

Detection of IMP-1 and OXA-24 Genes as Markers of Carbapenem Resistance in *Acinetobacter baumannii* Isolates

Rachel Lintang Putriku, Sinta Puspitasari, Vector Stephen Dewangga*

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional, Sukoharjo, Jawa Tengah, Indonesia;

Article History

Received : June 01th, 2026

Revised : June 17th, 2026

Accepted : June 24th, 2026

*Corresponding Author:

Vector Stephen Dewangga,
Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Laboratorium
Medis, Sekolah Tinggi Ilmu
Kesehatan Nasional,
Sukoharjo, Jawa Tengah,
Indonesia;
Email :
vector.stephen@stikesnas.ac.id

Abstract: Nosocomial infections remain a major global health concern, particularly in developing countries, with *Acinetobacter baumannii* recognized as an important carbapenem-resistant pathogen. This study aimed to detect the presence of the OXA-24 and IMP-1 genes in carbapenem-resistant *A. baumannii* isolates obtained from a regional hospital in Surakarta. A descriptive observational study was conducted on 10 clinical isolates using polymerase chain reaction (PCR) analysis. DNA extraction was performed, followed by qualitative and quantitative DNA assessment, and PCR amplification targeting the OXA-24 gene (246 bp) and IMP-1 gene (172 bp). The results showed that no specific amplification bands corresponding to the expected target sizes were observed for either the OXA-24 or IMP-1 genes. It can be concluded that the OXA-24 and IMP-1 genes were not detected in the examined isolates. These findings suggest the possibility of alternative carbapenem-resistance mechanisms in the isolates and highlight the need for further studies involving optimization of primer design, PCR conditions, and DNA sequencing to confirm the genetic profile of resistance determinants.

Keywords: *Acinetobacter baumannii*; Carbapenem resistance; OXA-24; IMP-1; PCR.

Pendahuluan

Infeksi nosokomial atau *Health-care-Associated Infections* merupakan infeksi yang sering muncul selama pasien menjalani proses perawatan di rumah sakit (Zhang, 2023). Infeksi nosokomial masih menjadi masalah utama di dunia. Data surveilans *World Health Organization* (WHO) infeksi nosokomial sebesar 5% per tahun. Di negara berkembang, termasuk Indonesia, rata-rata prevalensi infeksi nosokomial sekitar 9,1% dengan variasi 6,1%-16,0%. Indonesia telah melakukan survei pada tahun 2019. Didapatkan angka cukup tinggi, 6–16% infeksi nosokomial, dengan rata-rata 9,8% (Taufik *et al.*, 2024).

Acinetobacter baumannii ialah mikroorganisme kunci pemicu infeksi rumah sakit dengan tingkat kejadian yang konsisten mengalami lonjakan. Di Indonesia, *A. baumannii* ditemukan cukup tinggi yaitu 25,8% (Yapson *et*

al., 2023). WHO menetapkan *A. baumannii* ke dalam kelompok patogen prioritas yang membutuhkan pengembangan antibiotik baru. *A. baumannii* menjadi tantangan global dalam terapi infeksi karena kemampuannya mengembangkan resistensi antibiotik yang terus meningkat (Kyriakidis *et al.*, 2021). Hingga kini, di Indonesia ditemukan terjadi peningkatan resistensi hingga 46,38 % (Kadariswantiningsih *et al.*, 2025).

Antibiotik karbapenem menjadi pilihan utama untuk infeksi *A. baumannii* (Kyriakidis *et al.*, 2021). Namun, peningkatan resistensi yang ditransmisikan melalui gen resistensi menjadi tantangan utama. Gen pengkode enzim karbapenemase berada pada elemen genetik seperti plasmid, transposon, dan integron sehingga memungkinkan transfer gen horizontal. Gen karbapenemase seperti OXA-24 dan IMP-1 berperan dalam mekanisme resistensi karbapenem (Zahra *et al.*, 2022). OXA-24

membawa oksasilinase yang berperan dalam resistensi karbapenem dan dianggap berbahaya karena berada pada plasmid sehingga mudah ditransmisikan (Palavecino *et al.*, 2022).

Peningkatan kasus resistensi antibiotik menyebabkan pengendalian infeksi menjadi semakin sulit dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini harapannya bisa menyajikan pemahaman lebih komprehensif terkait pengendalian *A. baumannii*. Sehingga melalui penelitian ini, dapat mendukung penggunaan antibiotik yang lebih rasional (Simonović *et al.*, 2022).

Bahan dan Metode

Waktu dan Tempat

Pelaksanaan penelitian berlangsung di Laboratorium Mikrobiologi dan Laboratorium Biologi Molekuler di Kampus Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional pada bulan Januari 2025 hingga bulan September 2025.

