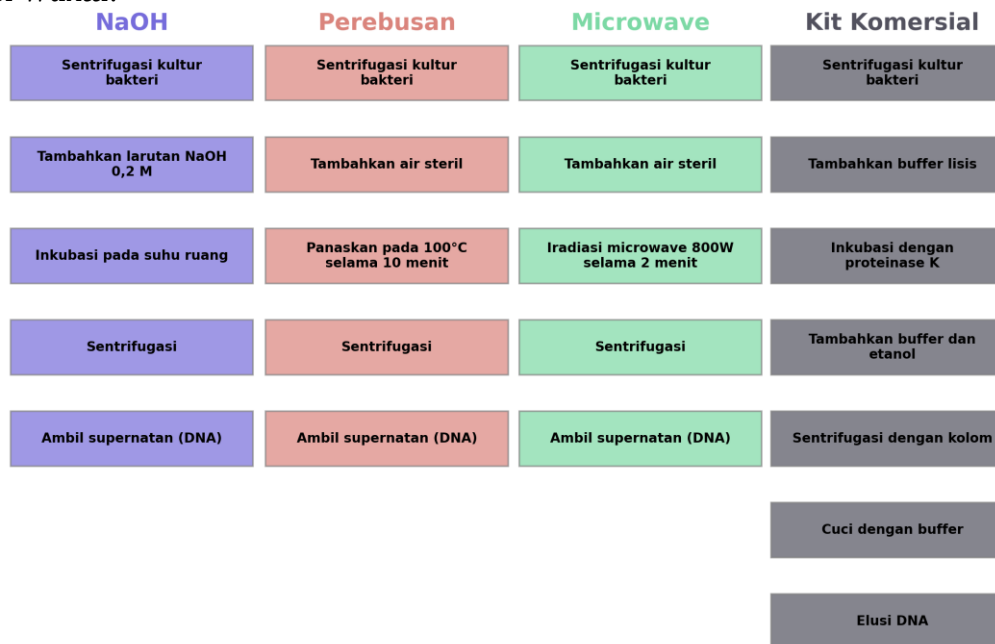
$$\text{Efisiensi Biaya} = \frac{\text{Waktu Minimum}}{\text{Waktu Metode}} \times 100\%$$

waktu minimum adalah waktu tercepat di antara semua metode dan waktu metode adalah waktu dari metode yang sedang dievaluasi.

Efisiensi Total:

$$\text{Efisiensi Total} = \frac{\text{Efisiensi biaya} + \text{efisiensi waktu}}{2} \times 100\%$$

Metode yang memiliki biaya terendah dan waktu tercepat akan mendapatkan skor efisiensi 100%. Semakin tinggi skor efisiensi total, semakin efisien metode tersebut dari segi biaya dan waktu (Pakpour et al., 2012). Perbedaan metode tiap perlakuan tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1
Diagram perbedaan metode tiap perlakuan

