SKRIPSI

DETEKSI GEN *EKSFOLIATIVE* TOKSIN A (EtA) *Staphylococcus aureus* PADA LUKA PASIEN POST OPERASI SEBAGAI PENYEBAB *HEALTHCARE ASSOCIATED INFECTIONS* (HAIs)

Diajukan sebagai syarat dalam meraih gelar Sarjana Terapan Kesehatan (S.Tr.Kes)
Pada Program Studi Diploma Empat (D-IV) Teknologi Laboratorium Medis,
Fakultas Teknologi Kesehatan Universitas Megarezky Makassar

NURUL WAHDANIYAH
NIM: B1D121119

PROGRAM STUDI D-IV TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS
FAKULTAS TEKNOLOGI KESEHATAN
UNIVERSITAS MEGAREZKY
MAKASSAR
2025

HALAMAN JUDUL

SKRIPSI

DETEKSI GEN *EKSFOLIATIVE* TOKSIN A (EtA) *Staphylococcus aureus* PADA LUKA PASIEN POST OPERASI SEBAGAI PENYEBAB *HEALTHCARE ASSOCIATED INFECTIONS* (HAIs)

DETECTION OF THE EXFOLIATIVE TOXIN A (EtA) Gene of Staphylococcus aureus IN POSTOPERATIVE WOUNDS AS A CAUSE OF HEALTHCARE ASSOCIATED INFECTIONS (HAIs)

NURUL WAHDANIYAH
B1D121119

Dibimbing Oleh

Dr. Nirmawati Angria, S.Si., M.Kes
Pembimbing I

Bahri Majid, S.E.,MM
Pembimbing II

Dr. Handayani Halik, S.Si.,M.Kes
Penguji

PROGRAM STUDI D-IV TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS
FAKULTAS TEKNOLOGI KESEHATAN
UNIVERSIITAS MEGAREZKY
MAKASSAR
2025

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

DETEKSI GEN *EKSFOLIATIVE* TOKSIN A (EtA) *Staphylococcus aureus* PADA LUKA PASIEN POST OPERASI SEBAGAI PENYEBAB *HEALTHCARE ASSOCIATED INFECTIONS* (HAIs)

Disusun dan diajukan oleh
NURUL WAHDANIYAH

Nomor Induk Mahasiswa B1D121119

Telah dipertahankan didepan Tim Penguji Skripsi
Pada tanggal 17 Juni 2025

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Tim Penguji		Tanda Tangan
1. Dr. Handayani Halik, S.Si., M.Kes	(	)
2. Dr. Nirmawati Angria, S.Si., M.Kes	(	)
3. Bahri Majid, S.E., MM	(	)

Mengetahui,

Dekan
Fakultas Teknologi Kesehatan

Prof. Dr. Dra. apt. Hj. Asnah Marzuki, M.Si
NUPTK. 1350727628230010

Ketua Program Studi
DIV Teknologi Laboratorium Medis

Dr. Nirmawati Angria, S.Si., M.Kes
NUPTK. 6950765666230332

ii

SURAT KETERANGAN UJI TURNITIN

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN MASYARAKAT (LPPM)
UNIVERSITAS MEGAREZKY
SK. Menristekdikti RI. No.1194/KPT/I/2018 Terakreditasi BAN PT
Kampus II : Jalan Antang Raya No. 43 Telp. 0411 - 492 401 - 496401 Fax. 496614 Website : http://universitasmegarezky.ac.id-Email: info@universitasmegarezky.ac.id

KETERANGAN LOLOS UJI TURNITIN
No. 531 /T/07.091056/ VI /2025

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Syamsyuriyana Sabar, S.Kep., Ns., M.Kep

NIDN : 0915118602

Jabatan : Ketua LPPM

Menyatakan bahwa :

Nama : Nurul Wahdaniyah

NIM : B1D121119

Prodi : D-IV Teknologi Laboratorium Medis

Judul Skripsi/KTI : "Deteksi Gen *Eksfoliative* Toksin A (EtA) *Staphylococcus aureus* Pada Luka Pasien Post Operasi Sebagai Penyebab *Healthcare Associated Infections* (HAIs)"

Telah melalui uji *similarity* dengan software *Turnitin* dan dinyatakan lolos dengan **persentase 25%** sesuai bukti terlampir.

Demikian Surat Keterangan ini di buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 10 Juni 2025
Ketua,

Ns. Syamsyuriyana Sabar, M.Kep
NIDN: 09 151186 02

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tiada lembar yang paling indah dalam skripsi ini, kecuali lembar persembahan. Alhamdulillahirobbil'alamin, dengan mengucap syukur atas rahmat Allah swt. dan sebagai ucapan terima kasih, skripsi ini penulis persembahkan sebagai tanda bukti kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, ayah Agus Riyadi Nur dan ibu Mudrawati yang telah mendidik serta menjadi panutan hidup penulis. Terima kasih untuk hari-hari yang telah dihabiskan, terima kasih telah menjadi rumah untuk pulang, terima kasih atas segala doa, kasih sayang, serta dukungan moril dan materil yang selalu diberikan kepada penulis. Sungguh gelar sarjana ini penulis persembahkan untuk ayah dan ibu.
2. Saudara penulis, Aditya Mufti Ghazali dan Celena Kalani Tertia. Terima kasih sudah ikut serta dalam proses penulis menempuh pendidikan selama ini, terima kasih atas semangat, doa, dan cinta yang selalu diberikan kepada penulis. Tumbuhlah menjadi versi paling hebat, adik-adikku.
3. Nurul Wahdaniyah (Penulis). Apresiasi sebesar-besarnya karena telah bertanggung jawab untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai. Walaupun dalam perjalanan seringkali mengeluh atas beberapa usaha yang tidak sebanding dengan hasilnya. Berbahagialah, kamu hebat. Apapun kurang dan lebihmu, mari merayakan diri sendiri.

MOTTO

"Hasbunalloohu wani'mal wakiil Ni'mal maulaa wani'man nashiir"

"If You Have Decided to Pursue a Field, be Consistent. That is the Real Key to Success"
(BJ Habibie)

"Kata orang bijak dulu, kamu akan lebih menyesal bukan karena kamu melakukan sesuatu dan ternyata itu gagal. Tapi, kamu akan lebih menyesal saat kamu tidak pernah melakukan sesuatu"

TIDAK ADA PROSES YANG MUDAH UNTUK TUJUAN YANG INDAH, KARENA HAL-HAL BAIK TIDAK DIDAPAT DARI SANTAI-SANTAI.

CURRICULUM VITAE



NURUL WAHDANIYAH

B1D121119

Program Studi : DIV Teknologi Laboratorium Medis

Alamat : Jl. Sepakat 1, Kelurahan Tamalanrea, Kecamatan Tamalanrea Indah

Orang Tua

a. Ayah : Agus Riyadi Nur
b. Ibu : Mudrawati, Amd. Keb

Riwayat Pendidikan

a. Tahun 2008-2009 : TK Dharma wanita Ralla
b. Tahun 2009-2015 : SD Inpres Kompleks Ralla
c. Tahun 2015-2018 : SMP Negeri 1 Tanete Riaja
d. Tahun 2018-2021 : SMA Nasional Makassar
e. Tahun 2021-2025 : D-IV TLM Universitas Megarezky

Prinsip Hidup: *If we never try, we will never know.*

Apapun hasil akhirnya, berproseslah dengan sebaik dan semaksimal mungkin.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas rahmat karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan **Skripsi** ini yang berjudul: **"Deteksi Gen *Eksfoliative* Toksin A (EtA) *Staphylococcus aureus* Pada Luka Pasien Post Operasi Sebagai Penyebab *Healthcare Associated Infections* (HAIs)"**

Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan **Program Studi Diploma Empat (D-IV) Teknologi Laboratorium Medis pada Fakultas Teknologi Kesehatan, Universitas Megarezky Makassar**. Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak, skripsi ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik.

Dengan penuh rasa hormat dan cinta, penulis menyampaikan **ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua tercinta Ayah Agus Riyadi Nur dan Ibu Mudrawati**, yang senantiasa mendoakan, mendampingi, serta memberikan semangat, kasih sayang, dan dukungan moril maupun materil tanpa henti. Tanpa keikhlasan dan doa dari Ayah dan Ibu, penyusunan **Skripsi** ini tidak akan pernah terwujud.

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya juga penulis sampaikan kepada:

1. **Bapak Dr. H. Alimuddin, SH., MH., M.Kn sebagai Pembina Yayasan Pendidikan Islam Mega Rezky Makassar**, atas arahan dan pembinaan yang senantiasa menjadi fondasi dalam pengembangan institusi dan mahasiswa.
2. **Ibu Alm. Hj. Suryani, SH., MH sebagai Pendiri Yayasan Pendidikan Islam Mega Rezky Makassar**, atas dedikasi dan kontribusi luar biasa dalam mendirikan lembaga pendidikan yang menjadi wadah pengembangan ilmu dan karakter.
3. **Bapak Moch. Noer Alim Qalby, S.H., LLM sebagai Ketua Yayasan Pendidikan Islam Mega Rezky Makassar**, atas dukungan dan kebijakan

startegis yang menfasilitasi proses pendidikan dan penelitian secara berkelanjutan.

4. **Bapak Prof. Dr. H. Anwar Ramli, SE., M.Si sebagai Rektor Universitas Megarezky**, atas motivasi dan arahannya dalam membangun budaya akademik yang unggul dan berdaya saing.
5. **Ibu Prof. Dr. Dra. apt. Hj. Asnah Marzuki, M.Si sebagai Dekan Fakultas Teknologi Kesehatan Universitas Megarezky**, atas kesempatan dan dukungan yang diberikan selama masa studi.
6. **Ibu Dr. Nirmawati Angria, S.Si., M.Kes sebagai Ketua Prodi DIV Teknologi Laboratorium Medis Universitas Megarezky**, atas bimbingan akademik yang berkelanjutan dan inspiratif.
7. **Dosen Pembimbing I Ibu Dr. Nirmawati Angria, S.Si., M.Kes dan Pembimbing II Bapak Bahri Majid, S.E., MM**, yang telah memberikan arahan, saran, dan evaluasi dalam penyusunan skripsi ini dengan penuh kesabaran dan keikhlasan.
8. **Ibu Amirah, S.Si., M.Kes sebagai Pembimbing Akademik (PA)**, atas pendampingan dan bimbingan akademik selama masa studi penulis.
9. **Seluruh Dosen dan Staf Akademik Universitas Megarezky**, atas ilmu, perhatian, dan pelayanan yang diberikan selama proses studi.
10. **RSUP Dr. Tadjuddin Chalid Makassar dan *Hasanuddin University Medical Research Center* (HUM-RC)**, atas izin, dukungan, dan kerja samanya selama pelaksaan penelitian.
11. **Teman-teman seperjuangan dan semua pihak** yang turut membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini di masa mendatang

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, serta menjadi kontribusi yang berarti dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Makassar, 26 Mei 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL ..... **i**
HALAMAN PENGESAHAN ..... **ii**
SURAT KETERANGAN UJI TURNITIN ..... **iii**
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **iv**
MOTTO ..... **v**
CURRICULUM VITAE ..... **vi**
KATA PENGANTAR ..... **vii**
DAFTAR ISI ..... **x**
DAFTAR GAMBAR ..... **xii**
DAFTAR TABEL ..... **xiii**
DAFTAR SINGKATAN ..... **xiv**
ABSTRAK ..... **xv**
ABSTRACT ..... **xvi**
BAB I PENDAHULUAN **1**
A. Latar Belakang 1
B. Rumusan Masalah 4
C. Tujuan Penelitian 5
D. Manfaat Penelitian 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **6**
A. *Healthcare Associated Infections* (HAIs) 6
B. Infeksi Luka Operasi 10
C. *Staphylococcus aureus* 17
D. Gen Eksfoliative Toksin A (EtA) 21
E. *Polymerase Chain Reaction* (PCR) 27
F. Kerangka Teori 41
G. Kerangka Konsep 42
H. Definisi Operasional 42
BAB III METODE PENELITIAN **43**
A. Jenis Penelitian 43

B. Lokasi dan Waktu Penelitian 43
C. Populasi dan Sampel Penelitian 43
D. Kriteria Sampel Penelitian 44
E. Instrumen Penelitian 44
F. Prosedur Kerja 48
G. Alur Penelitian 48
H. Teknik Pengumpulan Data 48
I. Teknik Analisis Data 48
J. Etika Penelitian 49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 50
A. Hasil Penelitian 50
B. Pembahasan 52
BAB V PENUTUP 59
A. Kesimpulan 59
B. Saran 59
DAFTAR PUSTAKA 61
LAMPIRAN 66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Klasifikasi Infeksi Luka Operasi 13
Gambar 2. 2 *Staphylococcus aureus* 17
Gambar 2. 3 (a) *Staphylococcus aureus* pada MSA, (b) *Staphylococcus aureus* pada pewarnaan gram 17
Gambar 2. 4 Patogenesis *Staphylococcus aureus* 19
Gambar 2. 5 Komponen PCR 32
Gambar 2. 6 Tahapan PCR 35
Gambar 2. 7 Contoh hasil elektroforesis deteksi gen EtA *Staphylococcus aureus* 40
Gambar 2. 8 Kerangka Teori 41
Gambar 2. 9 Kerangka Konsep 42

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Karakteristik Subjek Penelitian 50
Tabel 4. 2 Hasil Deteksi Gen EtA *Staphylococcus aureus* 52

DAFTAR SINGKATAN

BSC	: *Biosafety Cabinet*
CDC	: *Centers for Disease Control* and Preventation
DNA	: *Deoxyribonucleic Acid*
dNTP	: *Deoxynucleoside Triphosphate*
EtA	: *Eksfoliative* A
EtB	: *Eksfoliative* B
EtC	: *Eksfoliative* C
EtD	: *Eksfoliative* D
EtBr	: *Ethidium Bromida*
GelDoc	: *Gel Documentation System*
HAIs	: *Healthcare Associated Infections*
HUM-RC	: *Hasanuddin University Medical Research Center*
IADP	: Infeksi Aliran Darah Primer
ILO	: Infeksi Luka Operasi
ISK	: Infeksi Saluran Kemih
NFW	: *Nuclease Free Water*
PBS	: *Phosphate Buffer Saline*
PCR	: *Polymerase Chain Reaction*
pH	: *potensial Hydrogen*
SSSS	: *Staphylococcal Scalded Skin Syndrome*
TAq	: *Thermus Aquaticus*
TBE	: *Tris-borat* EDTA
VAP	: *Ventilator Associated Pneumonia*
WHO	: *World Health Organization*

ABSTRAK

Nurul Wahdaniyah, B1D121119. Deteksi Gen *Eksfoliative* Toksin A (EtA) *Staphylococcus aureus* Pada Luka Pasien Post Operasi Sebagai Penyebab *Healthcare Associated Infections* (HAIs). Dibimbing oleh Nirmawati Angria dan Bahri Majid.

Infeksi Luka Operasi (ILO) menjadi salah satu jenis HAIs yang dapat menyebabkan morbiditas dan mortalitas pasien. Adanya luka atau sayatan akibat prosedur pembedahan pada pasien dapat menjadi pintu masuk bagi bakteri karena kondisi kulit yang menjadi lebih rentan untuk bakteri berkembangbiak. Salah satu bakteri yang sering ditemukan pada luka operasi adalah *Staphylococcus aureus* dengan berbagai faktor virulensinya dapat menyebabkan toksisitas. Salah satu faktor virulensi *Staphylococcus aureus* adalah *eksfoliative* toksin A yang dikode oleh gen EtA dan dapat menyebabkan *Staphylococcal Scalded Skin Syndrome* (SSSS). Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi gen *eksfoliative* toksin (EtA) *Staphylococcus aureus* pada luka pasien post operasi sebagai penyebab HAIs. Jenis penelitian ini adalah *observasional laboratory* dengan pendekatan *cross sectional study* menggunakan subjek penelitian sebanyak 8 orang. Berdasarkan hasil penelitian dari 8 sampel swab luka pasien post operasi yang dideteksi menggunakan metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR), diperoleh hasil sampel (100%) negatif yang ditandai dengan tidak terbentuknya pita DNA pada target 119 bp. Sehingga dapat disimpulkan tidak terdeteksinya gen *eksfoliative* toksin A (EtA) *Staphylococcus aureus* pada luka pasien post operasi sebagai penyebab HAIs.

Kata Kunci: Infeksi Luka Operasi (ILO), Gen EtA, *Staphylococcus aureus.*

ABSTRACT

ABSTRACT

Nurul Wahdaniyah (B1D121119). Detection of the Exfoliative Toxin A (EtA) Gene of Staphylococcus aureus in Postoperative Wounds as a Cause of Healthcare-Associated Infections (HAIs). Supervised by Nirmawati Angria and Bahri Majid.

Surgical Site Infection (SSI) is one type of healthcare-associated infection (HAI) that can lead to patient morbidity and mortality. Wounds or incisions resulting from surgical procedures can serve as an entry point for bacteria, as the skin becomes more vulnerable to bacterial proliferation. One of the bacteria frequently found in surgical wounds is Staphylococcus aureus, which possesses various virulence factors that can cause toxicity. One such virulence factor is exfoliative toxin A, which is encoded by the EtA gene and can cause Staphylococcal Scalded Skin Syndrome (SSSS). The aim of this study was to detect the exfoliative toxin A (EtA) gene of Staphylococcus aureus in postoperative wounds as a potential cause of HAIs. This research was an observational laboratory study with a cross-sectional approach, using 8 research subjects. Based on the results obtained from 8 swab samples of postoperative wounds tested using the Polymerase Chain Reaction (PCR) method, all samples (100%) were negative, as indicated by the absence of a DNA band at the 119 bp target. Thus, it can be concluded that the exfoliative toxin A (EtA) gene of Staphylococcus aureus was not detected in postoperative wounds as a cause of HAIs.

Keywords: Surgical Site Infection (SSI), EtA Gene, Staphylococcus aureus.



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Penyakit infeksi merupakan penyakit bersifat dinamis yang menjadi penyebab tingginya angka morbiditas dan mortalitas pasien. Salah satu jenis penyakit infeksi dan masih menjadi masalah utama di fasilitas kesehatan khususnya rumah sakit adalah infeksi terkait pelayanan kesehatan (*Healthcare Associated Infections*). *Healthcare Associated Infections* (HAIs) merupakan infeksi yang terjadi dan dapat disebabkan oleh mikroba patogen di rumah sakit (Konoralma, 2019).

Mikroba patogen seperti bakteri dapat masuk melalui kulit, mukosa, konjungtiva, serta aliran pembuluh darah. Kulit yang masih normal tidak dapat ditembus oleh patogen kecuali jika telah terjadi kerusakan jaringan seperti luka pada kulit (Arif & Talista, 2019). Salah satu contoh terjadinya infeksi bakteri pada kulit adalah infeksi pada luka post operasi.