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain deskriptif observasional untuk mendeteksi gen resistensi karbapenem OXA-24 dan IMP-1 pada isolat *A. baumannii* dengan metode *Polymerase Chain Reactions* (PCR) dan elektroforesis gel agarose yang bertujuan untuk mendeteksi adanya gen penyandi resistensi karbapenem yaitu gen OXA-24 dan IMP-1 pada isolat *Acinetobacter baumannii*. Sampel yang didapat dari laboratorium Mikrobiologi Rumah Sakit di Daerah Surakarta melalui kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi yang dimaksud, yakni isolat bakteri *A. baumannii* yang resisten terhadap karbapenem. Sedangkan kriteria eksklusi pada penelitian ini adalah bakteri heterogen yang muncul pada saat pertumbuhan.

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi yang diteliti ialah 10 isolat *A. baumannii* resisten karbapenem yang di dapat dari Rumah Sakit di daerah Surakarta. Teknik sampling yang digunakan yaitu kuota sampling dengan variabel penelitian berupa keberadaan gen OXA-24 dan IMP-1, pengambilan data dilakukan melalui pemeriksaan *Polymerase Chain Reaction* (PCR) dan elektroforesis setelah isolasi DNA, menggunakan alat seperti *thermal cycler*, elektroforesis, gel doc, mikropipet, dan

centrifuge serta bahan berupa media *Blood Agar Plate* (BAP), *Nutrient Agar* (NA), kit bakteri gDNA Mini Presto™, primer OXA-24 dan IMP-1, *Taq Polymerase*, agarose, buffer TBE, dan master mix.

Prosedur Penelitian

Inokulasi ke media BAP

Dilakukan inokulasi ke media BAP dari kultur cryogen bakteri *A. baumannii* lalu diterapkan inkubasi dalam kurun waktu 24 jam melalui suhu 37°C.

Inokulasi ke media NA

Koloni terpisah dari media BAP diinokulasikan ulang ke media *Nutrient Agar* (NA). Selanjutnya dilakukan inkubasi media NA pada suhu 37°C selama 24 jam.

Ekstraksi DNA

Ekstraksi DNA diterapkan mengikuti prosedur Geneaid Presto™ Mini gDNA Bacteria Kit. Isolat dimasukkan ke dalam mikrotube, kemudian dilakukan sentrifugasi pada kecepatan 14.000–16.000 xg dalam waktu 1 menit, setelahnya buang supernatan. Selanjutnya, ditambahkan 180 µL GT buffer dan dilakukan vortex. Tambahkan sejumlah 20 µL proteinase K dan dilakukan vortex kembali. Tahap selanjutnya inkubasi melalui suhu 60°C dalam waktu 10 menit, dengan pembalikan (inversi) tiap 3 menit sepanjang proses berlangsung (Geneaid, 2017).

Berikutnya, sebanyak 200 µL GB buffer ditambahkan pada sampel dan divortex sampai homogen. Sampel dilaksanakan pemindahan ke GD column yang terpasang *collection tube* dan disentrifugasi melalui kecepatan 14–16.000 xg dalam waktu 2 menit. Filtrat dibuang dan dipasangkan *collection tube* yang baru. Lalu, tambahkan 400 µL W1 buffer dan sentrifugasi ulang dalam waktu 30 detik, diikuti dengan penambahan 600 µL wash buffer. GD column lalu pindahkan menuju tabung eppendorf steril dan tambahkan 100 µL elution buffer yang sudah mengalami pemanasan lebih dulu. Sampel disentrifugasi pada kecepatan 14–16.000 xg selama 3 menit. Supernatan yang diperoleh dalam tabung eppendorf merupakan ekstrak DNA (Geneaid, 2017).

Uji Kualitas Isolat DNA

Uji kualitas DNA diterapkan secara kualitatif dengan elektroforesis gel agarose. Sebanyak 1 gram agarose dan 100 ml buffer TBE 1x dimasukkan ke dalam erlenmeyer untuk membuat gel agarose 1%. Campuran dipanaskan dengan *microwave* selama 2 menit setelahnya dinginkan sebentar dan dituangkan pada chamber yang sudah dipasang comb/sisir. Gel dibiarkan memadat dan kemudian dipasang pada gel tray. Selanjutnya, dituangkan TBE 0,5x hingga memenuhi gel agarose. Dilakukan pemipetan 4 µl *loading dye*, 2 µl *gel red* dan 4 µl isolat DNA pada masing-masing sampel dan dimasukkan pada sumuran. Kemudian hidupkan power supply dan di atur pada tegangan 60 Volt, kuat arus 400 mA dengan waktu 30 menit. Gel hasil elektroforesis divisualisasikan dengan gel doc (UV Transluminator) untuk mengamati pita DNA hasil elektroforesis. Sementara itu, uji kuantitatif dilakukan mempergunakan spektrofotometer UV-Vis melalui pengukuran absorbansi 260 nm dan 280 nm guna menyelidiki konsentrasi dan kemurnian DNA. Pada tabung falcon dipipet sebanyak 20 µl isolat DNA dan dilakukan penambahan aquabidest 2980 ml kemudian di vortex dan dilakukan pembacaan absorbansi dengan spektrofotometer.