HASIL DAN PEMBAHASAN

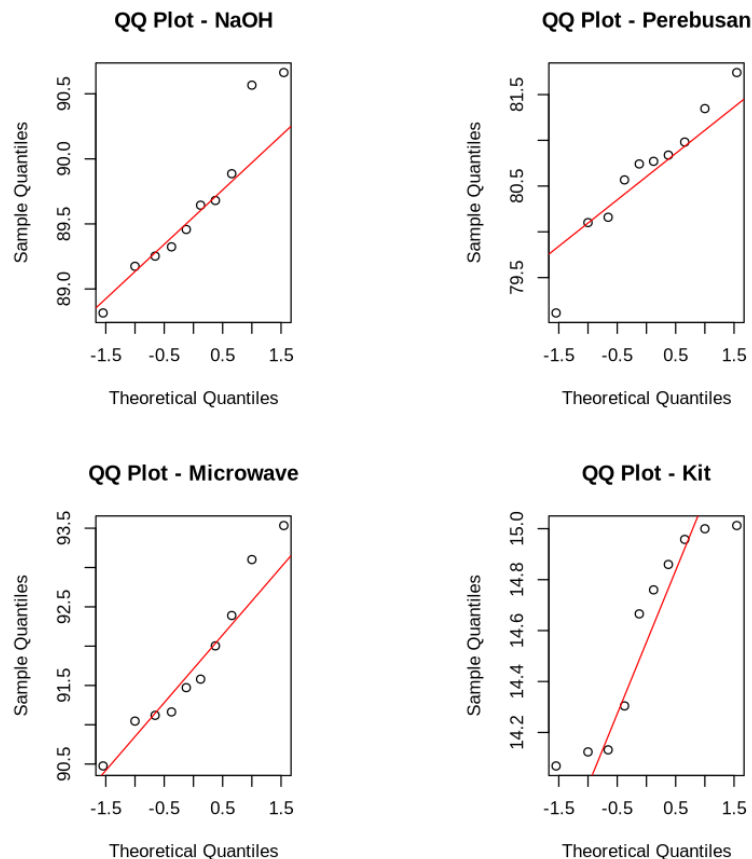
Hasil Pengukuran Konsentrasi dan Kemurnian DNA

Tabel 1
Hasil Pengukuran Konsentrasi dan Kemurnian DNA metode NaOH, perebusan, microwave, dan kit

Metode	Rerata Konsentrasi DNA ng/ml	Rerata Rasio A260.A280
NaOH	$89,60 \pm 0,62^a$	$1,79 \pm 0,05^a$
Perebusan	$80,49 \pm 0,70^b$	$1,90 \pm 0,05^a$
Microwave	$92,23 \pm 1,04^a$	$1,82 \pm 0,04^a$
Kit	$14,35 \pm 0,74^c$	$1,87 \pm 0,09^a$

Pengukuran konsentrasi dan kemurnian DNA dilakukan setelah kalibrasi Nanodrop menggunakan aquabidest steril sebagai blanko untuk memastikan baseline yang konsisten untuk semua sampel. Hasil menunjukkan bahwa metode microwave menghasilkan

konsentrasi DNA tertinggi ($92,23 \pm 1,04$ ng/ μ L), diikuti oleh metode NaOH ($89,60 \pm 0,62$ ng/ μ L) dan perebusan ($80,49 \pm 0,70$ ng/ μ L). Metode kit komersial menghasilkan konsentrasi terendah ($14,35 \pm 0,74$ ng/ μ L). Uji ANOVA menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan antar metode. Hal ini mengindikasikan bahwa metode ekstraksi mempengaruhi hasil konsentrasi DNA secara signifikan (Hoorzook et al., 2022; Latif & Osman, 2017). Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa metode ekstraksi yang berbeda dapat menghasilkan kualitas dan kuantitas DNA yang berbeda, tergantung pada kemampuan metode dalam menghilangkan kontaminan dan mempertahankan integritas DNA (Eslami et al., 2016; Fiky et al., 2019).



Gambar 2
Plot uji post hoc Tukey

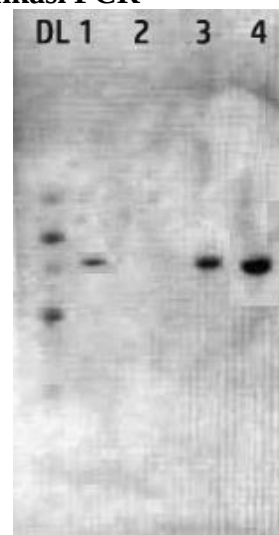
Hasil plot uji post hoc Tukey yang tersaji pada Gambar 2 menunjukkan bahwa semua perbandingan berpasangan menunjukkan perbedaan yang signifikan (tidak ada interval kepercayaan yang melewati garis nol). Urutan efektivitas metode berdasarkan konsentrasi DNA yang dihasilkan (dari tertinggi ke terendah), yaitu: *Microwave* (konsentrasi tertinggi), NaOH, Perebusan, dan Kit (konsentrasi terendah).