Infeksi luka operasi (ILO) adalah salah satu jenis HAIs yang dapat menyebabkan morbiditas dan mortalitas pasien. ILO seperti pada daerah perut merupakan komplikasi pasca bedah yang sering dihadapi pasien. Berbagai faktor mulai dari kondisi pasien hingga tata cara perawatan pasca bedah, dapat berkontribusi dan meningkatkan risiko terjadinya infeksi tersebut (Rosidiana & Rinawati, 2021).

Berdasarkan data *World Health Organization* (WHO), menunjukkan bahwa 5%-34% dari beberapa jenis infeksi terkait pelayanan kesehatan adalah

infeksi akibat luka operasi (ILO). Menurut *Central of Disease Control* (CDC) angka kejadian ILO sebesar 121.800 yang berhubungan dengan operasi rawat inap dan dikaitkan dengan peningkatan risiko kematian sebesar 12 kali lipat dengan 75% kematian akibat infeksi luka operasi. Beberapa penelitian menunjukkan kejadian infeksi luka operasi (ILO) di rumah sakit Indonesia bervariasi dari 2% sampai 18% dari seluruh prosedur pembedahan. Di provinsi Sulawesi Selatan, berdasarkan hasil survey di RSUP Dr. Tadjuddin Chalid Makassar pada tahun 2021 diperoleh angka kejadian HAIs sebanyak 250 kasus dengan kematian post operasi 3,50% (Novita *et al*., 2022).

Luka sangat rentan dan seringkali menjadi tempat berkembangbiaknya mikroorganisme, khususnya bakteri. Berbagai jenis bakteri umum dapat dengan mudah menginfeksi luka dan menyebabkan komplikasi lebih lanjut seperti *Staphylococcus aureus, Staphylococcus epidermis, Escherichia coli, Salmonella typhi, Klebsiella pneumonia, Streptococcus pyogenes, Mycobacterium tuberculosis, Pseudomonas aeruginosa,* dan lain sebagainya (Ekawati *et al.,* 2018).

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Dirgagita, dkk (2020), ditemukan berbagai bakteri pada luka operasi seperti *Staphylococcus aureus* (59,3%), *Staphylococcus epidermidis* (25,0%), dan *Escherichia coli* (15,6%). Hal ini menunjukkan bahwa distribusi bakteri yang paling dominan adalah *Staphylococcus aureus.*

Staphylococcus aureus merupakan flora normal yang sering didapatkan di kulit dan dapat menjadi salah satu patogen umum yang dapat menyebabkan

infeksi. Bakteri ini sering menyebabkan infeksi yang ditandai dengan kerusakan jaringan dan pembentukan abses. Salah satu penyakit yang disebabkan oleh *Staphylococcus aureus* adalah infeksi pada luka (Salim dkk., 2023). Jika bakteri ini berkembang biak secara berlebihan di kulit, terutama pada luka akan memicu reaksi toksin yang dapat menyebabkan peradangan dan menghambat proses penyembuhan (Imasari & Emasari, 2022).

Berbagai faktor virulensi pada *Staphylococcus aureus* yang memungkinkan bakteri menempel pada jaringan, menyebabkan patogenesis, menembus sistem imun, dan menyebabkan toksisitas. Salah satu faktor virulensi *Staphylococcus aureus* adalah toksin eksfoliatif (Rasmi *et al.*, 2022).

Eksfoliative toksin merupakan eksotoksin epidermal yang terdiri dari berbagai isopeptida dengan massa molekul yang identik. Toksin A yang dikode oleh gen EtA, berperan sebagai faktor virulensi utama dalam patogenesis *Staphylococcal Scalded Skin Syndrome* (SSSS) yang dapat menyebabkan pengelupasan kulit dan pembentukan lepuh (Mariutti *et al*., 2017).

Penelitian oleh Suliati, dkk (2022), mengatakan bahwa gen *eksfoliative* A (EtA) menjadi salah satu toksin yang dihasilkan oleh *Staphylococcus aureus* dalam menyebabkan *Staphylococcal Scaled Skin Syndrome* (SSSS), terutama pada luka seperti ulkus diabetikum.

Penelitian serupa oleh Mohseni, *et al* (2018), menunjukkan frekuensi diantara toksin eksfoliatif yang mendominasi dari beberapa sampel klinis adalah gen EtA (76,7%), diikuti oleh gen EtD (54%), dan gen EtB (16,7%).

Sampel tersebut didominasi oleh spesimen isolat luka yang menunjukkan peran sekunder *Staphylococcus aureus* dalam perkembangan luka.

Meskipun beberapa penelitian sebelumnya telah berhasil mengidentifikasi gen EtA *Staphylococcus aureus* dari beberapa spesimen isolat luka seperti ulkus diabetikum, namun belum ada penelitian yang secara spesifik mendeteksi keberadaan gen EtA ini pada luka pasien post operasi.

Luka akibat pembedahan, dapat menjadi pintu masuk bagi *Staphylococcus aureus* yang dapat menghasilkan gen faktor virulensi khususnya toksin *eksfoliative* A (EtA), sehingga hal tersebut dapat memperburuk keadaan kulit post operasi dan menyebabkan komplikasi pada pasien. Untuk mendeteksi keberadaan gen penyandi toksin *eksfoliative* A (EtA) *Staphylococcus aureus* dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR) karena kemampuannya dalam mengamplifikasi segmen DNA secara spesifik, walaupun dengan jumlah sedikit.

Berdasarkan uraian tersebut, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian terkait dengan deteksi gen *eksfoliative* toksin (EtA) *Staphylococcus aureus* pada luka pasien post operasi sebagai penyebab *Healthcare Associated Infections* (HAIs).

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah apakah terdeteksi gen *eksfoliative* toksin (EtA) *Staphylococcus aureus* pada luka pasien post operasi sebagai penyebab *Healthcare Associated Infections* (HAIs)?

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi gen *eksfoliative* toksin (EtA) *Staphylococcus aureus* pada luka pasien post operasi sebagai penyebab *Healthcare Associated Infections* (HAIs).

D. Manfaat Penelitian

1. Manfaat Praktisi

   Penelitian ini diharapkan agar dapat menjadi sarana untuk menambah wawasan mengenai faktor virulensi dari bakteri *Staphylococcus aurues* sebagai salah satu penyebab *Healthcare Associated Infections* (HAIs) dalam meningkatkan keparahan pada luka pasien post operasi, serta pengalaman dalam mengaplikasikan ilmu yang telah didapatkan dengan menggunakan *Polymerase Chain Reaction* (PCR) sebagai metode untuk mendeteksi gen e*ksfoliative* toksin A (EtA) *Staphylococcus aureus* pada luka pasien post operasi.

2. Manfaat Teoritis

   Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan wawasan serta menjadi sumber informasi tentang bahaya yang ditimbulkan oleh gen toksin *eksfoliative* A (EtA) *Staphylococcus aureus* yang dapat memperburuk bagi penderitanya, sehingga penanganan pada pasien penderita dapat segera dilakukan dengan baik.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. *Healthcare Associated Infections (HAIs)*

1. Definisi *Healthcare Associated Infections* (HAIs)

Healthcare Associated Infections (HAIs) atau infeksi terkait pelayanan kesehatan merupakan penyakit menular yang terjadi pada pasien dengan kondisi awal yang sehat atau tidak menunjukkan gejala penyakit, namun, terinfeksi setelah 48 jam atau lebih menjalani perawatan di fasilitas kesehatan khususnya rumah sakit. Infeksi ini bisa muncul selama dirawat, setelah pasien pulang, atau bahkan menular ke petugas kesehatan yang memberikan perawatan (Suarmayasa, 2023).

Sebagian besar penyebab utama *Healthcare Associated Infections* (HAIs) adalah agen infeksius seperti bakteri, virus, jamur, dan parasit. Namun, penyebab HAIs yang paling umum adalah bakteri patogen. Berbagai jenis bakteri yang berperan penting dalam menyebabkan HAIs seperti *Staphylococcus aureus, Pseudomonas aeruginosa,* dan *Proteus mirabilis.* Beberapa tahun terakhir, bakteri khususnya *Staphylococcus aureus* menjadi sulit untuk ditangani dengan antibiotik karena sifatnya yang resisten terhadap antibiotik itu sendiri (Baharutan dkk., 2015).

2. Jenis *Healthcare Associated Infections* (HAIs)

Berbagai jenis *Healthcare Associated Infections* (HAIs) yang sering terjadi di fasilitas pelayanan kesehatan khususnya di rumah sakit, antara lain:

a. *Ventilator Associated Pneumonia* (VAP)

Ventilator Associated Pneumonia (VAP) merupakan infeksi yang sering terjadi pada saluran pernapasan yang paling banyak ditemukan pada pasien yang menggunakan ventilator selama lebih dari 48 jam, terutama di ruang unit perawatan intensif (ICU) (Fatmawati dkk., 2023).

b. Infeksi Aliran Darah Primer (IADP)

Infeksi aliran darah primer (IADP) merupakan kondisi ketika mikroorganisme seperti jamur atau bakteri menginfeksi lagsung aliran darah tanpa adanya sumber infeksi yang jelas pada organ atau jaringan tubuh lainnya. IADP seringkali menjadi indikator utama dalam mengukur tingkat keberhasilan upaya pengendalian infeksi di rumah sakit (Kescandra dkk., 2020).

c. Infeksi Saluran Kemih (ISK)

Infeksi saluran kemih (ISK) merupakan kondisi ketika bakteri menginfeksi bagian saluran kemih yang berfungsi dalam proses pengeluaran urine, seperti ginjal, ureter, kandung kemih, dan uretra. Hal ini sering dikaitkan dengan durasi penggunaan kateter selama perawatan di rumah sakit (Angria & Zarqia, 2023).

d. Infeksi Luka Operasi (ILO)

Infeksi luka operasi (ILO) merupakan infeksi yang paling umum terjadi di daerah luka akibat prosedur pembedahan pada pasien rawat

inap maupun pasien rawat jalan pasca operasi, dan biasanya didapatkan setelah lebih dari 5 hari (Lubis dkk., 2024).

3. Rantai Transmisi *Healthcare Associated Infections* (HAIs)

Menurut Depkes (2017), ada enam komponen yang menjadi rantai penularan kejadian HAIs, yaitu:

a. Agen infeksius *(Infectious agent)*

Adanya penyakit infeksi pada manusia dapat disebabkan oleh beberapa agen infeksius seperti virus, bakteri, jamur, maupun parasit. Kemampuannya dalam menyebabkan infeksi dipengaruhi patogenitas, virulensi, dan jumlahnya (dosis atau load) (Rdk dkk., 2024).

b. *Reservoir*

Reservoir merupakan tempat yang mendukung mikroorganisme penyebab penyakit dalam bertahan hidup, berkembang biak, dan melakukan infeksi inang baru. Agen infeksi dapat ditemukan pada bagian tubuh kulit, saluran pernapasan, maupun saluran pencernaan makhluk hidup (manusia dan hewan) atau benda mati (tanah, air, dan peralatan medis) (Ana & Hariyati, 2022).

c. Pintu keluar *(Part of exit)*

Pintu keluar merupakan jalur keluarnya agen infeksius dari *reservoir.* Beberapa tempat keluarnya agen infeksius ini meliputi saluran kemih, saluran pencernaan, saluran pernapasaan, dan plasenta (Ana & Hariyati, 2022).

d. Cara penularan (*Mode of transmission)*

Mode of transmission merupakan proses perpindahan agen infeksi dari *reservoir* ke inang yang rentan. Metode transmisi ini dapat melalui kontak langsung maupun tidak langsung melalui *airborne,* droplet, vehikulum, dan vector (Ana & Hariyati, 2022).

e. Pintu masuk *(Portal of entry)*

Pintu masuk merupakan jalur atau celah yang memungkinkan mikroba patogen masuk ke dalam tubuh inang (*susceptible*). Beberapa *portal of entry* yang umumnya dilalui oleh agen infeksi adalah saluran pernapasan, saluran pencernaan, saluran kemih dan kelamin, selaput lendir, serta kulit yang tidak utuh (luka) (Rosa, 2019).

f. Pejamu rentan *(Susceptible host)*

Susceptible host merupakan individu dengan kekebalan tubuh yang lemah, sehingga lebih rentan terhadap infeksi. Faktor usia, status gizi, status imunisasi, kondisi penyakit, dan pengobatan dengan *imunosupresan* dapat berpengaruh pada kerentanan seseorang terhadap infeksi (Rosa, 2019).

4. Faktor Risiko *Healthcare Associated Infections* (HAIs)

Adapun berbagai faktor risiko terjadinya *Healthcare Associated Infections* (HAIs), meliputi:

a. Usia: Bayi yang baru lahir memiliki sistem kekebalan tubuh yang belum sempurna, sedangkan orang tua memiliki kondisi kesehatan

mendasar yang melemahkan daya tahan tubuh, sehingga mereka lebih mudah terkena infeksi dibandingkan dengan kelompok usia lainnya.

b. Sistem kekebalan tubuh lemah: Orang yang memiliki penyakit kronis, kanker, atau sedang menjalani pengobatan yang melemahkan sistem kekebalan tubuh (seperti kemoterapi) lebih rentan terhadap infeksi.
c. Prosedur medis: Tindakan medis yang melibatkan penusukan kulit atau masuknya benda asing ke dalam tubuh dapat memberikan jalan bagi agen infeksius untuk masuk dan menyebabkan infeksi.
d. Penggunaan antibiotik: Dalam beberapa tahun terakhir pasien dengan *immunocompromised* semakin meningkat, begitupun dengan ketidaksesuaian dalam penggunaan antibiotik yang menyebabkan munculnya beberapa bakteri yang telah resisten terhadap antibiotik dan meningkatkan kasus *Healthcare Associated Infections* (HAIs) (Sazkiah, 2021).

B. Infeksi Luka Operasi

Infeksi kulit merupakan kondisi kompleks yang melibatkan kerusakan pada struktur kulit dan penurunan fungsi sistem kekebalan tubuh. Kulit yang sehat akan mampu melawan berbagai jenis patogen, namun ketika sistem imun terganggu, mikroorganisme penyebab infeksi dapat dengan mudah menembus lapisan kulit dan menyebabkan peradangan. Kerusakan kulit yang terjadi dapat bervariasi tergantung pada jenis patogen penyebab infeksi, kedalaman invasi, dan kondisi imunitas penderita (Suhara dkk., 2020).

Luka operasi yang terinfeksi bakteri merupakan komplikasi yang cukup sering terjadi, berkontribusi sekitar 10% pada kasus rawat inap akibat infeksi kulit dan jaringan lunak. Meskipun sebagian besar infeksi bakteri pada kulit dan jaringan lunak sembuh dalam waktu 5 sampai 10 hari, namun berbagai gejala dan durasi infeksi membuat sulit untuk memperkirakan jumlah pasti kasus yang terjadi. Peningkatan penggunaan prosedur medis, termasuk operasi, serta melemahnya sistem kekebalan tubuh akibat penyakit atau pengobatan, menjadi faktor utama penyebab meningkatnya kasus infeksi ini (Hidayati dkk., 2019).

Faktor risiko infeksi bakteri kulit bersifat multifaktorial, meliputi faktor inang (misalnya imunosupresi, penyakit kronis), faktor lokal (misalnya trauma, kondisi kulit), dan faktor lingkungan (misalnya paparan patogen). Kondisi kesehatan seseorang bisa mempengaruhi bagaimana infeksi akan berkembang, tetapi tidak selalu menentukan seberapa parah infeksi tersebut (Hidayati dkk., 2019).

Semakin banyak kuman di luka operasi, semakin rentan luka tersebut untuk terinfeksi. Salah satu alasan utamanya adalah kondisi jaringan yang mati akibat kekurangan oksigen sangat mendukung perkembangan bakteri. Pada pasien dengan penyakit kronis, risiko terjadinya infeksi lebih tinggi. Selain itu, penyempitan pembuluh darah di sekitar luka juga meningkatkan keparahan, karena mengurangi pasokan darah yang kaya akan sel darah putih ke area tersebut, sehingga tubuh menjadi lebih sulit melawan infeksi. Semakin lama

operasi berlangsung, semakin meningkat pula risiko terjadinya kontaminasi dan infeksi (Sihombing & Alsen, 2016).

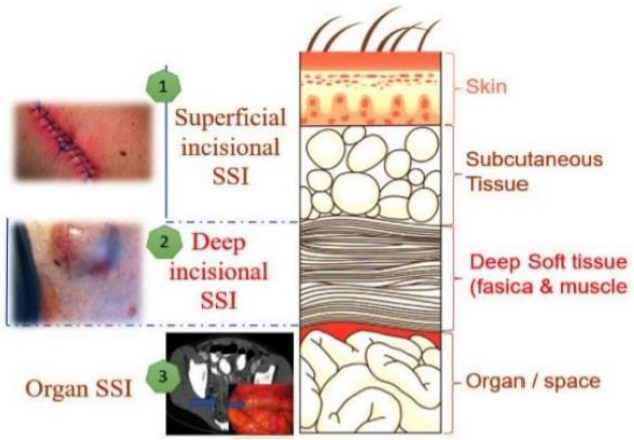
Infeksi luka operasi (ILO) merupakan kejadian HAIs yang paling dominan terjadi dari jenis HAIs lainnya. Infeksi ini bisa terjadi akibat masuknya bakteri yang ada dalam rongga tubuh ke dalam luka (infeksi endogen) dan bisa juga terjadi karena masuknya bakteri dari luar permukaan tubuh ke dalam luka (infeksi eksogen). ILO karena faktor endogen umumnya timbul dari isi rongga atau saluran ketika dibedah. ILO karena faktor eksogen terjadi melalui udara di ruang operasi, melalui kontak langsung dengan bakteri pada luka dan permukaan tubuh, serta bakteri akibat kontaminasi dari alat dan tangan petugas medis (Rita & Penyerta, 2018).

Beberapa faktor endogen disebabkan oleh umur, jenis kelamin, penyakit bawaan, status gizi, dan berat badan, sedangkan faktor eksogen disebabkan oleh persiapan sebelum operasi, kategori operasi, kondisi dan jenis operasi, serta perawatan luka. Meskipun tidak semua pasien yang sakit di dalam ruang perawatan akan tertular HAIs, namun terdapat faktor predisposisi dan faktor risiko serta banyaknya pasien yang harus diwaspadai. Predisposisi adalah faktor yang dimiliki oleh penderita, atau lemahnya kondisi tubuh (Rita & Penyerta, 2018).