Proses PCR

Primer yang digunakan untuk mendeteksi gen IMP-1 adalah IMP-1 F [5'-TTG ACA CTC CAT TTA CTG CTA-3'], IMP-1 R [5' TCA TTT GTT AAT TCA GAT GCA TA-3'] dengan target amplifikasi 172 bp (Zucrullah *et al.*, 2024), dan pada gen OXA-24 adalah OXA-24 F [5'-GGT TAG TTG GCC CCC TTA AA-3'], OXA-24 R [5'-AGT TGA GCG AAA AGG GGA TT-3'] dengan target amplifikasi 246 bp (Simonović *et al*, 2022).

Visualisasi Hasil PCR

Sebanyak 5 µl isolat DNA tiap-tiap sampel ditambahkan dengan 4 µl *loading dye* dan 2 µl *gel red* dihomogenkan di parafilm lalu masukkan campuran dimasukkan pada sumuran gel agarose. Pada alat elektroforesis diatur pada tegangan 60 volt, kuat arus 400 mA dengan waktu 120 menit. Gel agarose yang telah dilakukan elektroforesis dipindahkan pada UV transluminator dan dilakukan visualisasi pita DNA.

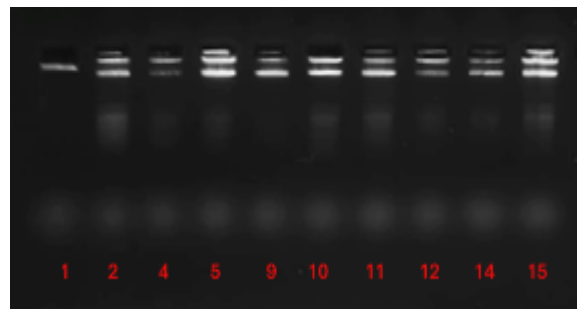
Analisis Data Penelitian

Data dianalisis melalui cara deskriptif didasarkan perolehan amplifikasi DNA mempergunakan metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR) yang berlanjut melalui proses elektroforesis gel dan visualisasi pita DNA menggunakan *UV Transilluminator/Gel Doc*, dengan kriteria gen OXA-24 dinyatakan terdeteksi apabila muncul pita DNA pada target 246 bp dan gen IMP-1 dinyatakan terdeteksi apabila muncul pita DNA pada target 172 bp pada sampel isolat *Acinetobacter baumannii*.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Uji Kualitatif DNA

Uji kualitatif DNA pada 10 sampel dilakukan dengan elektroforesis gel agarose. Elektroforesis di setting pada voltase 60 V, 400 mA selama 30 menit. Hasil dari elektroforesis kemudian di visualisasikan dengan gel doc UV Transluminator dan didapatkan perolehan sebagaimana Gambar 1. Perolehan pengujian kualitatif DNA pada Gambar 1 menunjukkan keberadaan pita DNA pada 10 sampel isolat dengan intensitas yang bervariasi disertai munculnya smear. Munculnya pita DNA pada sampel menunjukkan adanya DNA bakteri *A. baumannii* yang berhasil di isolasi.



Gambar 1. Hasil uji kualitatif DNA (Dokumentasi pribadi, 2025)

Hasil Uji Kuantitatif DNA

Dilakukan pemeriksaan konsentrasi dan tingkat kemurnian DNA menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 260 nm dan 280 nm. Kemurnian DNA dianggap optimal berkisar antara 1,8-2,0. Berdasarkan Tabel 1, didapatkan hasil nilai kemurnian DNA berkisar pada rentang 0,57-0,76 sehingga kemurnian yang diperoleh rendah.