Dari segi kemurnian DNA, semua metode menunjukkan nilai rasio A260/A280 yang berada dalam rentang optimal (1,79–1,90), yang mendekati nilai ideal sekitar 1,8. Rentang ini menunjukkan bahwa DNA yang diekstraksi memiliki tingkat kemurnian yang baik dan bebas dari kontaminasi protein atau bahan organik lainnya (Prayogo et al., 2020). Meskipun metode perebusan memiliki rasio A260/A280 tertinggi ($1,90 \pm 0,05$), tidak ada perbedaan signifikan dalam kemurnian antar metode, sehingga semua metode dapat dianggap layak digunakan dalam hal kualitas DNA. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Moen et al., yang menekankan bahwa metode fisik seperti *microwave* dan perebusan dapat melisis sel mikroba secara efektif tanpa merusak integritas DNA. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Moen et al., yang menekankan bahwa metode fisik seperti *microwave* dan perebusan dapat melisis sel mikroba secara efektif tanpa merusak integritas DNA (Moen et al., 2016).

Namun, perlu dicatat bahwa rendahnya konsentrasi DNA yang diperoleh dari metode kit komersial mungkin disebabkan oleh proses pemurnian yang lebih ketat, yang dapat menyebabkan kehilangan sebagian DNA selama proses ekstraksi (Mackenzie et al., 2015). Penelitian oleh Fiedorová et al. menunjukkan bahwa efisiensi ekstraksi DNA tidak hanya bergantung pada metode, tetapi juga pada spesies yang diekstraksi,

yang dapat menjelaskan variasi dalam hasil yang diperoleh dari berbagai metode (Fiedorová et al., 2019). Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan metode ekstraksi yang tepat sangat penting untuk memastikan kualitas dan kuantitas DNA yang dihasilkan.

Hasil Amplifikasi PCR



Gambar 3

Hasil amplifikasi PCR (DL= DNA Ladder 100bp; 1= metode NaOH; 2= metode perebusan; 3= metode *microwave*; 4= metode kit)

Produk PCR divisualisasikan menggunakan elektroforesis gel agarose yang tersaji dalam Gambar 3. Hasil menunjukkan bahwa metode NaOH, *microwave*, dan kit berhasil mengamplifikasi gen 16S rRNA dengan adanya band yang muncul. Metode perebusan tidak menghasilkan band, meskipun memiliki konsentrasi besar dan kemurnian yang baik. Berdasarkan ketebalan band, metode kit memiliki ketebalan yang paling tebal, disusul metode *microwave*, dan metode NaOH yang memiliki band paling tipis.

Kegagalan metode perebusan dalam menghasilkan produk PCR dapat dijelaskan oleh beberapa faktor. Pertama, meskipun konsentrasi dan kemurnian DNA-nya tinggi, metode perebusan mungkin menyebabkan degradasi parsial

DNA selama proses lisis termal. Kedua, adanya inhibitor residu yang tidak terdeteksi dalam pengukuran spektrofotometri (seperti garam atau lipid) dapat menghambat aktivitas enzim DNA polimerase selama PCR (Opel et al., 2010). Temuan ini menunjukkan bahwa konsentrasi dan kemurnian DNA saja tidak cukup untuk memastikan keberhasilan amplifikasi PCR; integritas DNA juga merupakan faktor kritis. Penelitian oleh Assurian et al. menegaskan bahwa kit pembersihan DNA komersial dapat menghilangkan inhibitor PCR yang umum ditemukan dalam sampel, sehingga meningkatkan keberhasilan amplifikasi (Assurian et al., 2020).

Metode ekstraksi menggunakan NaOH bekerja dengan mekanisme

alkalinisasi lingkungan, yang menyebabkan denaturasi protein dan gangguan integritas membran sel. NaOH memiliki sifat basa kuat yang mampu merusak ikatan hidrogen dan interaksi elektrostatis antara komponen membran luar bakteri, seperti LPS dan protein porin. Hal ini memungkinkan pelepasan DNA genomik dari sitoplasma sel bakteri (Shwani et al., 2024). Namun, penggunaan NaOH juga dapat menyebabkan degradasi parsial DNA jika waktu inkubasi atau suhu tidak dikontrol dengan baik. Degradasi ini disebabkan oleh aktivitas basa kuat yang dapat memutus ikatan fosfodiester pada untai DNA (Aphale & Kulkarni, 2018).