Infeksi luka operasi (ILO) dapat terjadi diantara 30 hari pasca operasi, dan biasanya terjadi dalam kurun waktu 3 hingga 10 hari pasca operasi. Biasanya, proses penyembuhan luka operasi dapat terganggu akibat infeksi pada luka terbuka maupun tertutup. Dimana infeksi ini tidak hanya terjadi di

permukaan kulit saja, namun dapat juga menyebar ke jaringan yang lebih dalam termasuk organ tubuh (Wandoko & Suryadi, 2017).

Menurut Kementerian Kesehatan Republik Indonesia (Kemenkes RI), krtieria infeksi pada daerah luka operasi diklasifikasikan dalam superfisial, profunda, dan organ. Infeksi superfisial merupakan infeksi yang melibatkan kulit dan jaringan subkutan pada daerah insisi dalam jangka waktu 30 hari pasca operasi. Infeksi profunda merupakan infeksi yang meluas ke lapisan jaringan lunak yang lebih dalam dari sekitar bekas operasi, dengan durasi penyembuhan yang lebih lama jika terdapat implant. Sedangkan infeksi organ merupakan infeksi yang terjadi pada organ tubuh bagian dalam selain kulit, fascia, atau otot yang diinsisi selama tindakan pembedahan (Lubis dkk., 2024).



Gambar 2. 1 Klasifikasi Infeksi Luka Operasi
Sumber: (Lubis dkk., 2024).

Beberapa penelitian banyak menghubungkan kolonisasi *Staphylococcus aureus* dengan lama perawatan lebih dari 2 hari. Bakteri ini adalah patogen yang paling dominan dalam infeksi pembedahan termasuk abses kulit dan selulitis purulent. Hal tersebut berkaitan dengan sifatnya

sebagai bakteri yang paling virulen dan cenderung untuk mengembangkan resistensi terhadap antibiotik yang diberikan (Wilantri & Farida, 2015).

1. Klasifikasi Infeksi Bakteri pada Kulit

   Infeksi bakteri pada kulit dan jaringan lunak memiliki berbagai macam gejala dan penyebab, mulai dari yang ringan hingga yang membahayakan nyawa. Beberapa infeksi kulit diklasifikasikan berdasarkan beberapa hal seperti luas dan kedalaman infeksi, kecepatan penyebaran (akut) dan (kronis), serta kerusakan jaringan. Klasifikasi penyakit kulit juga didasarkan dengan penemuan bakteri spesifik sebagai penyebab infeksi kulit (Hidayati dkk., 2019).

   Infeksi bakteri pada kulit dapat diklasifikasikan menjadi infeksi primer (awal) dan infeksi sekunder (lanjutan). Infeksi awal muncul secara tiba-tiba tanpa adanya luka yang terlihat sebelumnya, seperti impetigo. Sedangkan infeksi lanjutan terjadi pada kulit akibat adanya luka atau kondisi kulit yang sebelumnya sudah ada kerusakan, seperti abses sekunder, selulitis, dan infeksi pada luka (Giudice, 2020).

2. Etiologi Infeksi Kulit

   Terjadinya infeksi bakteri pada kulit dan jaringan lunak karena ketidakseimbangan antara mekanisme pertahanan tubuh dan kemampuan mikroba patogen. Inisiasi dan perkembangan infeksi bakteri melibatkan tiga faktor utama: tempat masuknya bakteri dan fungsi kulit, pertahanan tubuh, respon inflamasi terhadap invasi mikroba, dan patogenisitas mikroorganisme (Hidayati dkk., 2019).

Kulit biasanya memiliki pertahanan alami yang kuat terhadap infeksi. Namun, jika kulit mengalami masalah seperti luka terbuka, bakteri akan lebih mudah masuk dan menyebabkan infeksi. Faktor yang dapat merusak pertahanan kulit seperti maserasi, mencukur, luka kronis, ekskoriasi gigitan serangga yang gatal, perubahan pH kulit, iritasi kulit, dan infeksi lainnya. Cara bakteri masuk ke dalam kulit mempengaruhi respon peradangan yang terjadi. Infeksi bakteri pada kulit biasanya menyebabkan peradangan lokal dan pembentukan nanah. Namun, jenis bakteri tertentu juga dapat menyebar ke bagian tubuh lain tanpa menunjukkan tanda-tanda peradangan yang jelas di tempat masuknya bakteri tersebut (Hidayati dkk., 2019).

3. Faktor Penyebab Infeksi Luka Operasi

Jenis luka operasi memiliki dampak langsung pada kemungkinan terjadinya risiko infeksi. Luka yang lebih kompleks dan kotor memiliki risiko infeksi yang lebih tinggi. Luka bersih, seperti luka operasi yang tidak melibatkan saluran pencernaan, pernapasan, atau saluran kemih, memiliki risiko infeksi kurang dari 5%. Namun, luka operasi yang melibatkan saluran organ tersebut memiliki risiko infeksi yang lebih tinggi sekitar 5-12%. Luka yang sudah terinfeksi sebelum operasi, meskipun belum terbentuk abses, memiliki risiko infeksi mencapai 20%. Risiko infeksi tertinggi terdapat pada luka yang sangat kotor dan sudah terbentuk abses (Lubis dkk., 2024).

Lama waktu operasi membuat luka bedah lebih lama dalam terpapar urada, sehingga sangat memungkinkan masuknya bakteri dari luar tubuh

dan penyebaran bakteri dari dalam tubuh ke area operasi. Operasi cito (darurat) yang dilakukan dengan persiapan lebih singkat juga berkontribusi pada peningkatan risiko terinfeksi (Lubis dkk., 2024).

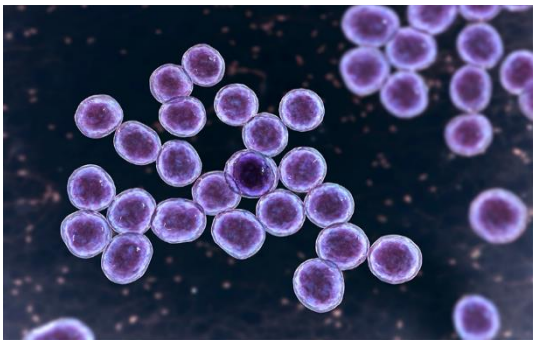
Dalam mengurangi insidensi terjadinya infeksi, terutama infeksi pada luka operasi, telah banyak digunakan antibiotik profilaksis. Namun, penggunaannya tersebut berpotensi dalam risiko toksik dan reaksi hipersensitivitas, resiko interaksi obat, dan resistensi bakteri (Wandoko & Suryadi, 2017).

Beberapa faktor kondisi pasien juga meningkatkan risiko terjadinya infeksi pada luka operasi seperti usia, jenis kelamin, status gizi, serta riwayat penyakit. Risiko infeksi pasca operasi pada lansia lebih tinggi karena seiring bertambahnya usia membuat kulit dan jaringan bawah kulit menjadi lebih rentan terkena infeksi. Selain itu, pada laki-laki lebih rentan mengalami infeksi pasca operasi dibandingkan perempuan karena produksi kolagen yang lebih rendah dan kemampuan penyembuhan luka yang lebih lambat. Adanya gangguan nutrisi juga dapat berpengaruh dalam proses penyembuhan luka karena jaringan luka perlu lebih banyak memperoleh nutrisi untuk membantu perbaikan kerusakan pada kulit (Lubis dkk., 2024).

C. *Staphylococcus aureus*

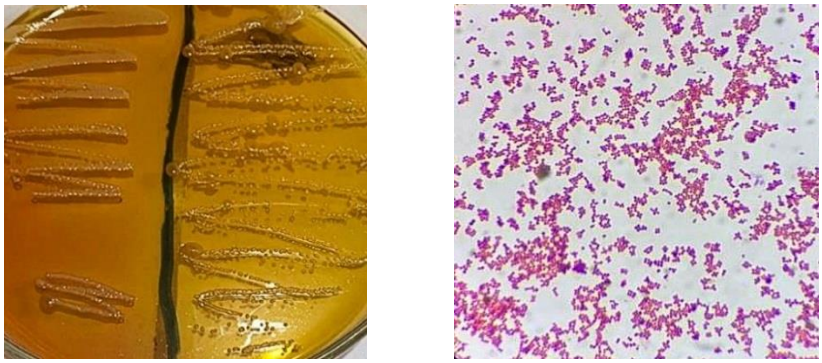
1. Karakteristik dan Morfologi

Bakteri *Staphylococcus aureus* umumnya ditemukan pada kulit dan selaput lendir manusia. Bakteri ini memiliki dinding sel yang tersusun atas polisakarida dan protein, yang keduanya berperan sebagai antigen.



Gambar 2. 2 *Staphylococcus aureus*
Sumber: (CDC, 2024)

Staphylococcus aureus merupakan bakteri gram positif (+), memiliki bentuk bulat dengan diameter 0,7 – 0,9 µm, tidak membentuk spora, non motil, fakultatif anaerob, dan koloni yang khas seperti sekumpulan anggur (Seran dkk., 2020).



(a) (b)

Gambar 2. 3 (a) *Staphylococcus aureus* pada MSA, (b) *Staphylococcus aureus* pada pewarnaan gram
Sumber: (Cahyaningtyas dkk., 2024)

Staphylococcus aureus akan menunjukkan pertumbuhan koloni pada media Manitol Salt Agar (MSA) berwarna putih kekuningan hingga putih keemasan. Bakteri ini tumbuh pada suhu 46ºC dengan pH optimum untuk pertumbuhan adalah 4,2 – 9,3 (Cahyaningtyas dkk., 2024).

2. Taksonomi

Klasifikasi dari *Staphylococcus aureus* yaitu sebagai berikut:

Domain : Bacteria

Filum : Furmicutes

Kelas : Bacilli

Ordo : Bacillales

Famili : Staphylococcaceae

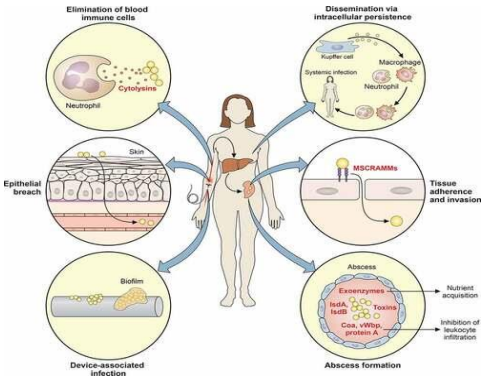
Genus : *Staphylococcus*

Spesies : *Staphylococcus aureus* (Sahli, 2023).

3. Patogenesis

Kontaminasi langsung pada luka terbuka seperti setelah pembedahan atau infeksi setelah trauma terhadap *Staphylococcus aureus* merupakan penyebab HAIs.

Staphylococcus aureus memproduksi serangkaian faktor virulensi yang membedakannya dengan bakteri patogen lainnya yang sering kali hanya mengandalkan satu atau beberapa toksin untuk menyebabkan penyakit. Faktor virulensi ini mengandung sejumlah besar toksin dan faktor penghindaran imun, serta serangkaian besar faktor protein dan non protein yang memungkinkan kolonisasi inang selama infeksi (Cheung *et al*., 2021).



Gambar 2. 4 Patogenesis *Staphylococcus aureus*
Sumber: (Cheung *et al*., 2021)

Infeksi kulit dapat berkembang dari goresan atau potongan pada kulit dan dapat menjadi invasif. Hal tersebut dapat terjadi karena bakteri yang secara aktif juga dapat mendorong kerusakan epitel. Setelah merusak epitel dan invasi sistemik, keberhasilan infeksi bakteri ini bergantung pada penghindaran inang. *Staphylococcus aureus* secara aktif menyerang dan menghilangkan sel-sel kekebalan tubuh seperti neutrophil melalui toksin sitolitik dan meninggalkan aliran darah dengan konsentrasi tinggi mekanisme pertahanan imun seluler dan humoral untuk menyerang organ dan jaringan, tempat ia membentuk abses berkapsul. Dalam kasus infeksi kulit, abses dapat terbentuk langsung setelah epitel rusak. Jika *Staphylococcus aureus* bertahan pada tahap ini, maka mereka dapat menyebar melalui aliran darah dan melalui protein permukaan yang melekat pada sel-sel jaringan, dimana mereka dapat menyerang sel-sel tersebut. (Cheung *et al*., 2021).

Beberapa faktor yang terlibat dalam patogenesis yang menyebabkan kerusakan jaringan antara lain *surfaceassociated factor, extracellular*

enzyme dan toksin. Faktor-faktor tersebut berfungsi dalam perlekatan, penetrasi, dan degradasi jaringan serta toksisitas. *Staphylococcus aureus* menghasilkan enzim koagulase yang dapat membekukan plasma oksalat atau sitrat. Koagulase berikatan dengan protrombin, yang bertindak secara enzimatis untuk memulai polimerisasi fibrin yang melapisi permukaan bakteri yang memungkinkannya bertahan hidup di fagosit (Sahli, 2023).

Menurut Sahli (2023), serangkaian faktor virulensi potensial yang dihasilkan oleh bakteri *Staphylococcus aureus* meliputi:

a. Protein permukaan yang mendorong kolonisasi dalam jaringan hospes (*protein adhesin, hemaglutinin, fibronecting, laminin, fibrinogen binding protein*).
b. Invasin yang mempromosikan penyebaran bakteri dalam jaringan (*leucocidin, kinase, hyaluronidase*).
c. Faktor permukaan yang menghambat fagositosis (kapsul, protein A).
d. Sifat biokimia yang meningkatkan ketahanan hidup bakteri di fagosit (karotenoid, produksi katalase).
e. Reaksi imonologi (protein A, koagulase).
f. Toksin yang melisiskan membrane sel eukariotik (*hemolysin, leukotoxin, leukocidin*).
g. Eksotoksin yang merusak jaringan hospes atau menimbulkan gejala penyakit (SE-A, B, C, D, E, dan G, TSST, ET).
h. Resistensi yang melekat dan diperoleh bakteri terhadap agen antimikroba.

Menurut Jawetz *et al.*, (2017), serangkaian zat yang berperan dalam faktor virulensi *Staphylococcus aureus,* seperti protein, termasuk enzim dan toksin.

a. Katalase

Enzim katalase memegang peranan penting dalam kemampuan bakteri untuk bertahan hidup dari mekanisme pertahanan tubuh berupa fagositosis.

b. Koagulase

Enzim ini memiliki kemampuan untuk menyebabkan penggumpalan plasma, baik plasma oksalat maupun sitrat. Proses ini terjadi karena adanya faktor koagulase reaktif dalam serum yang berinteraksi dengan enzim tersebut. Selain itu, esterase yang dihasilkan dapat memperkuat aktivitas penggumpalan, yang berujung pada pembentukan endapan fibrin di permukaan sel bakteri.

c. Hemolisin

Hemolisin adalah jenis toksin yang mampu membentuk area lisis sel darah merah (zona hemolisis) di sekitar koloni bakteri yang tumbuh. Pada bakteri *Staphylococcus aureus,* hemolisin terdiri dari beberapa jenis, yaitu alfa hemolisin, beta hemolisin, dan delta hemolisin.

d. Leukosidin

Toksin ini memiliki efek letal terhadap sel darah putih, baik pada hewan maupun manusia.

e. Toksin eksfoliatif

Toksin ini memiliki aktivitas proteolitik yang mampu mendegradasi matriks makopolisakarida pada lapisan epidermis kulit. Akibatnya, terjadi pemisahan antarsel (intraepitelial) pada lapisan stratum granulosum. Toksin eksfoliatif ini merupakan agen penyebab utama *Staphylococcal Scalded Skin Syndrome,* suatu kondisi yang ditandai dengan munculnya lepuhan kulit.

f. Toksin Sindrom Syok Toksik (TSST)

Hampir semua strain *Staphylococcus aureus* yang diisolasi dari pasien dengan sindrom syok toksik menghasilkan eksotoksin pirogenik ini. Pada manusia, toksin ini dapat memicu demam, syok, ruam pada kulit, serta gangguan pada berbagai sistem organ dalam tubuh.

g. Enterotoksin

Enterotoksin merupakan enzim yang memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi (termofilik) dan kondisi basa di dalam usus. Enzim ini adalah penyebab utama terjadinya keracunan makanan, terutama pada makanan yang kaya akan kandungan karbohidrat dan protein.

4. Identifikasi *Staphylococcus aureus*

Berbagai macam metode yang umum digunakan dalam mengidentifikasi keberadaan *Staphylococcus aureus*, diantaranya adalah

pewarnaan gram, kultur bakteri, uji katalase, hingga berbasis molekuler seperti *Polymerase Chain Reaction* (PCR).

a. Pewarnaan gram

Pewarnaan gram adalah metode lazim dalam mikrobiologi untuk mengklasifikasikan bakteri menjadi dua kelompok utama, yaitu bakteri gram positif dan bakteri gram negatif. Metode ini bekerja berdasarkan perbedaan struktur dinding sel bakteri. Bakteri gram positif memiliki lapisan peptidoglikan tebal yang memungkinkan mereka mempertahankan zat warna ungu kristal violet selama proses pewarnaan. Sebaliknya, bakteri gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang lebih tipis dan lapisan luar lipopolisakarida. Struktur ini menyebabkan mereka kehilangan warna ungu awal dan kemudian menyerap warna merah dari pewarna lawan, seperti safranin. Dengan demikian, bakteri gram positif tampak ungu di bawah mikroskop, sementara bakteri gram negatif berwarna merah (Effendi, 2020).

Ketika diwarnai dengan metode gram, bakteri *Staphylococcus aureus* tampak berbentuk bulat (kokus) dan tersusun dalam kelompok-kelompok. Sebagai bakteri gram positif, *Staphylococcus aureus* akan berwarna ungu setelah proses pewarnaan gram. Warna ungu ini muncul karena dinding sel bakteri mampu mempertahankan zat warna kristal violet yang digunakan pada tahap awal pewarnaan (Ayuti dkk, 2023).

b. Kultur bakteri

Dalam mengembangbiakkan bakteri, hal pertama yang dilakukan adalah dengan mengkultur bakteri pada media umum seperti media *Nutrient Agar* (NA). Media ini kaya akan nutrisi, terutama nitrogen dari ekstrak daging sapi dan pepton yang penting untuk pertumbuhan bakteri. Setelah itu, untuk mengidentifikasi bakteri *Staphylococcus aureus* secara spesifik, bakteri dipindahkan ke media selektif yaitu *Mannitol Salt Agar* (MSA). Kandungan mannitol dan garam yang tinggi dalam MSA akan menghambat pertumbuhan bakteri lain, sehingga hanya *Staphylococcus* yang dapat tumbuh dengan baik (Arianda, 2016).