Tabel 1. Hasil Uji Kualitas DNA secara Kuantitatif menggunakan Spektrofotometer

No	$\lambda 260$	$\lambda 280$	Kemurnian DNA	Konsentrasi DNA ($\mu\text{g/ml}$)
1.	0,0187	0,0330	0,57	140,25
2.	0,0399	0,0524	0,76	299,25
3.	0,0210	0,0358	0,59	157,50
4.	0,0237	0,0394	0,60	177,75
5.	0,0227	0,0385	0,59	170,25
6.	0,0271	0,0410	0,66	203,25
7.	0,0261	0,0406	0,64	195,75
8.	0,0234	0,0374	0,63	175,50
9.	0,0221	0,0370	0,60	165,75
10.	0,0250	0,0354	0,71	187,50

Hasil PCR Gradient/Optimasi

PCR gradient atau optimasi suhu annealing dilakukan untuk memperoleh suhu annealing paling optimal. Sebelum dilakukan PCR gradient perlu mencampur produk PCR seperti PCR mix, primer forward dan reverse, isolat DNA, serta ddH₂O dalam 8 tube PCR. Setiap tube diberi kode dan dilakukan proses PCR dengan variasi suhu berbeda seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaturan Thermal Cycler

Tahapan	Suhu (°C)	Durasi	Siklus	Kolom (°C)
Pre	95	3'		A: 60
Denaturasi				B: 59,1
Denaturasi	95	30''		C: 57,6
Annealing	48-60	30''	35 x	D: 55,4
Extension	72	1'		E: 52,6
				F: 50,3
Final	72	5'		G: 48,8
Extension				H: 48

Amplicon yang didapat perlu dilakukan proses elektroforesis sehingga dapat diketahui ketebalan pita yang paling optimal dan dipilih sebagai suhu annealing. Gel agarose 1% yang akan digunakan sebagai sumuran proses elektroforesis dibuat dengan mencampurkan agarose sebanyak 1 gram dalam 100 ml TBE 1X. Proses elektroforesis dilakukan kurang lebih 120 menit dengan kuat arus 400 mA pada voltase 60 volt. Hasil dari elektroforesis dilanjutkan visualisasi dengan gel doc, dan didapatkan suhu paling optimal pada suhu 57,6 °C untuk gen OXA-24 dan suhu 52,6°C pada gen IMP-1.

Polymerase Chain Reaction

Formula produk PCR yang digunakan pada penelitian ini yaitu dengan menambahkan sebanyak 4 μl isolat dari masing-masing sampel pada tube PCR yang sudah diberi kode sampel. Pada masing-masing tube tersebut kemudian dilakukan penambahan ddH₂O sebanyak 7 μl , PCR mix 12 μl , serta masing-masing 1 μl untuk primer forward dan reverse. Campuran yang diperoleh dilanjutkan dengan amplifikasi PCR. Amplifikasi PCR pada 10 sampel isolat dilakukan pada alat *thermal cycler* dengan menggunakan suhu annealing yang sudah didapatkan ketika proses PCR gradient.

Hasil Deteksi Gen IMP-1

Suhu annealing hasil optimasi selanjutnya diterapkan pada proses amplifikasi PCR isolat *A. baumannii*. Tahapan amplifikasi DNA dilakukan menggunakan *thermal cycler* dengan suhu annealing 52,6 °C dengan parameter pengaturan pre-denaturasi pada 95 °C selama 3 menit, denaturasi 95 °C dalam waktu 30 detik, annealing melalui temperatur 52,6 °C dalam waktu 30 detik, extension/elongasi suhu 72 °C dalam waktu 1 menit, dan final extension melalui temperatur 72 °C dalam waktu 5 menit, serta hold 12 °C.

Amplicon yang didapatkan dari proses amplifikasi PCR, selanjutnya dianalisis menggunakan metode elektroforesis gel agarose 1%. Sebelumnya perlu melakukan perncampuran 5 μl amplicon, 2 *gel red*, dan 4 μl *loading dye* pada kertas parafilm dan dipipet pada sumuran gel agarose. Keberadaan gen IMP-1 divisualisasikan dengan alat gel doc UV Transluminator dan diperoleh pita DNA seperti tersaji melalui Gambar 2.

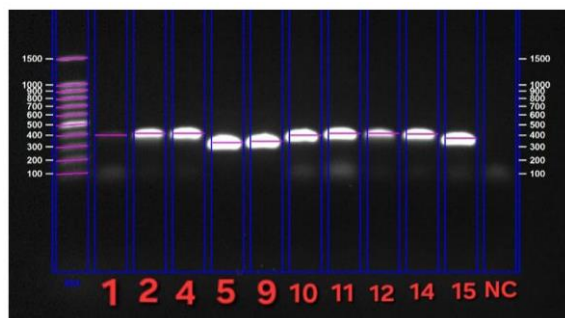


Gambar 2. Gambar keberadaan gen IMP-1 pada isolat *Acinetobacter baumannii* (Dokumentasi pribadi, 2025)

Gambar 2 didapatkan pita DNA yang jelas namun masih terlihat dimer pada hasil visualisasi gen IMP-1. Pita DNA yang tervisualisasi tidak sesuai dengan target ukuran 172 bp yang diantara 100-200 bp.