Hasil Analisis Biaya dan Waktu Ekstraksi DNA *Pseudomonas aeruginosa*

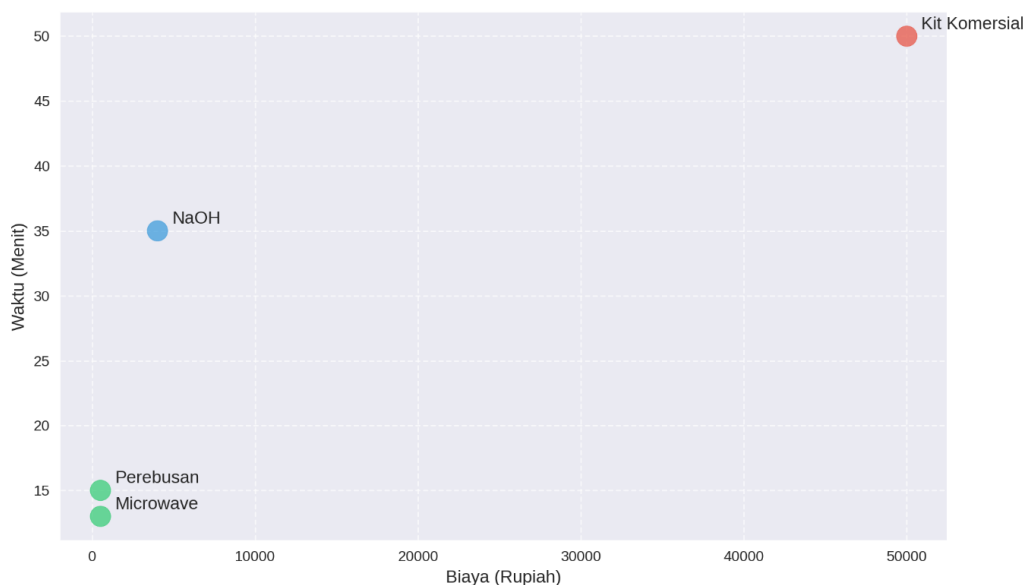
Tabel 2.

Biaya dan waktu Ekstraksi DNA *Pseudomonas aeruginosa* dengan 4 metode berbeda

Metode	Biaya reagent per Sampel (USD)	Waktu Ekstraksi (Menit)	Efisiensi waktu dan biaya (%)
NaOH	Rp 4.000,00	35	24,8
Perebusan	Rp 500,00	15	93,3
Microwave	Rp 500,00	13	100,0
Kit Komersial	Rp 50.000,00	50	13,5

Analisis biaya dan waktu menunjukkan bahwa metode microwave dan perebusan adalah yang paling efisien dalam ekstraksi DNA. Metode ini memiliki biaya reagen per sampel yang sangat rendah, hanya Rp 500,00, dan waktu ekstraksi yang singkat kurang dari 15 menit. Metode microwave tidak hanya menghemat waktu tetapi juga menghasilkan DNA berkualitas baik,

menjadikannya pilihan yang sangat efisien untuk aplikasi yang memerlukan pengolahan cepat (Taglia et al., 2022). Selain itu, Apostolos mencatat bahwa metode perebusan juga menunjukkan efisiensi yang tinggi dalam hal waktu dan biaya, dengan hasil yang sebanding dalam kualitas DNA yang diekstraksi (Apostolos, 2022).