Jika bakteri ditumbuhkan pada media *Mannitol Salt Agar* (MSA) dalam kondisi suhu antara 22-37ºC dan diinkubasi selama 24 jam, maka dapat dikenali jenis dari *Staphylococcus* dengan koloni khasnya. *Staphylococcus aureus* akan membentuk koloni yang halus, tampak basah, permukaannya cembung dengan tepi yang rata, dan berwarna kuning keemasan. Warna kuning emas ini muncul karena *Staphylococcus aureus* mampu memfermentasi mannitol. Sementara itu, *Staphylococcus citreus* akan menghasilkan koloni berwarna kuning jernih, dan *Staphylococcus albus* akan membentuk koloni berwarna putih (Ekawati, 2018).

c. Uji katalase

Uji katalase biasanya dilakukan untuk mengidentifikasi kemampuan bakteri dalam memproduksi enzim katalase. Enzim ini penting bagi mikroorganisme aerob dan fakultatif anaerob karena berfungsi untuk menguraikan hidrogen peroksida (H_2O_2), suatu senyawa beracun yang merupakan produk sampingan dari metabolisme oksigen. Jika bakteri meghasilkan katalase, penambahan hidrogen peroksida akan memicu timbulnya gelembung-gelembung gas oksigen (O_2), yang menandakan hasil positif. Sebaliknya jika tidak ada gelembung gas yang terbentuk, hasil uji dinyatakan negatif, yang berarti bakteri tersebut tidak menghasilkan enzim katalase (Effendi, 2020).

Pentingnya uji katalase pada bakteri kokus adalah untuk membedakan antara genus *Staphylococcus* dan *Streptococcus.* Bakteri dari kelompok *Staphylococcus* akan menunjukkan hasil positif pada uji ini. Prosedur pengujiannya melibatkan penambahan cairan hidrogen peroksida (H_2O_2) ke atas objek glass. Kemudian, koloni bakteri yang muncul pada media MSA diambil menngunakan ose steril, diletakkan dan dicampurkan. Hasil positif ditandai dengan terbentuknya gelembunng gas oksigen (O_2) yang dihasilkan oleh bakteri dari genus *Staphylococcus* (Ayuti dkk, 2023).

d. Molekuler (PCR)

Saat ini, mendeteksi *Staphylococcus aureus* secara molekuler, terutama dengan teknik PCR dinilai lebih unggul daripada metode kultur karena prosesnya yang cepat serta tingkat sensitivitas dan akurasi yang lebih tinggi. Dengan merancang primer spesifik untuk memperbanyak fragmen gen yang relevan, keberadaan *Staphylococcus aureus* dapat dideteksi dengan PCR atau metode molekuler lainnya (Koentjoro dkk, 2024).

D. Gen Eksfoliative Toksin A (EtA)

Toksin eksfoliatif atau yang disebut sebagai toksin epidermolitik, merupakan enzim khusus yaitu protease serin pada *Staphylococcus aureus*. Enzim ini memiliki kemampuan dalam mengenali dan memutuskan ikatan protein tertentu yang disebut kadherin desmosom. Kadherin desmosom berperan krusial dalam menjaga lapisan superfisial kulit. Toksin eksfoliatif adalah eksotoksin yang berhubungan dengan pembelahan sambungan keratinosit dan adhesi antar sel pada epidermis inang yang dapat menyebabkan pengelupasan kulit dan pembentukan lepuh (Oliveira *et al*., 2018).

Toksin eksfoliatif (Et) yang umumnya diketahui adalah toksin eksfoliatif A/B/C/D (EtA, EtB, EtC, EtD). EtA, EtB, dan EtD adalah yang paling erat dalam kasus kerusakan kulit manusia, sedangkan EtC hanya berhubungan dengan infeksi kuda dan tidak ditemukan pada manusia (Oliveira *et al*., 2018).

Toksin EtA berhubungan dengan terjadinya penyakit *Staphylococcus scaled skin syndrome* (SSSS). Gen EtA yang mengkode toksin ini berasal dari

profag yang terletak pada suatu kromosom. Frekuensi keberadaan gen EtA diketahui yang paling dominan diantara strain *Staphylococcus aureus* (Zarei *et al.*, 2019).

Toksin EtA merupakan sebuah protein yang disandi oleh gen EtA pada bakteri *Staphylococcus aureus* dan bersifat tahan pada pemanasan (tahan pada pendidihan selama 20 menit). Toksin epidermolitik ini menyebabkan deskuamasi generalisata atau pengelupasan pada penyakit *Staphylococcal Scalded Skin Syndrome* (SSSS). Toksin ini bersifat superantigen, yaitu mampu merangsang sistem imun tubuh secara berlebihan, sehingga menyebabkan peradangan yang meluas. Kemampuannya dalam aktivitas proteolitik dan dapat melarutkan matriks mukopolisakarida epidermis, sehingga menyebabkan pemisahan intraepithelial pada ikatan sel di stratum granulosum (Jawetz *et al.*, 2017).

E. *Polymerase Chain Reaction* (PCR)

1. Definisi *Polymerase Chain Reaction* (PCR)

   Polymerase Chain Reaction (PCR) merupakan metode yang memiliki sensitifitas dan spesifitas yang baik dan sering digunakan dalam memperbanyak salinan dari segmen DNA tertentu menjadi jutaan kali dalam waktu singkat dan bahkan dengan menggunakan sampel yang sedikit (Hidayat, 2020).

   PCR mengamplifikasi DNA secara in vitro pada daerah spesifik yang dibatasi oleh sepasang primer. PCR memiliki gen pat untuk menemukan satu molekul target dalam campuran reaksi. Namun, untuk

memastikan hasil yang lebih baik, biasanya digunakan sejumlah besar salinan DNA target sebagai bahan awal memulai reaksi. Khusus untuk DNA pada genom mamalia, digunakan hingga 1,0 g DNA per reaksi yang mengandung 3 x 105 salinan gen autosom tunggal (Green & Sambrook, 2019).

2. Jenis-Jenis *Polymerase Chain Reaction* (PCR)

Adapun beberapa jenis PCR yang paling sering digunakan antara lain, *Conventional* PCR, *Multiplex*-PCR, *Nested*-PCR, *Real-time/quantitative* PCR (qPCR), *Restriction Fragment Length Polymorphism* (RFLP), *Reverse Transcriptase* PCR (RT-PCR), dan sebagainya (Hidayat, 2020).

a. *Conventional* PCR

PCR konvensional, yang merupakan pondasi dari teknik amplifikasi DNA yang dikembangkan pertama kali oleh Kary B. Mullis pada tahun 1980-an, adalah sebuah metode yang masih banyak digunakan dalam berbagai aplikasi biologi molekuler. Inti dari teknik ini terletak pada proses siklus yang berulang, terdiri dari tiga tahapan utama: denaturasi, *annealing, extension* (Wahyuningsih & Darmanto, 2024).

Setelah melalui serangkaian siklus amplifikasi ini, produk PCR yang dihasilkan kemudian dianalisis melalui elektroforesis gel agarose, yaitu sebuah teknik yang memungkinkan pemisahan fragmen-fragmen DNA berdasarkan ukuran atau berat molekulnya. Visualisasi DNA yang telah dipisahkan ini dicapai dengan menggunakan pewarna fluoresen seperti

ethidium bromide yang akan menempel dengan DNA dan memancarkan cahaya di bawah paparan sinar UV, sehingga memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi keberadaan dan ukuran fragmen DNA target yang telah diamplifikasi (Wahyuningsih & Darmanto, 2024).

b. *Multiplex* PCR

Multiplex PCR merupakan sebuah teknik amplifikasi DNA yang inovatif, memanfaatkan keberadaan beberapa set primer yang berbeda dalam satu wadah reaksi PCR tunggal, yang secara simultan dirancang untuk menghasilkan produk amplifikasi dengan variasi ukuran yang spesifik untuk sekuens DNA target yang berbeda. Melalui kemampuan untuk menargetkan dan memperkuat beberapa gen sekaligus dalam satu eksperimen, *Multiplex* PCR memiliki kelebihan signifikan dalam perolehan informasi genetick yang komprehensif dari satu kali pengujian, yang secara konvensional membutuhkan penggunaan reagen yang berulang serta waktu yang lebih banyak untuk menjalankan beberapa reaksi PCR terpisah (Hidayat, 2020).

Keberhasilan teknik ini sangat bergantung pada pengoptimalan suhu *annealing* untuk setiap set primer yang berbeda agar dapat berfungsi secara efektif dalam kondisi reaksi yang sama. Selain itu, ukuran amplikon yang dihasilkan dari setiap target gen harus memiliki perbedaan panjang basa yang cukup signifikan untuk memastikan pembentukan pita-pita yang terpisah dan dapat dibedakan dengan jelas ketika divisualisasikan dengan elektroforesis (Hidayat, 2020).

c. *Nested* PCR

Nested PCR merupakan modifikasi PCR yang bertujuan untuk meningkatkan spesifitas dengan mengurangi amplifikasi non target. Dalam metode ini, amplifikasi DNA target menggunakan dua set primer dan menjalankan dua siklus PCR berturut-turut. Pada siklus pertama menggunakan primer luar untuk menghasilkan produk DNA awal, yang mungkin mengandung hasil amplifikasi yang tidak spesifik. Kemudian, produk ini digunakan sebagai cetakan untuk siklus kedua dengan primer dalam yang berikatan di dalam wilayah ikatan primer luar (Muthuraj *et al.*, 2022).

Hasil PCR kedua lebih pendek dan lebih spesifik karena primer dalam hanya akan mengamplifikasi target yang benar. Primer untuk *nested* PCR penting sebagai kontrol dalam eksperimen dengan genom yang belum diketahui, seperti analisis gen polimorfik atau dari sampel heterogen. Namun, penambahan primer kedua setelah PCR pertama juga dapat meningkatkan risiko kontaminasi yang lebih tinggi (Muthuraj *et al.*, 2022).

d. *Real-time/Quantitative* PCR (qPCR)

Quantitaive PCR (qPCR) adalah sebuah teknik yang dimanfaatkan untuk mengukur secara akurat jumlah molekul target asam nukleat seperti DNA, cDNA, atau RNA, dan proses ini umumnya dipantau secara langsung atau *real-time.* Metode ini seringkali digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan urutan DNA spesifik dalam suatu sampel

sekaligus menentukan jumlah salinannya dengan tingkat presisis yang sangat tinggi. Pengukuran kuantitatif ini dicapai dengan menggunakan pewarna fluoresen (misalnya *Sybr Green, EvaGreen*) atau probe DNA berlaber fluorofor (seperti TaqMan) yang memungkinkan deteksi dan kuantifikasi produk amplifikasi secara *real-time* (Hidayat, 2020).

e. *Restriction Fragment Length Polymorphism* (RFLP)

Metode RFLP PCR pada dasarnya bekerja dengan memperbanyak segmen DNA target yang spesifik, kemudian memotong untai DNA tersebut pada sekuens tertentu menggunakan enzim restriksi yang menghasilkan fragmen-fragmen DNA dengan ukuran yang berbeda, yang dimana perbedaan ukuran ini dapat mengindikasikan adanya polimorfisme, mutasi, atau karakteristik unik individu dan divisualisasikan melalui elektroforesis. Keunggulan teknik ini adalah kebutuhan sampel DNA yang sedikit namun mampu memberikan data yang akurat. Selain itu, prosedurnya yang cepat, efisien, dan biaya yang terjangkau dibandingkan dengan DNA *barcode* yang menggunakan sekuensing mtDNA (Mose dkk., 2025).

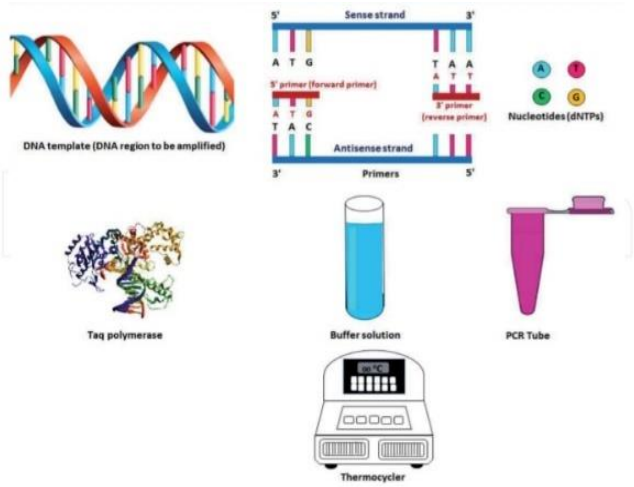
f. *Reverse Transcriptase Polymerase Chain Reaction* (RT-PCR)

Reverse Transcriptase Polymerase Chain Reaction (RT-PCR) meupakan varian PCR yang memanfaatkan enzin *reverse transcriptase,* temuan penting dalam studi replikasi materi genetic virus. Fungsi utamanya adalah identifikasi RNA melalui konversi transkripsi balik menjadi DNA komplementer (cDNA). Teknik ini banyak diaplikasikan

dalam studi virus bergenom RNA. Dalam biologi molekuler, khususnya cloning, RT-PCR sering digunakan untuk menghasilkan DNA yang akan diklon. Penemmuan RT-PCR memberikan alternatif untuk deteksi dan kuantifikasi RNA selain metode *northern blotting* (Kusnadi & Arumingtyas, 2020).

3. Komponen PCR

Berbagai komponen PCR seperti *template* DNA, primer, Nukleotida (dNTPs), enzim Taq DNA p*olymerase*, *buffer* PCR dan $MgCl_2$, PCR *tube* dan *Thermocycler* (Yuenleni, 2019).



Gambar 2. 5 Komponen PCR
Sumber: : (Shahzad *et al*., 2020)

a. *Template* DNA

DNA *template* atau cetakan DNA merupakan hasil isolasi dan pemurnian dari materi genetik suatu organsime. DNA *template* ini berfungsi sebagai cetakan pada tahap PCR dalam menghasilkana berbagai salinan dari segmen DNA tertentu. Keberhasilan seluruh reaksi

PCR untuk menggandakan DNA dipengaruhi oleh kualitas DNA template yang berperan dalam efisiensi enzim polimerase (Wardana & Mushlih, 2021).

b. Primer

Primer merupakan bagian terpenting yang dianggap sebagai kunci keberhasilan dalam proses PCR. Primer adalah oligonukleotida yang digunakan sebagai titik awal dalam reaksi PCR yang berfungsi sebagai penanda bagian spesifik dari DNA untuk diamplifikasi (Pranata & Ahda, 2021).

c. Nukleotida dNTPs

Dexyribonucleotide triphosphates (dNTPs) adalah serangkaian campuran bahan dasar (nukleotida) seperti deoksiadenosin trifosfat (dATP), deoksitimidin trifosfat (dTTP), deoksisitidin trifosfat (dCTP), dan deoksiguanosin trifosfat (dGTP). Saat proses PCR berlangsung, dNTPs berfungsi sebagai penyusun DNA yang sesuai dengan cetakan DNA aslinya untuk digunakan dalam proses pemanjangan (*ekstension*), yang dimulai dari ujung 3' primer (Sogandi, 2018).

d. Enzim Taq DNA p*olymerase*

Dalam proses PCR untuk memperbanyak salinan DNA, diperlukan berbagai perubahan suhu. Enzim Taq DNA *polymerase* merupakan enzim yang berasal dari bakteri termofilik yang stabil dalam suhu 94°C. Kemampuannya yang bersifat termostabil, menjadikannya enzim yang lebih sering digunakan (Sogandi, 2018).

e. *Buffer* PCR dan $MgCl_2$

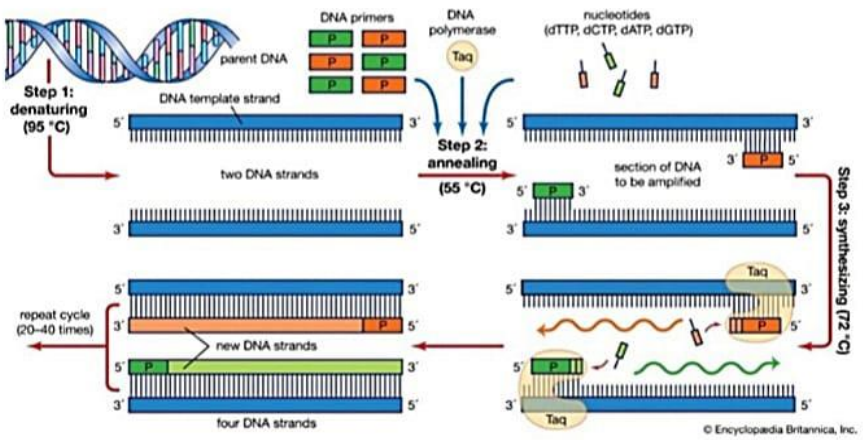
Kondisi pH tertentu menjadi kunci untuk berlangsungnya reaksi PCR. Selain buffer PCR yang berfungsi dalam menjaga tingkat pH larutan, $MgCl_2$ juga berperan sebagai penunjang aktivitas enzim DNA *polymerase.* Dengan adanya $MgCL_2$, ikatan antar primer dengan DNA *template* akan lebih kuat, sehingga proses pembentukan DNA baru berlangsung efisien. Oleh karena itu, konsentrasi $MgCl_2$ sangat berpengaruh terhadap hasil PCR (Sogandi, 2018).

f. *Thermocycler*

Thermocycler merupakan alat utama dalam PCR yang otomatis dapat mengubah suhu secara bergantian sesuai yang diperlukan (mengikuti protokol). Perubahan suhu ini yang memungkinkan terjadinya siklus denaturasi, annealing, dan ekstension (Nugroho *et al*., 2021).

4. Tahapan *Polymerase Chain Reaction* (PCR)

Dalam tahapan PCR, melibatkan tiga siklus suhu berurutan yaitu proses denaturasi *template* (94-95°C), *annealing* (penempelan) primer akan menempel pada DNA cetakan tunggal melalui ikatan hidrogen dengan suhu yang tepat (55°C/tergantung Tm primer), dan *extension* (pemanjangan) (72°C) (Hidayat, 2020).