Hasil Deteksi Gen OXA-24

Suhu annealing yang didapat pada proses optimasi, selanjutnya digunakan untuk amplifikasi PCR pada isolat *A. baumannii*. Produk PCR dilakukan amplifikasi DNA pada alat *thermal cycler* dengan pengaturan yang sama pada amplifikasi PCR pada gen IMP-1. Proses PCR dilanjutkan dengan elektroforesis untuk mengetahui keberadaan gen yang dideteksi. Sebanyak 5 µl amplicon, 4 µl *loading dye*, dan 2 µl *gel red* dilakukan homogenisasi menggunakan mikropipet. Campuran satu per satu dimasukkan pada sumuran gel. Pada power supply setting alat pada waktu 120 menit, tegangan 60 volt serta 400 mA. Keberadaan gen OXA-24 dapat diketahui dengan memvisualisasikannya pada alat UV Transluminator seperti yang tertampil pada Gambar 3. Hasil visualisasi gen OXA-24 pada Gambar 3 didapatkan hasil pita tervisualisasi pada 10 sampel namun pita DNA muncul pada range 300-400 bp sehingga tidak sesuai target produk 246 bp.



Gambar 3. Gambar keberadaan gen OXA-24 pada isolat *Acinetobacter baumannii* (Dokumentasi pribadi, 2025)

Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan gen OXA-24 dan gen IMP-1 pada 10 sampel isolat klinis *Acinetobacter baumannii* yang telah terkonfirmasi resisten pada antibiotik golongan karbapenem. Adanya keberadaan gen yang di deteksi menunjukkan keterkaitannya dengan resistensi karbapenem pada isolat yang

diteliti. Isolasi DNA dilakukan untuk memperoleh DNA murni dengan memisahkannya dari berbagai komponen seluler lain seperti lemak, RNA, polisakarida, serta debris sel (Turrahmi *et al.*, 2021). Keberhasilan proses isolasi tersebut dapat dievaluasi menggunakan metode elektroforesis, yang ditunjukkan oleh terbentuknya pita DNA yang terlihat jelas (Herningtyas & Qurrohman, 2024). Hasil isoalsi DNA pada Gambar 1. mengindikasikan terdapatnya pita DNA pada semua sampel dengan intensitas yang bervariasi disertai smear. Kemurnian DNA serta keberadaan kontaminan dapat memengaruhi intensitas pita DNA yang tervisualisasi (Brito *et al.*, 2022).

Munculnya pola smear pada bagian bawah DNA genomik menunjukkan adanya fragmen DNA dengan ukuran molekul yang bervariasi akibat proses degradasi. Proses degradasi ini terjadi akibat pemutusan rantai DNA oleh enzim endonuklease selama tahap ekstraksi. Selain itu, DNA yang masih tertahan pada sumuran gel mengindikasikan adanya kontaminasi polisakarida yang turut terbawa saat proses isolasi DNA (Wiguna & Pharmawati, 2021).

Kualitas DNA dapat dinilai melalui elektroforesis gel dan spektrofotometri (Setyawati & Zubaidah, 2021). DNA dan asam nukleat lainnya menunjukkan puncak penyerapan pada panjang gelombang 260 nm, sementara protein menyerap cahaya paling kuat pada 280 nm. Oleh karena itu, perbandingan nilai absorbansi A260/A280 dimanfaatkan sebagai indikator untuk menentukan tingkat kemurnian DNA (Bunu *et al.*, 2020). DNA yang baik memiliki konsentrasi >100 ng/µL dengan rasio 1,8–2,0 (Suryadi *et al.*, 2025; Hanifa *et al.*, 2024). Pada Tabel 1. kemurnian DNA yang diperoleh <1,8 yang menandakan adanya kontaminasi protein. Kontaminasi protein dapat terjadi akibat proses presipitasi maupun ekstraksi DNA yang tidak optimal. Hal ini biasanya disebabkan oleh sisa larutan pencuci yang masih terbawa hingga tahap akhir, sehingga protein tidak sepenuhnya terangkat dari sampel (Sophian & Nasir, 2022).

Data pada Tabel 1 uji kuantitatif dapat diketahui bahwa isolat DNA yang diperoleh memiliki kemurnian yang rendah meskipun konsentrasi DNA tinggi (>100 ng/µL). Hal ini bisa disebabkan pada metode spektrofotometri,

panjang gelombang 260 nm tidak hanya mengukur DNA, tetapi juga RNA dan senyawa lain. Sehingga dapat menyebabkan nilai konsentrasi tetap tinggi walaupun kemurniannya rendah (Viljoen *et al.*, 2022).