Gambar 3
Grafik scatter plot hubungan biaya dan waktu ekstraksi DNA

Berdasarkan Gambar 3, grafik scatter plot menunjukkan hubungan antara biaya dan waktu ekstraksi. Metode *Microwave* dan Perebusan (bulat hijau) berada di posisi optimal dengan biaya rendah dan waktu singkat, sementara Kit Komersial berada di posisi kurang efisien dengan biaya tinggi dan waktu lama (bulat merah). Berdasarkan analisis efisiensi, Metode *Microwave* menawarkan keseimbangan terbaik antara biaya dan waktu, dengan kelebihan hasil DNA tinggi dan kemurnian baik, dengan efisiensi 100%, meskipun memerlukan akses ke *microwave*. Metode kit memiliki efisiensi waktu dan biaya yang paling rendah, yaitu sebesar 13,5%, meskipun memiliki kemurnian yang baik.

Dalam konteks efisiensi, metode *microwave* memiliki efisiensi waktu dan biaya tertinggi, serta konsentrasi tinggi dan kemurnian DNA yang baik. Hasil amplifikasi PCR dengan metode *microwave* juga dapat divisualisasikan dengan baik. Sebaliknya, metode kit komersial menunjukkan efisiensi yang lebih rendah karena biaya reagen yang

sangat tinggi dan waktu ekstraksi yang lebih lama, namun memiliki visualisasi yang paling baik. Penelitian oleh Jafar et al. menunjukkan bahwa meskipun kit komersial dapat menghasilkan produk PCR berkualitas tinggi, biaya dan waktu yang diperlukan sering kali menjadi kendala, terutama dalam penelitian berskala besar (Jafar et al., 2023).

Temuan ini sangat relevan dalam konteks laboratorium dengan keterbatasan anggaran dan waktu. Metode *microwave* menawarkan solusi yang ekonomis dan cepat untuk ekstraksi DNA, yang sangat berguna dalam aplikasi seperti surveilans mikrobiologi atau studi epidemiologi. Namun, keputusan akhir dalam memilih metode harus mempertimbangkan tujuan penelitian. Misalnya, jika diperlukan DNA dengan kemurnian tinggi untuk aplikasi downstream yang sensitif seperti sekuen genom, metode kit komersial mungkin tetap menjadi pilihan yang lebih aman meskipun biayanya tinggi (Yamagishi et al., 2016).

SIMPULAN

Metode *microwave* menawarkan keseimbangan terbaik antara kualitas, kuantitas, waktu, dan biaya dalam

ekstraksi DNA *Pseudomonas aeruginosa* dibandingkan metode lainnya. Metode ini menghasilkan konsentrasi DNA tertinggi ($92,23 \pm 1,04$ ng/ μ L) dengan kemurnian

optimal (rasio A260/A280 sekitar 1,82), biaya reagen yang sangat rendah (Rp 500,00 per sampel), dan waktu ekstraksi yang singkat (kurang dari 15 menit). Meskipun metode kit komersial menghasilkan DNA dengan kualitas terbaik untuk aplikasi downstream sensitif seperti sekuen genom, namun biayanya tinggi (Rp 50.000,00 per sampel) dan waktu ekstraksi yang lebih lama (50 menit). Metode microwave direkomendasikan sebagai alternatif efisien