Gambar 2. 6 Tahapan PCR
Sumber: : (Hidayat., 2020)

a. Tahap Denaturasi

Tahap denaturasi merupakan langkah awal dalam siklus PCR yang berulang. Pada tahap ini, DNA untai ganda dipanaskan hingga suhu tinggi, biasanya antara 90-98ºC selama 20-30 detik. Pemanasan ini memutuskan ikatan hidrogen yang menghubungkan basa-basa komplementer pada kedua untai DNA, sehingga menghasilkan molekul DNA untai tunggal. Suhu denaturasi yang tepat disesuaikan dengan jumlah pasang basa Guanin-Sitosin (G-C) dalam DNA target. untuk DNA dengan kandungan G-C di bawah 55%, denaturasi umumnya dilakukan pada 94-95ºC selama 45 detik. Sementara itu, DNA dengan kandungan G-C yang lebih tinggi memerlukan suhu yang lebih tinggi. Untuk DNA linear, perpanjangan waktu denaturasi biasanya tidak diperlukan (Refai, 2023).

b. Tahap *Annealing*

Pada tahap *annealing* bertujuan untuk memungkinkan primer oligonukleotida menempel pada untai tunggal DNA cetakan. Untuk mencapai hal ini, suhu reaksi diturunkan secara bertahap. Pertama, suhu diturunkan 3-5ºC di bawah perkiraan suhu denaturasi agar primer terlepas dari cetakan. Selanjutnya, suhu diturunkan lagi hingga 55-70ºC selama 20-40 detik untuk memberikan kesempatan primer berikatan dengan cetakan. Pembentukan ikatan hidrogen yang kuat dan stabil antara primer dan cetakan DNA hanya terjadi jika urutan primer sesuai dengan cetakan DNA. Setelah primer menempel, enzim polimerase akan dapat memulai sintesis DNA baru (Refai, 2023).

c. Tahap *Extension*

Tahap *extension* adalah ketika primer oligonukleotida diperpanjang. Suhu reaksi ditingkatkan mendekati kondisi terbaik agar polimerase DNA yang stabil terhadap panas bekerja secara efektif. Suhu spesifik ini bergantung pada jenis polimerase yang dipakai, misalnya Taq polimerase bekerja paling baik antara 70-78ºC. Pemanasan pada 72ºC selama sekitar 45 detik memberikan kondisi yang sangat baik bagi enzim polimerase untuk mensintesis untai DNA baru yang komplementer. Proses ini melibatkan penambahan dNTP secara berurutan, yang dipandu oleh urutan cetakan DNA, dari ujung 5’ ke ujung 3’. Setiap penambahan nukleotida melibatkan pembentukan ikatan antara gugus fosfat 5’ dNTP

dengan gugus hidroksil 3’ pada ujung rantai DNA yang sedang tumbuh (Refai, 2023).

Berbagai faktor yang dapat mempengaruhi keberhasilan amplifikasi, salah satunya yaitu pada tahap *annealing*. *Annealing* merupakan tahapan penempelan primer yang erat kaitannya dengan kondisi suhu yang digunakan. Suhu yang terlalu tinggi akan menyebabkan primer tidak menempel pada DNA *template,* sehingga proses amplifikasi gagal. Sebaliknya, ketika suhu yang digunakan dalam proses *annealing* terlalu rendah akan menyebabkan menempelnya primer pada sisi lain DNA, sehingga menghasilkan amplifikasi yang tidak spesifik. Suhu optimal tergantung pada panjang dan kandungan GC primer. Umumnya, primer yang lebih panjang dan tinggi GC memiliki ikatan hidrogen yang kuat, sehingga membutuhkan suhu yang lebih tinggi (Rahmadhan dkk., 2019).

Dalam membaca hasil amplifikasi PCR, diperlukan tahapan lebih lanjut dengan menggunakan elektroforesis untuk membandingkan ketebalan *band* secara visual. Hasil yang baik ditandai dengan munculnya *band* tunggal yang tebal dan sesuai ukuran target (Yuenleni, 2019).

Elektroforesis merupakan metode pemisahan yang memanfaatkan medan listrik yang dihasilkan oleh elektroda dengan tujuan untuk memisahkan produk DNA berdasarkan muatan dan ukurannya (Hidayat, 2020). Proses ini memerlukan fase diam berupa gel agarose yang direndam dalam larutan buffer untuk mempertahankan pH sampel selama pemisahan berlangsung (Harahap, 2018).

Molekul DNA memiliki gugus fosfat bermuatan negatif, dalam medan listrik DNA akan bergerak menuju elektroda positif. Elektroforesis gel agarose yang dijalankan secara horizontal, efektif untuk memisahkan fragmen DNA yang ukurannya lebih besar dari 100 pasangan basa (pb). Sementara itu, elektroforesis gel poliakrilamid digunakan untuk tujuan yang lebih spesifik, yaitu menentukan urutan basa DNA (Suwanto dkk., 2019).

Dalam penggunaan elektroforesis, ada beberapa bagian komponen penting. Pertama, larutan elektrolit yang biasanya berupa larutan buffer dengan pH yang disesuaikan dengan sifat senyawa yang ingin dipisahkan. Larutan ini bertugas membawa komponen-komponen tersebut. Kedua, terdapat media pemisah, yang menjadi wadah terjadinya proses pemisahan. Terakhir, yang paling penting adalah elektroda. Elektroda ini berfungsi sebagai penghubung antara sumber listrik dengan media pemisah dalam rangkaian alat elektroforesis (Harahap, 2018).

Ukuran molekul DNA, konsentrasi gel agarose, konformasi DNA, voltase, keberadaan pewarna DNA, dan komposisi buffer elektroforesis merupakan faktor-faktor yang sangat mempengaruhi keberhasilan dalam proses elektroforesis (Fahlevi dkk., 2017).

Menurut Harahap (2018), keberhasilan pemisahan menggunakan elektroforesis sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor selain jenis medium pemisah, diantaranya yaitu:

a. Sampel

Karakteristik sampel seperti muatan listrik total, ukuran molekul, dan bentuknya sangat menentukan kecepatan pergerakannya dalam medan listrik. Semakin besar muatan, semakin cepat perpindahannya (dipengaruhi oleh pH larutan). Ukuran molekul yang lebih besar akan bergerak lebih lambat dan memerlukan energi lebih besar, sementara bentuk molekul yang berbeda dengan ukuran yang sama juga akan mempengaruhi pergerakannya.

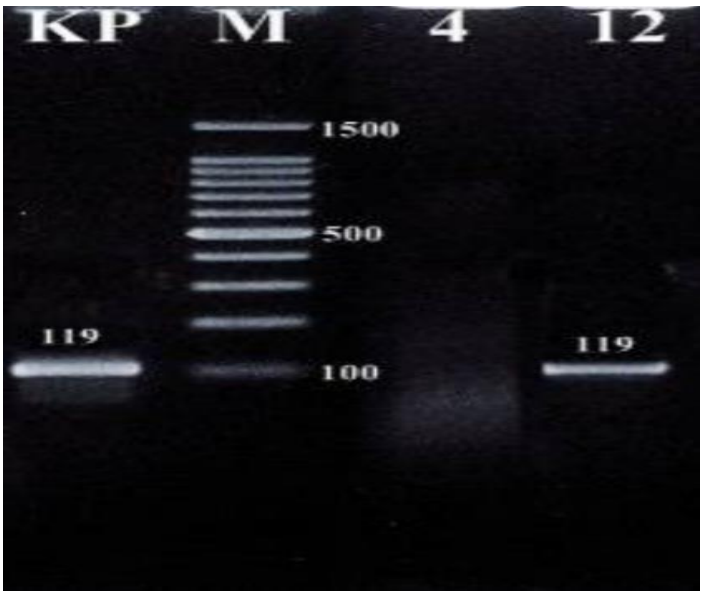
b. Larutan buffer

Larutan buffer memiliki dua fungsi utama yaitu menjaga kestabilan pH dalam medium pemisah dan menyediakan ion-ion yang menghantarkan arus listrik. Pemilihan buffer sangat krusial karena harus berinteraksi baik dengan molekul yang dipisahkan tanpa mengubah strukturnya. pH buffer harus sesuai agar molekul dapat terpisah dengan baik, seringkali mendekati titik isolisitrik senyawa. Kekuatan ionik juga penting, yang dimana kekuatan ionik rendah mempercepat pergerakan dan menghasilkan sedikit panas tetapi meningkatkan difusi, sedangkan kekuatan ionik tinggi menghasilkan pita yang lebih tajam tetapi menghasilkan lebih banyak panas dan jarak pergerakan yang lebih pendek.

c. Medan listrik

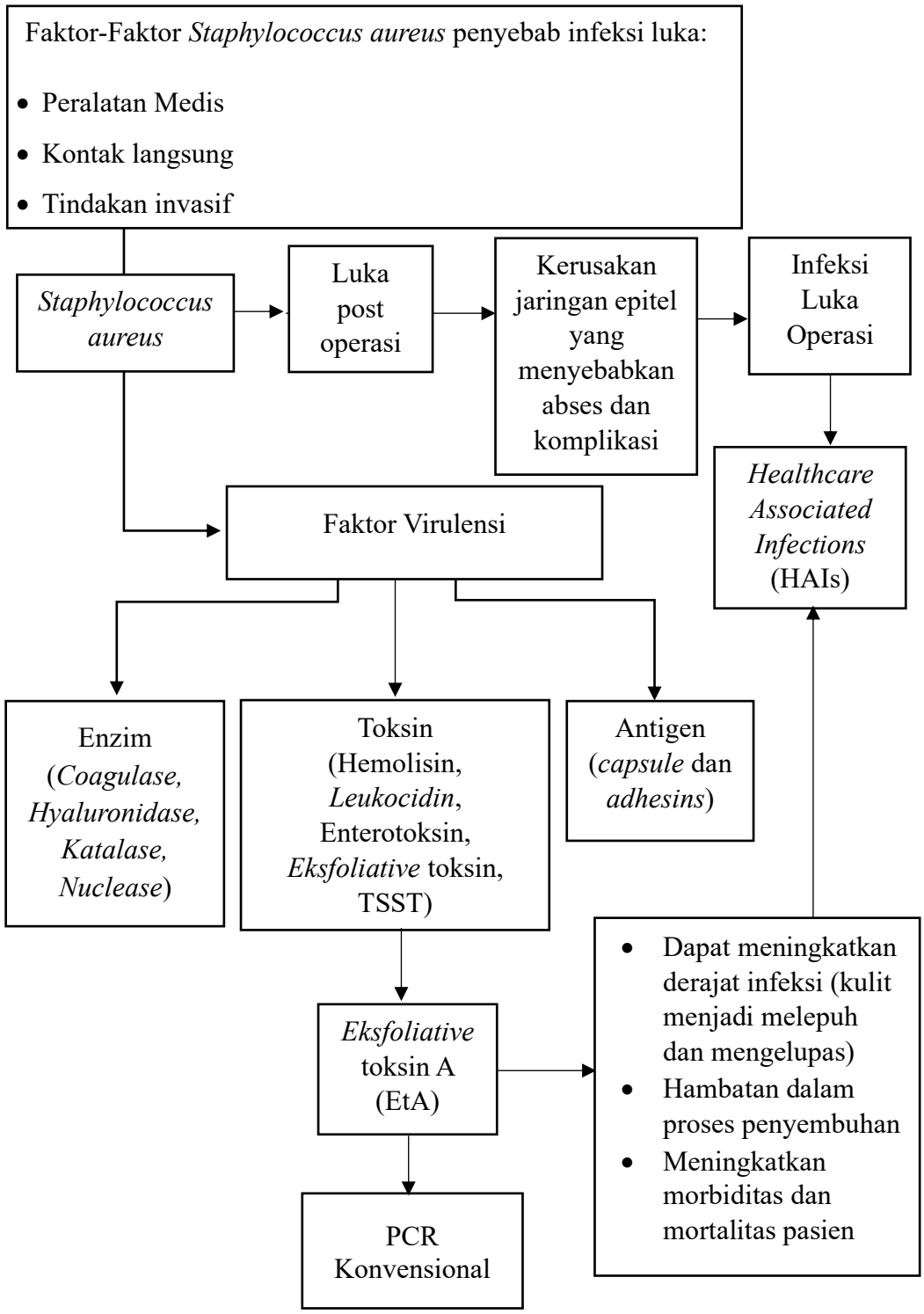
Sumber listrik yang stabil dengan tegangan konstan sangat diperlukan. Kekuatan medan listrik yang ideal adalah antara 2-8V//cm pada suhu ruang. Medan listrik yang terlalu kuat (>10 V/cm) dapat menyebabkan pemanasan berlebih pada medium, mengakibatkan hilangnya air karena

penguapan dan pergeseran hasil pemisahan fragmen. Pemanasan juga dapat merusak (mendenaturasi) senyawa. Meskipun tegangan tinggi dapat mempercepat pemisahan, terutama untuk senyawa dengan berat molekul rendah yang rentan terhadap difusi, efek pemanasan harus dipertimbangkan.



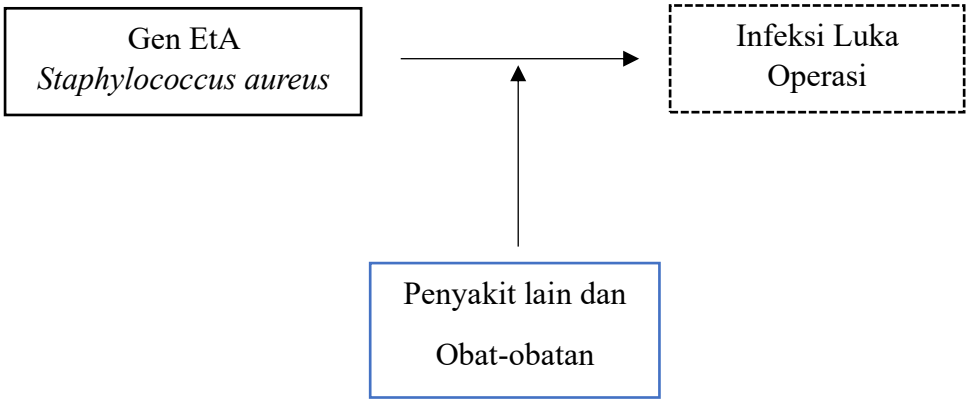
Gambar 2. 7 Contoh hasil elektroforesis deteksi gen EtA *Staphylococcus aureus*
Sumber: (Suliati dkk., 2022)

F. Kerangka Teori



Gambar 2. 8 Kerangka Teori

G. Kerangka Konsep



Gambar 2. 9 Kerangka Konsep

Ket:

: Variabel Independent

: Variabel Dependent

: Variabel Perantara

H. Definisi Operasional

1. Luka pasien post operasi adalah luka operasi yang dimiliki oleh pasien akibat prosedur pembedahan dan menjalani masa perawatan setelah operasi.
2. *Staphylococcus aureus* adalah bakteri penghasil serangkaian faktor virulensi yang dapat memperparah luka pada pasien post operasi.
3. Gen EtA merupakan gen penyandi faktor virulensi *Staphylococcus aureus* yaitu toksin *eksfoliative* A. Toksin ini dapat menyebabkan kulit menjadi melepuh dan mengelupas.
4. *Healthcare Associated Infections* (HAIs) adalah infeksi baru yang didapatkan pasien ketika menjalani masa perawatan di rumah sakit.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian *observational laboratory* dengan pendekatan *cross sectional study* yang mengamati populasi atau sampel satu kali saja.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

1. Lokasi Penelitian

   Pengambilan sampel telah dilaksanakan di RSUP Dr. Tadjuddin Chalid Makassar. Penelitian telah dilaksanakan di Laboratorium Biologi Molekuler *Hasanuddin University Medical Research Center* (HUM-RC).

2. Waktu Penelitian

   Penelitian ini telah dilaksanakan pada tanggal 21 Maret - 21 Mei tahun 2025.

C. Populasi dan Sampel Penelitian

1. Populasi

   Populasi dalam penelitian ini yaitu semua pasien yang menjalani perawatan luka post operasi di RSUP Dr. Tadjuddin Chalid Makassar.

2. Sampel

   Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel luka pasien post operasi dengan jangka waktu minimal 5-30 hari.

3. Teknik Pengambilan Sampel

   Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *accidental sampling* yaitu hanya pasien post operasi yang diambil berdasarkan kriteria dan

ketersediaan subjek pada waktu penelitian. Pada penelitian ini, jumlah ketersediaan sampel sebanyak 8 sampel.

D. Kriteria Sampel Penelitian

1. Kriteria Inklusi
    a. Pasien yang sedang melakukan perawatan luka operasi
    b. Pasien yang telah melakukan operasi dengan jangka waktu ≥ 5 hari
    c. Pasien dengan luka operasi yang memiliki nanah, rasa nyeri, serta kemerahan pada luka bekas operasi
2. Kriteria Eksklusi
    a. Pasien memiliki riwayat infeksi lainnya
    b. Pasien dengan luka operasi yang sudah kering

E. Instrumen Penelitian

Adapun alat yang digunakan yaitu sentrifuge (NEHCRI-531000339), BSC Tipe II, mikropipet (*Bio-Rad*), rak tabung PCR, cetakan *agarose* dan sisir, sendok tanduk, neraca analitik (*Kern* 440-47N), *Laminar Air Flow* (ESCO), *Microwave* (*Elektrolux*), *vortex* (Genie 2), *incubator* (Titramax-1000), s*topwatch,* gelas ukur (IWAKI), *Spin down*, *Thermal Cycler* (*Applied Biosystem*), *freezer*, botol *Schott Duran*, chamber elektroforesis (*Bio-Rad*), dan perangkat *Geldoc* komputer.

Adapun bahan yang digunakan yaitu sampel luka pasien post operasi, Kit Ekstraksi DNA (Geneaid), tabung *microcentrifuge, collection tube, spin column,* tabung PCR, *Ethidium Bromida* (EtBr), *tissue*, tip kuning, ose bulat, Enzim PCR (*Taq DNA polymerase)*, *Agarose* 1,5% *moleculer grade,* DNA

leader/marker, *Tris Borate* EDTA (TBE) 0,5×, *Nuclease Free Water* (NFW), primer gen EtA *Forward* 5’ CTAGTGCATTTGTTATTCAA 3’ dan *Reverse* 5’ TGCATTGACACCATAGTACT 3’ (Suliati dkk., 2022).

F. Prosedur Kerja

1. Preparasi Sampel

   Dibersihkan luka operasi dengan hati-hati menggunakan kasa steril yang sudah diberikan NaCl 0,9% lalu dilakukan swab pada luka yang terdapat pus. Dimasukkan swab ke dalam tabung *microcentrifuge* yang berisi larutan *Phosphate Buffered Saline* (PBS) 1x sebanyak 500µl, lalu ditutup tabung dengan rapat dan diberi label serta kode pada tabung.

2. Ekstraksi DNA

   Sampel swab luka operasi dimasukkan ke dalam tabung *microcentrifuge* steril yang berisi larutan PBS sebanyak 200 µl, kemudian ditambahkan 20 µl Proteinase K dan dihomogenkan dengan cara *pipetting*. Kemudian diinkubasi pada suhu 60°C selama 5 menit. Setelah itu, ditambahkan 200 µl buffer GSB lalu *vortex* dan diinkubasi kembali pada *temperature* yang sama selama 5 menit. Kemudian, ditambahkan etanol absolut (96%) 200 µl dan *vortex* selama 10 detik. Setelah itu, dipindahkan semua campuran tersebut ke dalam *spin column*, sentrifugasi pada kecepatan 10.000 rpm selama 1 menit.