Optimasi PCR perlu dilakukan sebelum analisis sampel agar hasil amplifikasi lebih spesifik dan akurat (Setyawati & Zubaidah, 2021). Suhu annealing berperan penting dalam penempelan primer pada DNA template (Agnur & Wahyudi, 2023). Suhu annealing yang tidak sesuai dapat memengaruhi spesifisitas proses PCR. Suhu yang terlampaui tinggi bisa menghambat penempelan primer pada DNA target sehingga efisiensi amplifikasi menurun, sedangkan suhu yang terlalu rendah dapat memicu terbentuknya amplifikasi nonspesifik serta menghasilkan fragmen DNA yang tidak diharapkan (Latham *et al.*, 2023). Konsentrasi primer juga beresiko menyebabkan amplifikasi tidak optimal serta berpotensi memunculkan primer dimer apabila konsentrasi primer yang digunakan terlalu rendah ataupun terlalu tinggi (Setyawati & Zubaidah, 2021).

Amplifikasi DNA dilakukan dengan suhu annealing optimum hasil optimasi, yaitu 57,6°C untuk gen OXA-24 dan 52,6°C untuk gen IMP-1. Hasil PCR Gen OXA-24 (Gambar 3.) menunjukkan pita DNA muncul pada semua sampel pada range 300–400 bp sehingga tidak sesuai dengan target 246 bp. Sedangkan, hasil elektroforesis Gen IMP-1 (Gambar 2.) menunjukkan pita DNA teramati, namun masih terdapat dimer yang mengganggu spesifisitas amplifikasi.

Hasil amplifikasi kedua gen menunjukkan adanya primer dimer serta amplifikasi non-spesifik. Kondisi ini dapat disebabkan oleh faktor teknis, seperti pemipetan yang terlalu kuat, pembalikan tabung eppendorf yang tidak hati-hati, proses sentrifugasi, paparan suhu tinggi, maupun bahan kimia tertentu yang dapat memutus ikatan antar molekul DNA. Faktor tersebut dapat menyebabkan kualitas DNA menurun sehingga hasil amplifikasi tidak optimal (Setyawati & Zubaidah, 2021).

Tingkat heterogenitas bakteri ini sangat tinggi dengan hanya sekitar 16,5% yang merupakan genom inti, sedangkan sekitar 25% genom bersifat unik pada setiap strain dan tidak ditemukan pada strain lainnya (Philippe *et al.*, 2022). Perbedaan asal geografis serta paparan

antibiotik di setiap wilayah mendorong bakteri mengembangkan mekanisme resistensi yang menimbulkan keragaman genetik. Kondisi tersebut menyebabkan primer tidak menempel optimal ataupun tidak sesuai target (Ghamari *et al.*, 2025).

Gen tertentu yang dilaporkan pada penelitian lain tidak selalu ditemukan pada populasi *Acinetobacter baumannii* di wilayah berbeda. Hal ini sejalan dengan temuan Cuenca (2025) yang menunjukkan isolat CR-Ab dari Andalusia tidak memiliki hubungan genetik dengan isolat dari Portugal meskipun berdekatan secara geografis. Kondisi tersebut menegaskan bahwa resistensi karbapenem tidak hanya bergantung pada satu gen, melainkan melibatkan berbagai mekanisme lain.

Gen blaOXA-24 pada *A. baumannii* memiliki beberapa varian, seperti OXA-24, OXA-72, OXA-160, OXA-207, OXA-653, dan OXA-897. Perbedaan sekuens antar varian dapat menimbulkan *mismatch* pada daerah pengikatan primer PCR sehingga produk yang dihasilkan berbeda dari target seharusnya (Li *et al.*, 2023). Selain produksi enzim karbapenemase, resistensi karbapenem pada *Acinetobacter baumannii* juga dipengaruhi oleh keberadaan gen metallo- β -laktamase seperti blaNDM, blaVIM, dan blaIMP, yang disertai perubahan permeabilitas membran luar serta peningkatan aktivitas sistem *efflux pump* sehingga memperkuat kemampuan bakteri dalam menghambat kerja antibiotik (Gupta *et al.*, 2022).

Pemahaman mengenai dampak *missmatch* antara primer dan template sangat penting dalam proses perancangan primer untuk memastikan amplifikasi PCR tetap sensitif dan spesifik (Huang *et al.*, 2024). Pemanfaatan teknologi *Whole Genome Sequencing* (WGS) sangat direkomendasikan untuk deteksi yang lebih optimal (Li *et al.*, 2023). Ketidakberhasilan deteksi gen IMP-1 dan gen OXA-24 pada penelitian ini diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti spesifisitas primer yang rendah, kualitas DNA template yang belum optimal, serta kondisi suhu annealing yang kurang sesuai selama proses PCR..