untuk aplikasi penelitian dan diagnostik, terutama dalam surveilans mikrobiologi atau studi epidemiologi, namun untuk aplikasi yang memerlukan kemurnian sangat tinggi, penggunaan kit komersial tetap lebih aman meskipun biayanya lebih mahal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelhai, M. H. (2016). Comparative Study of Rapid DNA Extraction Methods of Pathogenic Bacteria. *American Journal of Bioscience and Bioengineering*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.11648/j.bio.20160401.11>
- Aguoru, C. U., Omoigui, L. O., & Olasan, J. O. (2015). Comparative Optimized Protocols of DNA Extraction and Purification Using FTA PlantSaver Card and DNAzol Methods for Eggplant (*Solanum* Species) Studies in North Central Nigeria. *Oalib*, 02(04), 1–5. <https://doi.org/10.4236/oalib.1101406>
- Aphale, D., & Kulkarni, A. (2018). Modifications and Optimization of Manual Methods for Polymerase Chain Reaction and 16S rRNA Gene Sequencing Quality Community DNA Extraction From Goat Rumen Digesta. *Veterinary World*, 11(7), 990–1000. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.990-1000>
- Apostolos, V. (2022). Evaluation of Molecular Methods to Be Used in Sensors for the Detection of Bacteria in Water. *Journal of Biosensors and Renewable Sources*, 2(3). <https://doi.org/10.32474/jbrs.2022.02.000137>
- Assurian, A., Murphy, H., Shipley, A., Cinar, H. N., Silva, A. D. A., & Almeria, S. (2020). Assessment of Commercial DNA Cleanup Kits for Elimination of Real-Time PCR Inhibitors in the Detection of *Cyclospora cayentanensis* in Cilantro. *Journal of Food Protection*, 83(11), 1863–1870. <https://doi.org/10.4315/JFP-20-139>
- Barazesh, A., Fouladvand, M., Rayani, M., & Ebrahimi, S. (2020). Comparison of Various Methods for DNA Extraction From Human Isolated Paraffin-Embedded Hydatid Cyst Samples. *Journal of Parasitic Diseases*, 44(3), 613–617. <https://doi.org/10.1007/s12639-020-01236-2>
- Chowdhury, R., Ghosh, P., Khan, M. A. A., Hossain, F., Faisal, K., Nath, R., Baker, J. R., Wahed, A. A. E., Maruf, S., Nath, P., Ghosh, D., Masud-Ur-Rashid, M., Rashid, M. U., Duthie, M. S., & Mondal, D. (2020). Evaluation of Rapid Extraction Methods Coupled With a Recombinase Polymerase Amplification Assay for Point-of-Need Diagnosis of Post-Kala-Azar Dermal Leishmaniasis. *Tropical Medicine and Infectious Disease*, 5(2), 95. <https://doi.org/10.3390/tropicalmed5020095>
- Dias, V. D., Filho, R. C., Dianese, É. d. C., & Cunha, M. G. d. (2019). Detection of Sugarcane Leaf Scald From Latent Infections. *Científica*, 47(1), 21. <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2019v47n1p21-27>
- Eslami, G., Hajimohammadi, B., Gholamrezaei, M., Khalatbari, S.,

- Zohortabar, A., & Ardian, M. (2016). Practical Approach for DNA Extraction of Food Born Linguatula Serrata Nymphs: An Analytical. *Galen Medical Journal*, January 2014. <https://doi.org/doi:10.31661/gmj.v3i2.139>
- Fiedorová, K., Radvanský, M., Nemcová, E., Grombiríková, H., Bosák, J., Cernochova, M., Lexa, M., David Šmajš, & Tomáš, F. (2019). The Impact of DNA Extraction Methods on Stool Bacterial and Fungal Microbiota Community Recovery. *Frontiers in Micorbiology*, 10(821), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00821>
- Fiky, Z. A. El, Yassein, A. A. M., Hemeda, N. F., & Eid, G. R. (2019). A SIMPLE, RAPID, EFFICIENT AND LOW COST METHOD FOR MINIPREP DNA FROM DIFFERENT SOURCES. *J. Agric. Res. & Dev.*, 33(2), 12–23.
- Gellatly, S. L., & Hancock, R. E. W. (2013). *Pseudomonas aeruginosa*: New Insights Into Pathogenesis and Host Defenses. *Pathogens and Disease*, 67(3), 159–173. <https://doi.org/10.1111/2049-632x.12033>
- Hoorzook, K. B., Barnard, T. G., & Water. (2022). Comparison of DNA Extraction Methods for the Direct Quantification of Bacteria from Water Using Quantitative. *Water*, 14(3736). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/w14223736> Academic
- Jafar, S., KABIR, F., Anjum, K. M., Zahoor, M. Y., Shehzad, W., & Imran, M. (2023). Comparison of Different DNA Preparatory Methods for Development of a Universal Direct PCR-RFLP Workflow for Identification of Meat Origin in Food Products. *Food Science and Technology*, 43. <https://doi.org/10.1590/fst.65122>
- Latif, A. A., & Osman, G. (2017). Comparison of three genomic DNA extraction methods to obtain high DNA quality from maize. *Plant Methods*, 13(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s13007-016-0152-4>
- Mackenzie, B. W., Waite, D. W., Taylor, M. W., Kellogg, C. A., & States, U. (2015). Evaluating variation in human gut microbiota profiles due to DNA extraction method and inter-subject differences. *Frontiers in Microbiology*, 6(130), 1–11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00130>
- Moen, A. E. F., Tannæs, T. M., Vatn, S., Ricanek, P., Vatn, M. H., & Jahnsen, J. (2016). Simultaneous purification of DNA and RNA from microbiota in a single colonic mucosal biopsy. *BMC Research Notes*, 9(328), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s13104-016-2110-7>
- Opel, K. L., Chung, D., & McCord, B. R. (2010). A study of PCR inhibition mechanisms using real-time PCR. *Journal of Forensic Sciences*, 55(1), 25–33. <https://doi.org/10.1111/j.1556-4029.2009.01245.x>
- Pakpour, S., Milani, A. S., & Chénier, M. R. (2012). A multi-criteria decision-making approach for comparing sample preservation and DNA extraction methods from swine feces. *American Journal of Molecular Biology*, 2012(April), 159–169. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4236/ajmb.2012.22018>
- Prayogo, F. A., Budiharjo, A., Kusumaningrum, H. P., Wijanarka, W., Supriyadi, A., & Nurhayat, N. (2020). Metagenomic applications in exploration and development of novel enzymes from nature: a review. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 18, 1–10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/>