   Buang *collection tube* yang berada di bawah *spin column* dan diganti dengan c*ollection tube* yang baru. Selanjutnya, tambahkan 400 µl *wash buffer* (W1) lalu sentrifugasi selama 30 detik dengan kecepatan

10.000 rpm, kemudian dibuang cairan yang ada pada *collection tube*. Lalu ditambahkan 600 µl *wash buffer* (W2), disentrifugasi selama 30 detik, lalu buang cairan pada *collection tube* dan letakkan tabung *microcentrifuge* pada bagian bawah *spin column.* Kemudian, ditambahkan 100 µl *Elution buffer* dan disentrifugasi dengan kecepatan 13.000 rpm selama 30 detik. Kemudian, dibuang spin column dan cairan yang mengandung DNA tertampung pada tabung *microcentrifuge*. Hasil ekstraksi disimpan dalam lemari es dengan suhu -4°C untuk digunakan sebagai template PCR (Kit Geneaid).

3. Amplifikasi

Dilakukan pencampuran (mix) komponen PCR pada tabung *microtube.* Untuk pencampuran sampel dan kontrol (positif negatif), dipipet *Enzym Taq Polymerase* sebanyak 68,75 µl. Kemudian ditambahkan 10 mM primer *forward* dan *reverse* masing-masing sebanyak 5,5 µl. Lalu ditambahkan 30,25 µl NFW ke dalam tabung tersebut dan dispindown selama 5 detik. Kemudian dipipet 10 µl larutan tersebut ke dalam masing-masing *tube* PCR (10 *tube*). Setelah itu, tambahkan 5 µl DNA (hasil ekstraksi) masing-masing ke dalam 8 *tube* PCR sebagai *tube* sampel. Pada *tube* kontrol positif ditambahkan 5 µl isolat *Staphylococcus aureus*, sedangkan pada *tube* kontrol negatif ditambahkan 5 µl NFW. Kemudian dihomogenkan menggunakan *spindown*.

Masukkan tabung PCR lalu diatur temperatur mesin PCR sesuai protocol. Kondisi PCR deteksi gen EtA dilakukan sebanyak 30 siklus,

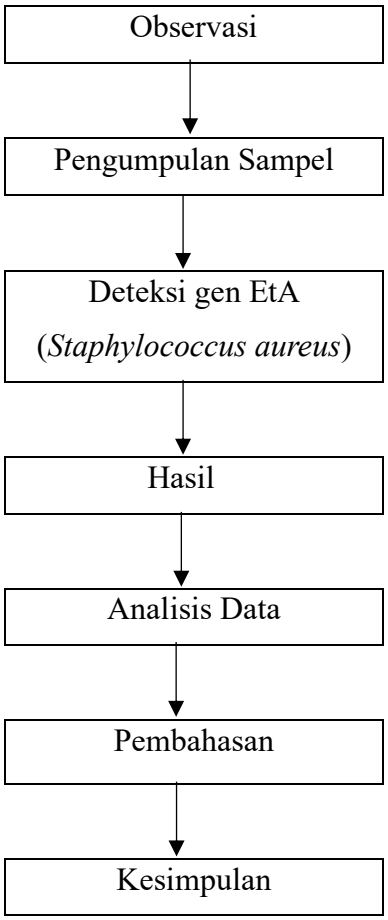
yaitu 1 siklus terdiri dari pra denaturasi pada suhu 94ºC selama 30 detik, denaturasi pada suhu 94ºC selama 1 menit, proses *annealing* pada suhu 52ºC selama 30 detik dan proses *ekstension* pada suhu 72ºC selama 1 menit, setelah selesai kemudian diikuti dengan pemanjangan akhir pada suhu 72ºC selama 5 menit. Amplifikasi hasil PCR kemudian dielektroforesis dan divisualisasikan pada gelDoc (Suliati dkk., 2022).

4. Elektroforesis

Elektroforesis dimulai dengan membuat gel *agarose* 1,5% dalam tabung *Schott Duran* yaitu dengan menimbang bubuk a*garose* sebanyak 1,5 gram, kemudian dilarutkan dengan 100 ml TBE 0,5× di dalam *microwave* sampai larut sempurna. Setelah itu, diamkan hingga panasnya sekitar 60ºC. Lalu tambahkan 3 µl *ethidium bromide* dan dituangkan ke dalam cetakan yang telah disiapkan. Diamkan sampai gel memadat sempurna.

Lepaskan sisir sehingga terbentuk well. Kemudian dipindahkan gel ke dalam *chamber elektroforesis* yang berisi TBE 0,5x. Masukkan 5 µl DNA sampel hasil PCR, kontrol positif dan kontrol negatif ke dalam well. Masukkan 3 µl DNA ladder sebagai penanda. Kemudian, operasikan elektroforesisnya dengan menyalakan *PowerPac* dari aliran negatif ke positif. Selanjutnya, tunggu selama 60 menit hingga warna loading buffer yang merah muda berpindah ke tengah gel. Jika telah selesai, matikan *PowerPac* dan gel *agarose* dipindahkan ke dalam alat GelDoc untuk dilihat pola pita DNA yang tervisualisasi.

G. Alur Penelitian



Gambar 3.1 Alur Penelitian

H. Teknik Pengumpulan Data

Data diperoleh dengan melakukan observasi serta kuisioner kepada pasien post operasi yang berada di RSUP Dr. Tadjuddin Chalid Makassar.

I. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data pada penelitian ini menggunakan pendekatan secara deskriptif yaitu dengan mendekripsikan gambar hasil PCR berupa *pita/band.* Adanya gen EtA *Staphylococcus aureus* pada luka pasien post operasi akan ditandai dengan munculnya pita DNA dengan ukuran target 119bp (Suliati dkk., 2022).

J. Etika Penelitian

1. Informed consent (Penjelasan dan Persetujuan)

   Responden yang memenuhi kriteria peneliti untuk diteliti akan diberikan lembar persetujuan. Peneliti tidak akan memaksakan kehendak jika subjek menolak dan tetap menghormati hak-hak subjek.

2. Anonimity (Tanpa Nama)

   Pada lembar pengumpulan data, responden tidak perlu mencantumkan nama. Responden hanya cukup menulis inisal/nomor identitas dalam menjamin kerahasiaan identitas subjek.

3. Confidentiality (Kerahasiaan)

   Kelompok data yang dibutuhkan akan dicantumkan dalam hasil penelitian. Data yang dicantumkan berupa data yang menunjang hasil penelitian. Semua data dan informasi yang telah terkumpul dijamin kerahasiaannya.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian ini telah dilaksanakan pada tanggal 21 Maret – 21 Mei 2025 di HUM-RC untuk mendeteksi gen *Eksfoliative* Toksin A (EtA) *Staphylococcus aureus* pada swab luka pasien post operasi dengan karakteristik sampel dapat dilihat pada tabel 4.1, yang telah dikumpulkan sebanyak 8 sampel di RSUP Dr. Tadjuddin Chalid Makassar.

1. Karakteristik Subjek Penelitian

Adapun karakteristik subjek penelitian dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Karakteristik Subjek Penelitian

Karakteristik	Responden	Persentase (%)
Jenis Kelamin		
Laki-Laki	4	50%
Perempuan	4	50%
Usia (Tahun)		
18-34	3	38%
47-65	5	62%
Lama Luka		
5-10 hari	6	75%
30 hari	2	25%
Ciri-Ciri Luka		
Pus (nanah)		
Kemerahan	8	100%
Rasa Nyeri		

Konsumsi antibiotik		
Konsumsi	6	75%
Tidak konsumsi	2	25%
Riwayat penyakit		
Ada	2	25%
Tidak ada	6	75%
Total	**8**	**100%**

Sumber: Data penelitian

2. Hasil Deteksi Gen *Eksfoliative* Toksin A (EtA) *Staphylococcus aureus*

Adapun hasil deteksi gen EtA *Staphylococcus aureus* dari sampel swab luka pasien post operasi menggunakan metode PCR dapat dilihat pada tabel 4.2

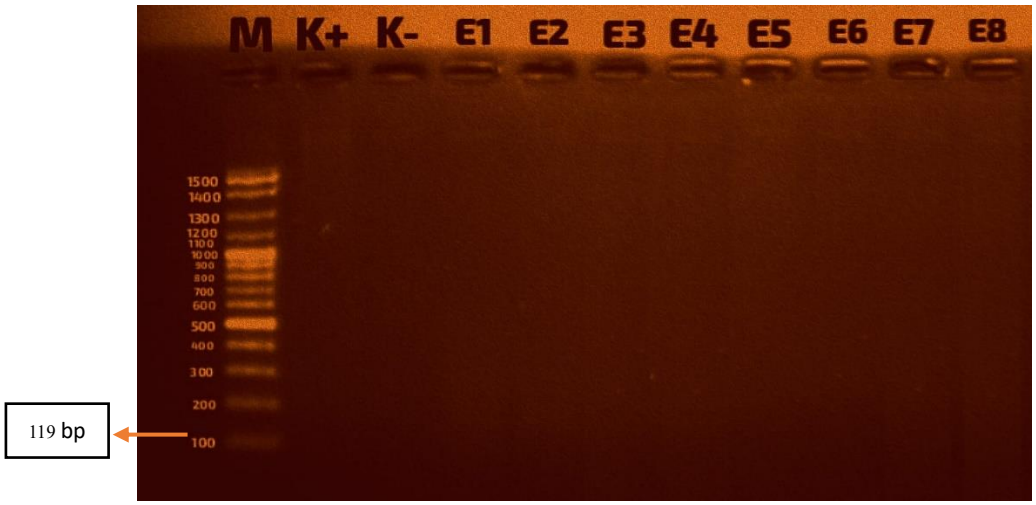
Tabel 4.2 Hasil Deteksi Gen EtA *Staphylococcus aureus*

No.	Kode Sampel	Hasil	Keterangan
1.	KP	Tidak terbentuk pita	Negatif
2.	KN	Tidak terbentuk pita	Negatif
3.	E1	Tidak terbentuk pita	Negatif
4.	E2	Tidak terbentuk pita	Negatif
5.	E3	Tidak terbentuk pita	Negatif
6.	E4	Tidak terbentuk pita	Negatif
7.	E5	Tidak terbentuk pita	Negatif
8.	E6	Tidak terbentuk pita	Negatif
9.	E7	Tidak terbentuk pita	Negatif
10.	E8	Tidak terbentuk pita	Negatif

Sumber: Data Penelitian

Berdasarkan hasil pemeriksaan deteksi gen *Eksfoliative* Toksin A (EtA) *Staphylococcus aureus* pada luka pasien post operasi menggunakan metode PCR yang kemudian divisualisasikan dengan menggunakan

elektroforesis di bawah sinar UV (Ultra Violet) dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4.1 Hasil Visualisasi Elektroforesis
Sumber: Data Penelitian

Keterangan: M = Marker
119bp = Ukuran target gen EtA *Staphylococcus aureus*
K+ = Kontrol Positif
K- = Kontrol Negatif
E1-E8 = Kode Sampel

B. Pembahasan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biologi Molekuler *Hasanuddin University Medical Research Center* (HUM-RC) pada bulan April-Mei 2025. Lokasi pengumpulan dan pengambilan sampel dilakukan di RSUP Dr. Tadjuddin Chalid Makassar dengan jumlah sampel yang diperiksa pada penelitian ini sebanyak 8 sampel luka pasien post operasi. Sampel swab luka yang telah diambil kemudian dibawa ke HUM-RC menggunakan *coolbox* dan disimpan di *freezer.* Selanjutnya, dilakukan pemeriksaan molekuler dengan menggunakan metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR) konvensional untuk mendeteksi gen *Eksfoliative* toksin A (EtA) *Staphylococcus aureus* pada luka pasien post operasi, dengan memperbanyak sekuen DNA secara in vitro.

Pada tabel 4.1 menunjukkan karakteristik pasien berdasarkan jenis kelamin yaitu laki-laki sebanyak 4 (50%) dan perempuan sebanyak 4 (50%), berdasarkan usia 18-34 tahun sebanyak 3 responden dengan persentasi (38%) dan usia 47-65 tahun sebanyak 5 responden dengan persentasi (62%). Untuk jangka waktu lama luka operasi responden yang paling banyak yaitu 5-10 hari sebanyak 6 responden (75%) dan 2 responden (25%) dengan lama luka ≥ 30 hari. Berdasarkan karakteristik pasien yang mengkonsumsi antibiotik yaitu sebanyak 6 responden (75%) dan yang tidak mengkonsumsi antibiotik sebanyak 2 responden (25%), berdasarkan riwayat penyakit yaitu sebanyak 2 responden (25%) yang memiliki riwayat penyakit dan sebanyak 6 responden (75%) yang tidak memiliki riwayat penyakit.

Dalam mendeteksi gen EtA *Staphylococcus aureus*, terdiri dari beberapa tahapan yang dilakukan yaitu ekstraksi DNA, amplifikasi DNA, dan elektroforesis.

Pada tahapan pertama yaitu ekstraksi DNA, terjadi proses pemisahan DNA dari komponen sel lainnya seperti protein, karbohidrat, maupun lemak untuk menghasilkan DNA murni. Proses ekstraksi DNA mencakup serangkaian tahapan untuk mengisolasi materi genetik dari sel. Tahap pertama melibatkan proses *lysis* (perusakan dinding dan membran sel) untuk membuka sel dan melepaskan DNA yang terdapat di dalamnya dengan menggunakan enzim proteinase K dan *buffer* GSB. Setelah sel berhasil terpecah, langkah berikutnya adalah *bindding* yaitu proses pengikatan DNA menggunakan *ethanol absolute* 96% untuk mengikat pengotor selain DNA, sehingga DNA tetap berada pada

spin column. Selanjutnya pada tahap *washing* dengan menambahkan W1, W2 dan *Wash buffer* untuk memisahkan DNA dari berbagai komponen seluler lainnya, termasuk protein, RNA dalam jumlah sedikit, lipid, dan polisakarida. Pemisahan ini penting untuk mendapatkan DNA yang relatif bersih dari kontaminan. Tahap terakhir dalam ekstraksi DNA adalah *elution* (pemurnian). Pada tahap ini, tujuan utamanya adalah untuk menghilangkan residu yang digunakan selama proses lisis dan pemisahan, sehingga diperoleh DNA dengan tingkat kemurnian yang tinggi.

Teknik ekstraksi DNA yang digunakan pada penelitian ini adalah teknik dengan metode *spin column.* Metode ini merupakan metode yang paling efisien dibandingkan dengan metode lain karena DNA yang dihasilkan adalah DNA berkualitas tinggi dan minim risiko kontaminan, serta larutan buffer yang digunakan mampu menjaga kualitas ekstrak DNA sehingga baik digunakan untuk mendeteksi atau menganalisis menggunakan PCR.

Tahapan kedua yaitu amplifikasi DNA, namun sebelumnya dilakukan PCR mix terlebih dahulu yang merupakan proses pencampuran antara enzim Taq PCR Master Mix dan template DNA murni yang telah diisolasi serta primer forward dan primer reverse dalam mengoptimalkan proses PCR. Selanjutnya amplifikasi DNA yaitu proses siklus yang berulang, dengan menggunakan sepasang primer yang spesifik untuk membuat hibrid dengan ujung -5’ menuju ujung -3’ untai DNA target dan mengamplifikasi urutan yang diinginkan.

Pada tahap amplifikasi DNA, siklus PCR yang digunakan pada penelitian ini adalah 30 siklus yang dimulai dengan proses pra denaturasi dan

denaturasi yaitu proses pemisahan untai ganda DNA *template* yang memerlukan suhu tinggi pada proses awal. Suhu tahapan pra denaturasi yang digunakan pada penelitian ini yaitu 94ºC selama 30 detik dan suhu tahap denaturasi 94ºC selama 1 menit. Kemudian pada tahapan *annealing,* yaitu proses penempelan primer pada DNA target dengan menggunakan suhu 52ºC selama 30 detik. Tahapan selanjutnya yaitu *extention,* pada tahap ini terjadi proses pemanjangan untai baru DNA, dimulai pada posisi primer yang menempel di urutan basa nukleotida DNA target yang akan bergerak dari ujung -5' menuju 3' dari untai tunggal DNA. Suhu tahapan *extention* yang digunakan pada penelitian ini yaitu 72ºC selama 1 menit, yang diikuti dengan akhir pemanjangan pada suhu 72ºC selama 5 menit.

Tahapan ketiga sekaligus tahap akhir yaitu elektroforesis, terjadi proses bergeraknya molekul bermuatan pada suatu medan listrik. Molekul bermuatan bergerak dari arah kutub negatif menuju arah kutub positif. Kecepatan molekul yang bergerak pada medan listrik bergantung pada ukuran DNA, konsentrasi gel dan kecepatan arus listrik. Setelah selesai proses elektroforesis, gel diangkat dan dipindahkan ke dalam GelDoc untuk visualisasi pita fragmen DNA dengan menggunakan sinar UV.

Berdasarkan hasil PCR yang divisualisasikan pada GelDoc, dari 8 sampel serta kontrol positif yang berasal dari isolat *Staphylococcus aureus* tidak terdeteksi adanya gen *Eksfoliative* toksin A (EtA). Hal ini ditandai dengan tidak terbentuknya pita fragmen DNA pada target 119bp yang merupakan ukuran target gen EtA *Staphylococcus aureus*.

Berbagai macam faktor virulensi yang dimiliki oleh *Staphylococcus aureus* dapat menyebabkan *Healthcare Associated Infections* (HAIs), salah satunya adalah toksin eksfoliatif (EtA). Namun, dari hasil penelitian yang didapatkan pada kontrol positif dan 8 sampel lainnya adalah negatif. Kontrol positif yang digunakan berasal dari isolat *Staphylococcus aureus,* yang diperkirakan memiliki faktor virulensi dominan selain toksin eksfoliatif, sehingga tidak terdeteksinya gen EtA. Sedangkan sampel yang digunakan untuk dideteksi, langsung dari swab luka yang belum diketahui ada atau tidaknya bakteri *Staphylococcus aureus.*

Adapun penunjang dari sampel dengan hasil negatif, jika dilihat dari tabel 4.1, karakteristik usia pasien berada pada usia dewasa hingga lansia dengan jumlah pasien sebanyak 2 orang (25%) yang memiliki riwayat penyakit dan 6 orang (75%) lainnya tidak memiliki riwayat penyakit. Hal ini didukung oleh pernyataan (Oliveira *et al*., 2018) bahwa penyakit *Staphylococcal Scalded Skin Syndrome* (SSSS) yang disebabkan oleh adanya gen EtA umumnya terjadi pada bayi dan anak-anak karena sistem imun yang masih dalam tahap perkembangan dan pembersihan racun ginjal yang masih lemah. Sedangkan pada orang dewasa dapat terjadi pada mereka yang memiliki sistem imun lemah, salah satunya akibat adanya penyakit penyerta lainnya.