Kesimpulan

Pada penelitian ini bisa diambil simpulan tidak ditemukan keberadaan gen IMP-1 pada

target 172 bp dan gen OXA-24 pada target 246 bp pada isolat *Acinetobacter baumannii* yang resisten karbapenem menggunakan metode *Polymerase Chain Reaction*.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Laboratorium Medis, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Nasional yang bersedia menyediakan fasilitas dan dukungan sepanjang berjalannya penelitian yang menjadikan seluruh rangkaian penelitian bisa dijalankan dengan optimal hingga selesai.

Referensi

- Agnur, R., & Wahyudi, D. (2023). Desain primer secara in silico untuk amplifikasi gen Coa pada *Staphylococcus aureus* dengan *Polymerase Chain Reaction*. *Jurnal Harian Regional*, 11(1), 8–15. <https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/3734229>
- Brito, O. A. De, Alves, F., Thais, T., Yafawi, A., Roberto, C., Saraiva, N., Olinda, R., Maria, L., Leandro, G., Aquino, E. A. De, Luiz, D., Júnior, D. S., & Karollyna, M. (2022). Comparing protocols of DNA extraction from *Escherichia coli*: analysis of purity and concentration by gel electrophoresis. *Baghdad Journal Of Biochemistry And Applied Biological Sciences*, 3(02), 133–144. <https://doi.org/https://doi.org/10.47419/bjbabs.v3i02.123>
- Bunu, S. J., Otele, D., Alade, T., & Dodoru, R. T. (2020). Determination of serum DNA purity among patients undergoing antiretroviral therapy using NanoDrop-1000 Spectrophotometer and *Polymerase Chain Reaction*. *Biomedical and Biotechnology Research Journal*, 4(3), 214–219. https://doi.org/https://doi.org/10.4103/bbrj.bbrj_68_20
- Cuenca, F. F., Pallares, S. R., Cerero, L. L., Fernández, J. G., Bautista, M. F., Gómez, J. A. S., Romera, W. S. R., Delgado, M., Recacha, E., & Pascual, A. (2025). Regional distribution of carbapenemase-producing *Acinetobacter baumannii* isolates in southern Spain (Andalusia). *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 44(5), 1069–1076. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10096-025-05047-2>
- Geneaid. (2017). Presto™ Mini gDNA Bacteria Kit. Geneaid, 004, 1–8. <https://geneaid.com/data/files/1605607121092544801.pdf>
- Ghamari, M., Jabalameli, F., Emaneini, M., & Beigverdi, R. (2025). Antimicrobial resistance patterns and molecular characterization of *Acinetobacter baumannii* isolates in non-COVID-19 patients admitted to intensive care units during the pandemic : a retrospective study at a tertiary hospital in Tehran, Iran. *BMC Microbiology*, 25(741), 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12866-025-04477-4>
- Gupta, N., Angadi, K., & Jadhav, S. (2022). Molecular characterization of carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* with special reference to carbapenemases: a systematic review. *Infection and Drug Resistance*, 15(November), 7631–7650. <https://doi.org/10.2147/IDR.S386641>
- Hanifa, Y. R., Gildantia, E., Kasi, P. D., Purwantoro, A., & Semiarti, E. (2024). Characterization of flower's color based on CHS gene structure in phalaenopsis 'OX Queen' and dendrobium 'Cheddi Jagan' orchids. *J. Tropical Biodiversity and Biotechnology*, 09(03), 1–14. <https://doi.org/https://doi.org/10.22146/jtbb.91511>
- Herningtyas, R. S., & Qurrohman, M. T. (2024). Quality and quantity of *Aspergillus niger* DNA isolation using filter-based kit and cooling method. *International Journal of Health Science and Technology*, 6(1), 1–8. <https://doi.org/https://doi.org/10.31101/ijhst.v6i1.3274>
- Huang, K., Zhang, J., Li, J., Qiu, H., Wei, L., Yang, Y., & Wang, C. (2024). Exploring the impact of primer-template mismatches on PCR performance of DNA polymerases varying in proofreading activity. *Genes*, 15(215), 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/gene>