- s43141-020-00043-9
- Ramya, G., Ravichandran, A., Dhali, A., Kolte, A. P., Giridhar, K., & Manpal, S. (2018). A Rapid Microwave Method for Isolation of Genomic DNA and Identification of White Rot Fungi. *Biotechnology Journal International*, 21(2), 1–7. <https://doi.org/10.9734/bji/2018/42191>
- Sanya, D. R. A., Onésime, D., Vizzarro, G., & Jacquier, N. (2023). Recent Advances in Therapeutic Targets Identification and Development of Treatment Strategies Towards *Pseudomonas aeruginosa* Infections. *BMC Microbiology*, 23(1). <https://doi.org/10.1186/s12866-023-02832-x>
- Sattabongkot, J., Tsuboi, T., Han, E.-T., Bantuchai, S., & Buates, S. (2014). Loop-Mediated Isothermal Amplification Assay for Rapid Diagnosis of Malaria Infections in an Area of Endemicity in Thailand. *Journal of Clinical Microbiology*, 52(7), 2746. <https://doi.org/10.1128/jcm.01203-14>
- Shwani, A., Zuo, B., Alrubaye, A., & Zhao, J. (2024). applied sciences A Simple , Inexpensive Alkaline Method for Bacterial DNA Extraction from Environmental Samples for PCR Surveillance and Microbiome Analyses. *Applied Sciences*, 14(141). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/app14010141>
- Suresh, S. (2020). DNA Extraction From Archived Paraffin Embedded Tissues: A Comparative Study Using Three Different Extraction Method-Extraction of DNA From Paraffin Embedded Tissues. *Medico-Legal Update*. <https://doi.org/10.37506/mlu.v20i4.2174>
- Taglia, F., Wang, L., Setser, C. H., Fern, N., Mccord, R., & Lee, S. B. (2022). Forensic Science International : Synergy Development of a microwave-based extraction for forensic biological samples. *Forensic Science International*, 5(100291), 0–7. <https://doi.org/10.1016/j.fsisyn.2022.100291>
- Wang, Z., Tian, W., Sun, S., Chen, X., & Wang, H. (2023). Genomic and Proteomic Analysis of *Pseudomonas aeruginosa* Isolated From Industrial Wastewater to Assess Its Resistance to Antibiotics. *Separations*, 10(11), 549. <https://doi.org/10.3390/separations10110549>