Selain itu jika dilihat dari karakteristik luka pasien, semua sampel luka merujuk ke gejala infeksi umum seperti pembentukan pus, kemerahan dan rasa nyeri yang terjadi dalam waktu 5 hingga 30 hari pasca operasi. Namun, tidak terdeteksinya gen EtA *Staphylococcus aureus* dapat disebabkan karena adanya

bakteri lain yang menginfeksi luka dengan ciri infeksi yang umum. Faktor lain yang mendukung hasil negatif adalah 6 pasien (75%) diantaranya sedang mengonsumsi antibiotik yang merupakan obat untuk mengatasi dan mengobati infeksi yang disebabkan oleh bakteri.

Selain dari faktor karakteristik subjek penelitian, hal lain dalam pengerjaan sampel juga mempengaruhi hasil negatif yang diperoleh. Salah satunya akibat faktor referensi suhu yang digunakan dalam proses amplifikasi PCR tidak sesuai, yaitu pada tahap pra denaturasi yang seharusnya lebih lama dilakukan sebelum memasuki tahap denaturasi. Waktu yang lebih lama pada pra denaturasi diperlukan untuk memastikan bahwa seluruh sampel DNA terdenaturasi sepenuhnya, terutama pada sampel DNA yang memiliki struktur kompleks atau terdapat banyak untai DNA.

Fakta bahwa ekspresi dan prevalensi gen toksin eksfoliatif juga bervariasi antar wilayah. Di beberapa negara seperti Jepang, strain *Staphylococcus aureus* lebih sering mengekspresikan toksin eksfoliatif B (EtB) dibandingkan toksin ekfoliatif A (EtA), sedangkan di Eropa dan Amerika prevalensinya lebih tinggi. Di Indonesia sendiri, prevalensi spesifik toksin ekfoliatif masih terbatas. Namun, keberadaan toksin ini pada isolat *Staphylococcus aureus* di berbagai konteks klinis dan lingkungan telah terkonfirmasi dengan laporan kasus dan penelitian yang menunjukkan toksin eksfoliatif sebagai faktor virulensi penting dalam infeksi kulit dan jaringan lunak. Sehingga, kemungkinan bahwa strain *Staphylococcus aureus* yang paling sering menyebabkan infeksi lebih dominan memiliki faktor virulensi

lain yang berkontribusi terhadap infeksi luka operasi dibandingkan dengan toksin eksfoliatif.

Hasil penelitian ini, berbeda dengan penelitian sebelumnya oleh (Suliati dkk., 2022) yang meneliti keberadaan gen EtA *Staphylococcus aureus* pada isolat luka pasien Diabetes Melitus (DM) di Rumah Spesialis Luka Diabetes cabang Surabaya dan Sidoarjo. Dalam penelitiannya, didapatkan hasil dari 30 sampel usap luka DM yang dibiakan, 2 sampel diantaranya terdapat bakteri *Staphylococcus aureus* yang kemudian dilanjutkan ke tahap deteksi gen EtA menggunakan metode PCR, dan diperoleh hasil positif adanya gen EtA *Staphylococcus aureus* yang ditandai dengan ukuran target 119bp.

Penelitian terkait keberadaan gen toksin eksfoliatif *Staphylococcus aureus* juga dilakukan oleh (Mohseni *et al.,* 2018) yang diisolasi dari berbagai sampel klinis di Iran utara. Dalam hasil penelitiannya menunjukkan keberadaan gen EtA (76,7%), EtB (16,7%), dan EtD (54,0%) yang tinggi pada *Staphylococcus aureus.* Selain itu, terdapat beberapa penelitian lainnya yang menyelidiki prevalensi gen toksin ekfoliatif (EtA, EtB, EtD) *Staphylococcus aureus* di berbagai negara lainnya seperti Jerman, Tiongkok, Nigeria, Kanada, Inggris, dan Turki. Namun, dari hasil penelitian tersebut menunjukkan angka prevalensi keberadaan gen toksin eksfoliatif *Staphylococcus aureus* yang masih tergolong rendah.

Keterbatasan yang dialami pada penelitian ini yaitu ketersediaan populasi sampel yang secara langsung mempengaruhi jumlah sampel yang

diperoleh. Selain itu, volume pus pada sampel swab luka yang didapatkan juga relatif sedikit, sehingga berpotensi terbatas dalam proses pengerjaan.

Dengan memperluas jumlah sampel pasien dan melibatkan berbagai rumah sakit atau pusat kesehatan, dapat memungkinkan peningkatan representasi dan variabilitas data, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai keberadaan gen EtA pada populasi pasien yang lebih luas. Selain itu, sampel luka yang didapatkan juga bisa dikultur terlebih dahulu, kemudian koloni yang tumbuh dapat diekstraksi dan dideteksi dengan metode lain seperti *Multiplex* PCR.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dari 8 sampel (100%) swab luka pasien post operasi, tidak terdeteksi gen *eksfoliative* toksin (EtA) *Staphylococcus aureus* sebagai penyebab *Healthcare Associated Infections* (HAIs).

B. Saran

Disarankan pada peneliti selanjutnya agar mendeteksi toksin eksfoliatif maupun faktor virulensi lainnya dari strain *Staphylococcus aureus,* dan lebih memperhatikan kriteria spesifik dalam pemilihan sampel yang akan diambil, serta penggunaan referensi yang luas untuk deteksi gen *eksfoliative* toksin A (EtA) *Staphylococcus aureus,* agar mendapatkan hasil yang relevan.

DAFTAR PUSTAKA

Ana, K., & Hariyati, R.T.S (2022). IMPLEMENTASI SURVAILLANS HEALTHCARE ASSOSIATED INFECTION (HAIs) BERBASIS ELEKTRONIK DI RUMAH SAKIT. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, *1*(5),1065–1080. https://doi.org/10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v1i5.1196

Angria, N & Zarqia. (2023). Deteksi Gen mecA pada Methicillin Resistant Staphylococcus aureus (MRSA) Pasien Infeksi Saluran Kemih. *Jurnal Ilmiah PANNMED (Pharmacist, Analyst, Nurse, Nutrition, Midwivery, Environment, Dentist)*, *18*(2), 287–292. https://doi.org/10.36911/pannmed.v18i2.1623

Arianda, D. (2016). *Buku Bakteriologi.* Jakarta: AM-Publishing.

Arif, M. Syamsul; Talista, A. (2019). *Bahan Ajar Teknologi Bank Darah (TBD): Imunologi*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia.

Ayuti, S. R., Hidayati, W. N., Admi, M., Rosmaidar, Zainuddin, Hennivanda. &, Makmur, A. (2018). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Gram Positif *Staphylococcus aureus* dan *Micrococcus* Pada Peternakan Sapi yang Terindikasi Mastitis. *Jurnal Peternakan Indonesia*, *25*(1).

Baharutan, A., Rares, F. E. S., & Soeliongan, S. (2015). Pola Bakteri Penyebab Infeksi Nosokomial Pada Ruang Perawatan Intensif Anak Di Blu Rsup Prof. Dr. R. D. Kandou Manado. *Jurnal E-Biomedik*, *3*(1). https://doi.org/10.35790/ebm.3.1.2015.7417

Cahyaningtyas, D. E., Gaina, C. D., & Tangkonda, E. (2024). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Escherichia coli, Klebsiella sp., Dan Staphylococcus aureus Pada Ambing dan Susu Kambing Peranakan Etawa. *Jurnal Veteriner Nusantara*, *7*(1), 41–52. https://doi.org/10.35508/jvn.v7i1.14626

Cheung, G. Y. C., Bae, J. S., & Otto, M. (2021). Pathogenicity and virulence of Staphylococcus aureus. *Virulence*, *12*(1), 547–569. https://doi.org/10.1080/21505594.2021.1878688

Dirgagita, R., Aditya, R., & Muthmainnah, N. (2020). Identifikasi Bakteri Pada Luka Operasi Pasien Paska Seksio Sesarea Di Bangsal Kandungan Dan Kebidanan Rsud Ulin Banjarmasin. *Homeostatis*, 379–384.

Effendi, I. (2020). *Metode Identifikasi dan Klasifikasi Bakteri*. Riau: Occanum Press.

Ekawati, E.R. (2018). *Bakteriologi: Mikroorganisme Penyebab Infeksi*. Sleman: Deepublish Publisher.

Ekawati, E. R; Yusmiati, S. N. H; Herawati, D. (2018). IDENTIFIKASI KUMAN PADA PUS DARI LUKA INFEKSI KULIT. *SainsHealth*, *2*(1), 31–35. https://doi.org/10.21111/pharmasipha.v7i1.8960

Fahlevi, R., Bakti, D., & Sitepu, S. F. (2017). Karakterisasi Molekuler Elaeidobius Kamerunicus Faust. (Coleoptera;Curculionidae) Asal Sumatera Utara Menggunakan Metode Amplified Fragment Length Polymorphism (Aflp). *Jurnal Agroekoteknologi*, *5*(4), 941–953.

Fatmawati, R., Kusumajaya, H., & A. (2023). FAKTOR-FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN PENGETAHUAN PERAWAT DALAM PENCEGAHAN VENTILATOR ASSOCIATED PNEUMONIA. *Jurnal Penelitian Perawat Profesional*, *5*(4).

Giudice, P. (2020). Skin infections caused by staphylococcus aureus. *Acta Dermato-Venereologica*, *100*, 208–215. https://doi.org/10.2340/00015555-3466

Green, M. R., & Sambrook, J. (2019). Polymerase chain reaction. *Cold Spring Harbor Protocols*, (6), 436–456. https://doi.org/10.1101/pdb.top095109

Harahap, M. R. (2018). Elektroforesis: Analisis Elektronika Terhadap Biokimia Genetika. *Circuit: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, *2*(1), 21–26.

Hidayat, M. (2020). *Penelitian Biomedik dan Ilmu Kedokteran.* Bandung: ALFABET.

Hidayati, A. N., Damayanti, M. Sari, M. D. Alinda, N. R. Reza, S. Anggraeni, Y. W. (2019). Infeksi Bakteri di Kulit. In *FMC Formacion Medica Continuada en Atencion Primaria* (Vol. 17, Issue 2). https://doi.org/10.1016/S1134-2072(10)70042-6

Imasari, T., & Emasari, F. (2022). Deteksi Bakteri Staphylococcus sp. Penyebab Jerawat dengan Tingkat Pengetahuan Perawatan Wajah. *Jurnal Sintesis: Penelitian Sains, Terapan Dan Analisisnya*, *2*(2), 58–65.

Jawetz, Melnick., & A. (2017). *Mikrobiologi Kedokteran*. Jakarta: EGC.

Kescandra, N., Rosa, E. M., & Sundari, S. (2020). E-Surveilans Bloodstream Infection pada Pasien di Nitipuran Health Centre. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, *20*(1), 263. https://doi.org/10.33087/jiubj.v20i1.774

Koentjoro, M. P., Alviani, M. N., Jatmiko, Y. D., Habiba, L. N., Fatih, A. N. F., & Kartikaningsih, H. Pengembangan Protokol Deteksi *Staphylococcus aureus* Berbasis Molekuler. *Jurnal Ilmiah Biologi, 12*(1).

Konoralma, K. (2019). Identifikasi Bakteri Penyebab Infeksi Nosokomial Di Rumah Sakit Umum Gmim Pancaran Kasih Manado. *Jurnal KESMAS*, *8*(1),

23–35.

Kusnadi, J., & Ayumingtyas, E. L. (2020). *Polymerase Chain Reactin (PCR): Teknik dan Fungsi.* Malang: Universitas Brawijaya Press.

Lubis, Shabrina, A. P., Wintoko, R., Ismunandar, H., & Windarti, I. (2024). Infeksi daerah operasi. *Medula*, *14*(2), 213–217.

Mariutti, R. B., Tartaglia, N. R., Seyffert, N., Castro, T. L. de P., Arni, R. K., Azevedo, V. A., Le Loir, Y., & Nishifuji, K. (2017). Exfoliative Toxins of Staphylococcus aureus. *The Rise of Virulence and Antibiotic Resistance in* Staphylococcus Aureus, *March*. https://doi.org/10.5772/66528

Mohseni, M., Rafiei, F., & Ghaemi, E. A. (2018). High frequency of exfoliative toxin genes among staphylococcus aureus isolated from clinical specimens in the north of Iran: Alarm for the health of individuals under risk. *Iranian Journal of Microbiology*, *10*(3), 158–165.

Mose, W., Suryani, E.M., Panjaitan, R., Anita., Sofiana, M. S. J., Sari, A.I., *et al.* (2025). *Biologi Molekuler.* Jawa Barat: Mega Press Nusantara.

Muthuraj, M., Usharani, B., Anbazhagi, S., Raj, C.K.V., & Venkatesh, K. (2022). *Polymerase Chain Reactin: Basic Optimization Techniques.* India: Notion Press.

Novita, S., Amir, S., Batara, A. S., & Prihatin Idris, F. (2022). Pengaruh Motivasi Terhadap Penerapan Patient Safety Di RSUP Dr. Tadjuddin Chalid Makassar. *Journal of Muslim Community Health (JMCH) 2022*, *3*(4), 242–248.

Nugroho, K., Widyajayantie, D., Ishthifaiyyah, S. A., & Apriliani, E. (2021). Pemanfaatan Teknologi Droplet Digital PCR (ddPCR) dalam Kegiatan Analisis Molekuler Tanaman. *Jurnal Bios Logos*, *11*(1), 28. https://doi.org/10.35799/jbl.11.1.2021.31101

Oliveira, D., Borges, A., & Simões, M. (2018). Staphylococcus aureus toxins and their molecular activity in infectious diseases. *Toxins*, *10*(6). https://doi.org/10.3390/toxins10060252

Pranata, A., & Ahda, Y. (2021). DESAIN PRIMER UNTUK IDENTIFIKASI GEN LUCIFERASE PADA KUNANG-KUNANG GENUS Lamprigera (Lampyridae: Coeloptera). *Semnas Bio*, 1739–1747. http://www.ncbi.nlm.nih.gov.

Rahmadhan, D., Sari, R., & Apridamayanti, P. (2019). Pengaruh suhu annealing terhadap amplifikasi gen tem menggunakan primer dengan %GC rendah. *Jurnal Mahasiswa Farmasi Fakultas Kedokteran UNTAN*, *4*(1), 1–7.

Rasmi, A. H., Ahmed, E. F., Mohammed, A., Darwish, A., Fadl, G., & Gad, M.

(2022). Virulence genes distributed among Staphylococcus aureus causing wound infections and their correlation to antibiotic resistance. *BMC Infectious Diseases*, *22*(1), 1–12. https://doi.org/10.1186/s12879-022-07624-8

Rdk, K., Kusumaningsih, D., & Gunawan, M. R. (2024). HUBUNGAN KEPEMIMPINAN DENGAN UPAYA PENCEGAHAN HAIS PADA MASA PANDEMI COVID 19 DI RUMAH SAKIT ZAINAL ABIDIN PAGAR ALAM WAY KANAN. *MALAHAYATI NURSING JOURNAL*, *7*(6), 2836–2840.

Refai. (2023). *Biologi Molekuler I: Konsep dan Teori*. Yogyakarta: Deepublish Digital.

Rita, N., & Penyerta, P. (2018). Hubungan Penyakit Penyerta Dengan Terjadinya Infeksi Nosokomial Luka Operasi Pada Pasien. *Jurnal Ilmu Kesehatan, 2* (2), 55–63.

Rosa, E. M. (2019). Surveillance Infeksi di Rumah Sakit: Konsep dan Implementasi. In *Elmatera*. Elmatera (Anggota IKAPI). http://repository.umy.ac.id/bitstream/handle/123456789/34214/Surveillance infeksi di rumah sakit konsep dan implementasi.pdf?sequence=1

Rosidiana, A., & Rinawati, S. A. W. (2021). Anaesthesia Nursing Journal The Relationship Between The Operating Room Nurses' Compliance with The Area of Infection Risk (IDO) at RSUD Wonosari. *Sutejo Anaesthesia Nursing Journal*, *1*(December 2021), 49–57. https://doi.org/10.29238/anj.v1i1.1162

Sahli, I. T. (2023). *Protein Biofilm Bakteri Staphylococcus aureus dan Produksi Antibodi Poliklonal*. Sulawesi Tengah: Feniks Muda Sejahtera.

Salim, M., Gestiwana, O., & Kamilla, L. (2023). Efektivitas Sediaan Sabun Wajah Cair Ekstrak Daun Katuk (Sauropus androgynus (L.) Merr.) terhadap Pertumbuhan Bakteri Staphylococcus aureus Metode Difusi. *Jurnal Laboratorium Khatulistiwa*, *7*(1), 85. https://doi.org/10.30602/jlk.v7i1.1255

Sazkiah, E. R. (2021). Determinan Epidemiologi Infeksi Nosokomial Pada Pasien Rawat Inap Rumah Sakit Umum PusatHaji Adam Malik Medan. *Skripsi*, 2–3.

Seran, L., Herak, R., & Missa, H. (2020). Pembuktian Kemampuan Anti Bakteri Ekstrak Daun dan Kulit Jarak Pagar (Jatropha culcas) Terhadap Bakteri Staphylococcus aureus Secara In Vitro Dalam Pembelajaran Dengan Metode PBL Terhadap Mahasiswa Semester VII Program Studi Pendidikan Biologi FKIP UNWIRA. *Jurnal Studi Guru Dan Pembelajaran*, *3*(1), 39–50. https://doi.org/10.30605/jsgp.3.1.2020.244

Shahzad, S., Afzal, M., Sikandar, S., Afzal, I. (2020). Polymerase Chain Reaction. *Journal of Intech Open*. https://doi.org/10.5772/intechopen.81924

Sihombing, R., & Alsen, M. I. L. O. (2016). Infeksi Luka Operasi. *Majalah Kedokteran Sriwijaya*, *46*(3), 230–231. https://ejournal.unsri.ac.id/index.php/mks/article/view/2710

Sogandi. (2018). *Biologi Molekuler: Identifikasi Bakteri Secara Molekuler*. Jakarta: Universitas 17 Agustus 1945.

Suarmayasa, I. N. (2023). Pola Kuman Pada Manset Sphygmomanometer : Studi Deskriptif Di Rsd Mangusada. *Jurnal Riset Kesehatan Nasional*, *7*(2), 163–168. https://doi.org/10.37294/jrkn.v7i2.481

Suhara, N. A., Mauludiyah, E. N., Albab, L. U., Suhara, N. A., & Maulana, I. T. (2020). Isolasi Fraksi Senyawa Aktif Antibakteri Staphylococcus epidermidis Dari Chlorella vulgaris B Sebagai Bahan Aktif antiseptik. *Jurnal Ilmiah Farmasi Farmasyifa*, *3*(1), 18–25. https://doi.org/10.29313/jiff.v3i1.4889

Suliati; Sasongkowati, R; Endarini, L. H; Anggraini, A. D. (2022). Gen Exfoliatif A (EtA) Staphylococcus aureus pada Isolat Luka Pasien Diabetes Melitus. *Tunas-Tunas Trik Riset Kesehatan*, *12*(2), 126–130.