- s15020215
- Kadariswantiningsih, I. N., Rampengan, D. D., Ramadhan, R. N., Idrisova, A., Idrisov, B., & Empitu, M. A. (2025). Antibiotic resistance in Indonesia: a systematic review and meta-analysis of extended-spectrum beta-lactamase-producing bacteria (2008–2024). *Tropical Medicine and International Health*, 30, 246–259. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/tmi.14090>
- Kyriakidis, I., Vasileiou, E., Pana, Z. D., & Tragiannidis, A. (2021). *Acinetobacter baumannii* antibiotic resistance mechanisms. *Pathogens*, 10(3), 1–31. <https://doi.org/10.3390/pathogens10030373>
- Latham, S., Hughes, E., Budgen, B., & Morley, A. (2023). Inhibition of the PCR by genomic DNA. *PLoS ONE*, 18(4 April), 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0284538>
- Li, J., Li, Y., Cao, X., Zheng, J., Zhang, Y., Xie, H., Li, C., Liu, C., & Shen, H. (2023). Genome-wide identification and oxacillinase OXA distribution characteristics of *Acinetobacter* spp. based on a global database. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1174200>
- Palavecino, E., Greene, S. R., & Kilic, A. (2022). Characterisation of carbapenemase genes and antibiotic resistance in carbapenem-resistant *Acinetobacter baumannii* between 2019 and 2022. *Infectious Diseases*, 54(12), 951–953. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/23744235.2022.2113137>
- Philippe, C., Valcek, A., Whiteway, C., Robino, E., Nesporova, K., Bové, M., Coenye, T., De Pooter, T., De Coster, W., Strazisar, M., Kenyon, J., & Van der Henst, C. (2022). What are the reference strains of *Acinetobacter baumannii* referring to? *BioRxiv*, 2022.02.27.482139. <https://doi.org/https://doi.org/10.1101/2022.02.27.482139>
- Setyawati, R., & Zubaidah, S. (2021). Optimasi konsentrasi primer dan suhu annealing dalam mendeteksi gen Leptin pada sapi peranakan Ongole (PO) menggunakan Polymerase Chain Reaction (PCR). *Indonesian Journal of Laboratory*, 4(1), 36–40. <https://doi.org/https://doi.org/10.22146/ijl.v4i1.65550>
- Simonović, M., Lepšanić, Z., Rakonjac, B., & Lazić, S. (2022). Detection of carbapenem-resistance and biofilm formation genes, and genetic relatedness of *Acinetobacter baumannii* Isolates. *GENETIKA*, 54(3), 1069–1082. <https://doi.org/https://doi.org/10.2298/GENSR2203069S>
- Sophian, A., & Nasir, L. O. (2022). Analysis of purity and concentration of DNA isolated in dragonfly (*Onychogomphus forcipatus*). *Wahana-Bio: Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 14(2), 130–136. <https://doi.org/https://doi.org/10.20527/wb.v14i2.13209>
- Suryadi, G. F. P., Astuti, R. W., Fitriani, L. N., & Lisdiana, L. (2025). Detection of porcine contamination in beef meatballs from Gedangan district using PCR–RFLP. *Jurnal Biodjati* 10(2), 10(2), 332–351. <https://doi.org/https://doi.org/10.15575/biodjati.v10i2.49813>
- Taufik, M., Sajidin, M., Lestari, I., & Saudah, N. (2024). Hubungan supervisi dan motivasi dengan kepatuhan perawat dalam mengisi form re-assessment risiko jatuh. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(3), 11198–11206. <https://doi.org/10.31004/innovative.v4i3.11848>
- Turrahmi, M., Nurhidayani, N., Hasyimuddin, H., & Pabendon, M. B. (2021). Uji kualitas dan kuantitas tanaman jewawut (*Setaria italic*) di Balai Penelitian Tanaman Serealia Kabupaten Maros. *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, 1(2), 57–62. <https://doi.org/10.24252/filogeni.v1i2.23803>
- Viljoen, C. D., Booysen, C., & Tantuan, S. S. (2022). The suitability of using spectrophotometry to determine the concentration and purity of DNA extracted from processed food matrices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 112. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104689>

- Wiguna, I. K. C., & Pharmawati, M. (2021). RAPD Primers selection for genetic variation analysis of banana plant (*Musa* spp.). *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 9(2), 47–53. <https://doi.org/10.25077/jbioua.9.2.47-53.2021>
- Yapson, G. Y. A., Sukrama, I. D. M., Budayanti, N. N. S., & Hendrayana, M. A. H. (2023). Pola kepekaan bakteri *Acinetobacter baumannii* terhadap beberapa antibiotik pada pasien rawat inap di RSIP Prof. Dr. I.G.N.G Ngoerah Denpasar tahun 2021. *E-Jurnal Medika Udayana*, 12(7), 37. <https://doi.org/https://doi.org/10.24843/mu.2023.v12.i07.p06>
- Zahra, N., Zeshan, B., & Ishaq, M. (2022). Carbapenem resistance gene crisis in *A. baumannii* : a computational analysis. *BMC Microbiology*, 22(290), 1–17. <https://doi.org/10.1186/s12866-022-02706-8>
- Zhang, Z. (2023). Nosocomial infections. in *textbook of clinical epidemiology: for medical students* (pp. 323–333). https://doi.org/10.1007/978-981-99-3622-9_18
- Zucrullah, M., Nurdin, E. (2024). Deteksi gen resistensi karbapenemase dan metallo-B-lactamase ada *Acinetobacter baumannii*. *Jurnal Media Analisis Kesehatan*, 15(1). <https://doi.org/10.14341/cong21-24.05.24-304>