Suwanto, A., Soka, S., & Candra, K. P. (2019). *Teknik Percobaan dalam Genetika Molekuler.* Jakarta: Universitas Atma Jaya.

Wahyuningsih, S. P. A., & Darmanto, W. (2024). *Buku Ajar Biologi Molekuler.* Surabaya: Airlangga University Press.

Wandoko, T., & Suryadi, B. (2017). Premedikasi terhadap kejadian infeksi luka operasi. *Jurnal Ilmu Keperawatan Indonesia*, *7*(3), 195–201. https://doi.org/10.20473/jbe.v5i32017.351-360

Wardana, A. C., & Mushlih, M. (2021). Comparison the Quality of Template DNA isolated by Column Method with and without Centrifugation. *Indonesian Journal of Innovation Studies*, *15*, 1–9. https://doi.org/10.21070/ijins.v15i.552

Wilantri, G. D., & Farida, H. (2015). Kolonisasi bakteri patogen potensial penyebab infeksi daerah operasi pada kulit pasien praoperatif (studi faktor risiko usia, kebiasaan merokok, higiene personal dan lama perawatan praoperatif di rsup dr kariadi semarang). *Jurnal Kedokteran Diponegoro*, *4*(4), 859–872. https://www.neliti.com/id/publications/112400/

Yuenleni, Y. (2019). Langkah-Langkah Optimasi Pcr. *Indonesian Journal of Laboratory*, *1*(3), 51. https://doi.org/10.22146/ijl.v1i3.48723

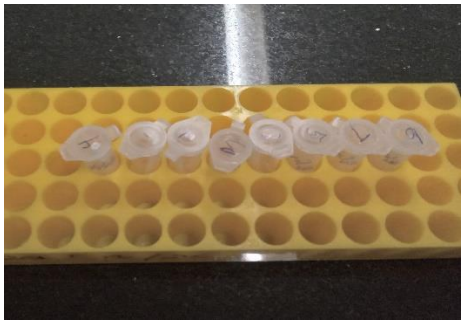
Zarei, E., Ahmadi, F., Sial, M. S., Hwang, J., Thu, P. A., & Usman, S. M. (2019). Prevalence of burnout among primary health care staff and its predictors: A study in Iran. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *16*(12). https://doi.org/10.3390/ijerph16122249

LAMPIRAN

Lampiran I. Dokumentasi Penelitian



Pengambilan Sampel Luka Pasien Post Operasi



Hasil Pengumpulan Sampel



Proses Ekstraksi DNA



Proses PCR Mix



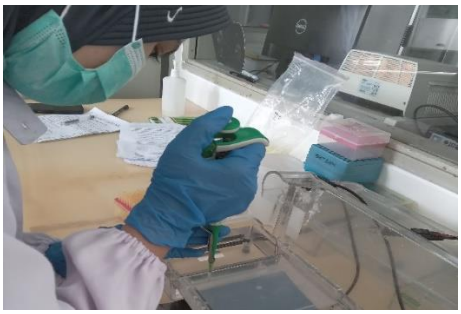
Setting PCR



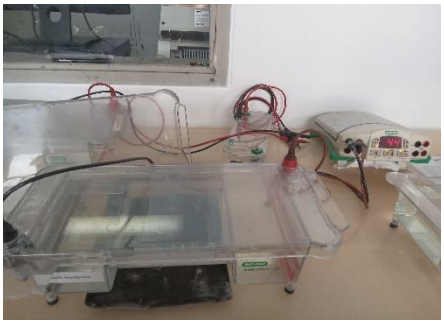
Proses PCR



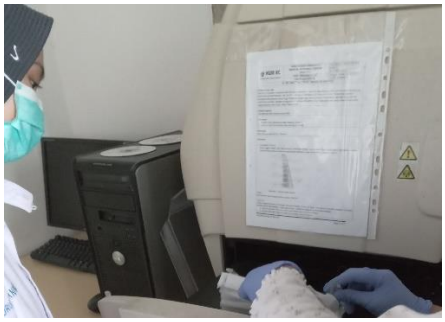
Proses Pembuatan Gel Agarose



Pemipetan Sampel DNA hasil PCR, Kontrol + -, dan Marker ke dalam *Well*



Proses Elektroforesis



Gel Hasil *Running* Elektroforesis dimassukkan ke dalam GelDoc untuk Pembacaan Hasil

Lampiran II. Kuesioner dan *Informed Concent*

LEMBAR PERSETUJUAN PASIEN

Informed Concent (Lembar Persetujuan Pasien)

No. Responden: 04

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama/Inisial : Reo
Usia : 52 thn
Jenis Kelamin : L
Alamat : Jl. Pajjaiang Lr. 2

Menyatakan bersedia untuk menjadi subyek penelitian dari Mahasiswa Program Studi D-IV Teknologi Laboratorium Medis dengan judul penelitian "Deteksi Gen *Eksfoliative* Toksin A (EtA) *Staphylococcus aureus* Pada Luka Pasien Post Operasi Sebagai Penyebab *Healthcare Associated Infections* (HAIs)". Saya telah diberi penjelasan mengenai hal tersebut dan telah diberikan kesempatan untuk menyatakan hal yang belum dimengerti.

Dengan ini saya menyatakan secara sukarela untuk ikut serta sebagai subjek dalam penelitian ini.

Makassar, Februari 2025

Responden

(Reo)

Peneliti

(Nurul Wahdaniyah)

KUESIONER PENELITIAN

"DETEKSI GEN *EKSFOLIATIVE* TOKSIN A (EtA) *Staphylococcus aureus* PADA LUKA PASIEN POST OPERASI SEBAGAI PENYEBAB *HEALTHCARE ASSOCIATED INFECTONS* (HAIs)"

Bagian I: Identifikasi Karakteristik Responden

Nama/Inisial : Reo
Usia : 52 thn
Jenis kelamin : L
Tanggal lahir : 15 - 02 - 1973
Alamat : Jl. Pajjaiang Lr. 2

Bagian II: Riwayat Operasi

Jenis operasi yang dijalani : Penyumbatan pembuluh darah
Tanggal operasi : 19-03-2025
Lama waktu luka dirawat : 10 hari

Bagian III: Keluhan Pasca Operasi

1. Apakah luka operasi anda mengeluarkan nanah (abses)?
   a. ✓ Ya
   b. Tidak
2. Apakah anda merasakan nyeri pada luka operasi?
   a. ✓ Ya
   b. Tidak
3. Apakah luka anda mengalami kemerahan atau bengkak?
   a. ✓ Ya
   b. Tidak

Bagian IV: Riwayat Kesehatan

1. Apakah anda memiliki riwayat penyakit (diabetes, penyakit ginjal, hipertensi, penyakit jantung, dll.)?
   a. Ya
   b. ✓ Tidak

   Jika ya, sebutkan: .....

2. Apakah anda pernah mengalami infeksi sebelumnya?
   a. Ya
   b. Tidak
   Jika ya, sebutkan .....
3. Apakah anda sedang mengonsumsi antibiotik?
   a. Ya
   b. Tidak
   Jika ya, sebutkan berapa lama.....

Lampiran III. Persuratan

PEMERINTAH PROVINSI SULAWESI SELATAN

DINAS PENANAMAN MODAL DAN PELAYANAN TERPADU SATU PINTU

Jl.Bougenville No.5 Telp. (0411) 441077 Fax. (0411) 448936
Website : http://simap-new.sulselprov.go.id Email : ptsp@sulselprov.go.id
Makassar 90231

Nomor	: **6519/S.01/PTSP/2025**	**Kepada Yth.**
Lampiran	: -	1. Direktur HUM-RC RSP Univ. Hasanuddin Makassar
Perihal	: **Izin penelitian**	2. Direktur RSUP.Dr.Tadjuddin Chalid Makassar
		di- **Tempat**

Berdasarkan surat Kepala LPPM Universitas Megarezky Makassar Nomor : 751/07.091056/II/2025 tanggal 18 Februari 2026 perihal tersebut diatas, mahasiswa/peneliti dibawah ini:

N a m a	: **NURUL WAHDANIYAH**
Nomor Pokok	: B1D121119
Program Studi	: Teknologi Laboratorium Medis
Pekerjaan/Lembaga	: Mahasiswa (D4)
Alamat	: Jl. Antang raya No.43, Makassar

dpmptsp PROVINSI SULAWESI SELATAN

Bermaksud untuk melakukan penelitian di daerah/kantor saudara dalam rangka menyusun KARYA TULIS, dengan judul :

" DETEKSI GEN EKSFOLIATIVE TOKSIN A (EtA) Staphylococcus aureus PADALUKA PASIEN POST OPERASI SEBAGAI PENYEBAB HEALTHCARE ASSOCIATED INFECTIONS (HAIs) "

Yang akan dilaksanakan dari : Tgl. ***10 April s/d 15 Mei 2025***

Sehubungan dengan hal tersebut diatas, pada prinsipnya kami ***menyetujui*** kegiatan dimaksud dengan ketentuan yang tertera di belakang surat izin penelitian.

Demikian Surat Keterangan ini diberikan agar dipergunakan sebagaimana mestinya.

Diterbitkan di Makassar
Pada Tanggal 21 Maret 2025

KEPALA DINAS PENANAMAN MODAL DAN PELAYANAN TERPADU SATU PINTU PROVINSI SULAWESI SELATAN

ASRUL SANI, S.H., M.Si.
Pangkat : PEMBINA TINGKAT I
Nip : 19750321 200312 1 008

Tembusan Yth
1. Kepala LPPM Universitas Megarezky Makassar di Makassar;
2. *Pertinggal.*

KOMITE ETIK PENELITIAN KESEHATAN
POLITEKNIK KESEHATAN KEMENKES MAKASSAR
Jalan Wijaya Kusuma Raya No. 46, Rappoccini, Makassar
E-mail: kepkpolkesmas@poltekkes-mks.ac.id

KETERANGAN LAYAK ETIK
DESCRIPTION OF ETHICAL EXEMPTION
"ETHICAL EXEMPTION"
No.: 0042/M/KEPK-PTKMS/I/2025

Protokol penelitian yang diusulkan oleh :
The research protocol proposed by

Peneliti Utama : **Nurul Wahdaniyah**
Principal in Investigator

Nama Institusi : **Universitas Megarezky Makassar**
Name of the Institution

Dengan Judul:
Title
" DETEKSI GEN EKSFOLIATIVE TOKSIN A (EtA) Staphylococcus aureus PADA LUKA PASIEN POST OPERASI SEBAGAI PENYEBAB HEALTHCARE ASSOCIATED INFECTIONS (HAIs) "

"DETECTION OF EXFOLIATIVE TOXIN A (EtA) GENE OF Staphylococcus aureus IN POST-OPERATIVE PATIENT WOUNDS AS A CAUSE OF HEALTHCARE ASSOCIATED INFECTIONS (HAIs)"

Dinyatakan layak etik sesuai 7 (tujuh) Standar WHO 2011, yaitu 1) Nilai Sosial, 2) Nilai Ilmiah, 3) Pemerataan Beban dan Manfaat, 4) Risiko, 5) Bujukan/Eksploitasi, 6) Kerahasiaan dan Privacy, dan 7) Persetujuan Setelah Penjelasan, yang merujuk pada Pedoman CIOMS 2016. Hal ini seperti yang ditunjukkan oleh terpenuhinya indikator setiap standar.

Declared to be ethically appropriate in accordance to 7 (seven) WHO 2011 Standards, 1) Social Values, 2) Scientific Values, 3) Equitable Assessment and Benefits, 4) Risks, 5) Persuasion/Exploitation, 6) Confidentiality and Privacy, and 7) Informed Consent, referring to the 2016 CIOMS Guidelines. This is as indicated by the fulfillment of the indicators of each standard.

Pernyataan Layak Etik ini berlaku selama kurun waktu tanggal 21 Januari 2025 sampai dengan tanggal 21 Januari 2026.

Declaration of ethics applies during the period January 21, 2025 until January 21, 2026.

January 21, 2025
Professor and Chairperson,

Hj. Santi Sinala, S.Si, M.Si, Apt
Ketua KEPK Poltekkes Makassar

Kementerian Kesehatan
Direktorat Jenderal Kesehatan Lanjutan
RSUP Dr. Tadjuddin Chalid Makassar
Jalan Paccerakkang Nomor 67
Pajjaiang Daya Makassar, 90241
(0411) 512902
https://www.rstc.co.id

Nomor : DP.04.03/D.XXVII/ 3977 /2025
Perihal : **Izin Penelitian**

08 April 2025

Kepada Yth.
Kepala LPPM Universitas Megarezky Makassar
Di,
T e m p a t

Berdasarkan surat Kepala Dinas Penanaman Modal Dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Provinsi Sulawesi Selatan Selaku Adminstrator Pelayanan Perizinan Terpadu nomor : 6519/S.01/PTSP/2025 Tanggal 21 Maret 2025 perihal Permohonan Surat Izin Penelitian Peneliti di bawah ini :

N a m a	**: NURUL WAHDANIYAH**
NIM	**: B1D121119**
Program Studi	**: D4 Teknologi Laboratorium Medis**
Institusi	**: Universitas Megarezky Makassar**
Judul Penelitian	**: Deteksi Gen Eksfoliative Toksin A (EtA) Staphylococcus Aureus Pada Luka pasien Post Operasi Sebagai Penyebab Healthcare Associated Infections (HAIs)**
Waktu Penelitian	**: 08 April s/d 08 Mei 2025**

Pada prinsipnya kami menyetujui kegiatan dimaksud dengan ketentuan :

1. Sebelum dan sesudah melaksanakan kegiatan, kepada yang bersangkutan melapor kepada Direktur Utama RSUP dr. Tadjuddin Chalid Makassar Cq. Diklit.
2. Penelitian tidak menyimpang dari izin yang diberikan.
3. Menaati semua peraturan dan tata tertib yang berlaku di RSUP dr. Tadjuddin Cha1id Makassar.
4. Menyerahkan satu eksamplar copy proposal dan hasil penelitian kepada Direktur Utama RSUP dr. Tadjuddin Chalid Makassaar Cq. Diklit.
5. Surat izin akan dicabut kembali dan dinyatakan tidak berlaku apabila ternyata pemegang surat izin tidak menaati ketentuan tersebut di atas.

Demikian surat izin ini kami berikan, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Direktur Utama,

Dr. dr. Aswan Usman, M.Kes
NIP. 197104042002121001

Kementerian Kesehatan
Direktorat Jenderal Kesehatan Lanjutan
RSUP Dr. Tadjuddin Chalid Makassar
Jalan Paccerakkang Nomor 67
Pajjaiang Daya Makassar, 90241
(0411) 512902
https://www.rstc.co.id

SURAT KETERANGAN

Nomor : DP.04.03/D.XXVII/ 5143/2025

Berdasarkan surat Direktur Utama RSUP dr. Tadjuddin Chalid Makassar nomor : DP.04.03/D.XXVII/3977/2025 tanggal 08 April 2025 perihal Izin Penelitian, maka yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa :

N a m a	:	**NURUL WAHDANIYAH**
NIM	:	**B1D121119**
Program Studi	:	**D4 Teknologi Laboratorium Medis**
Institusi	:	**Universitas Megarezky Makassar**
Judul Penelitian	:	**Deteksi Gen Eksfoliative Toksin A (EtA) Staphylococcus Aureus Pada Luka pasien Post Operasi Sebagai Penyebab Healthcare Associated Infections (HAIs)**

Benar-benar telah melaksanakan penelitian tanggal 08 April s/d 08 Mei 2025 di RSUP Dr. Tadjuddin Chalid Makassar . Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

07 Mei 2025
A.n.Direktur Utama
Plh.Manajer Penelitian

Baharullah, SKM
NIP. 197112151993031002

HUM-RC	ADMINISTRASI	FORMULIR 1
	Nomor : 094/04/FR1/2025	Tanggal : 8 April 2025
SURAT PENGANTAR PENELITIAN		

Kepada Yth.

Pembimbing/pendamping,

Ibu Nur Samsi,

Dengan ini menerangkan bahwa peneliti/mahasiswa berikut ini :

Nama : Nurul Wahdaniyah

NIM : B1D121119

Institusi : DIV Teknologi Laboratorium Medis Universitas Megarezky

Akan melakukan pengambilan data/ analisa bahan hayati :

Pada tanggal : 9 April 2025 s/d Selesai

Jumlah subjek : ± 10 sampel

Jenis data : Data Primer

Untuk penelitian dengan judul :

"Deteksi Gen Eksfoliative Toksin A (EtA) Staphylococcus aureus Pada Luka Pasien Post Operasi Sebagai Penyebab Healthcare Associated Infections (HAIs)"

Harap dilakukan pembimbingan dan pendampingan seperlunya. Terima Kasih.

Staf Administrasi,

HUM-RC
science for a better future

Catatan : Untuk *Guide Services*, Proses pengerjaan dilakukan oleh peneliti, Pendamping hanya mendampingi.

HUM-RC	ADMINISTRASI	FORMULIR 2
	Nomor : 192/05/FR2/2025	Tanggal : 21 Mei 2025

SURAT KETERANGAN
SELESAI PENGAMBILAN DATA/ ANALISA BAHAN HAYATI

Dengan hormat,

Dengan ini menerangkan bahwa peneliti/mahasiswa berikut ini :

Nama : Nurul Wahdaniyah
NIM : B1D121119
Institusi : DIV Teknologi Laboratorium Medis Universitas Megarezky
Judul Penelitian : **Deteksi Gen Eksfoliative Toksin A (EtA) Staphylococcus aureus Pada Luka Pasien Post Operasi Sebagai Penyebab Healthcare Associated Infections (HAIs).**

Telah selesai melakukan pengambilan data/ analisa bahan hayati :

Pada tanggal : 21 Mei 2025
Jumlah subjek : ± 10 Sampel
Jenis data : Data Primer

Dengan staf pendamping/pembimbing :

Nama : Nur Samsi, S.Si
Konsultan : -

Surat keterangan ini juga merupakan penjelasan bahwa peneliti/mahasiswa diatas tidak mempunyai sangkutan lagi pada unit/laboratorium kami.

Demikian surat ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Pendamping/Pembimbing

Nur Samsi, S.Si
NIP

Mengetahui,
Kepala Laboratorium,

HUM-RC
science for a better future

dr. Rusdina Bte Ladju, Ph.D
NIP 198108302012122002