SKRIPSI

DETEKSI *Treponema Pallidum* PADA PASIEN POSITIF HIV MENGGUNAKAN PEMERIKSAAN *Polymerase Chain Reaction* (PCR)

Diajukan sebagai syarat dalam meraih Sarjana Terapan Kesehatan (S.Tr. Kes)
pada Program Studi Diploma Empat (D-IV) Teknologi Laboratorium Medis,
Fakultas Teknologi Kesehatan Universitas Mega Rezky makassar

RIRING BADATE

B1D324095

PROGRAM STUDI D-IV TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS

FAKULTAS TEKNOLOGI KESEHATAN

UNIVERSITAS MEGAREZKY

MAKASSAR

2025

HALAMAN JUDUL

DETEKSI *Treponema Pallidum* PADA PASIEN POSITIF HIV MENGGUNAKAN PEMERIKSAAN *Polymerase Chain Reaction* (PCR)

Detection of Treponema Pallidum in HIV-Positive Patients Using Polymerase Chain Reaction (PCR) Test

RIRING BADATE
B1D324095

Dibimbing Oleh

Ka'bah, S.Si., M.Kes
Pembimbing I

Muh. Indra Budiman, S.Sos., M.Pd
Pembimbing II

Kasmuddin S.Si., M.Kes
Penguji

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

HALAMAN PERSETUJUAN

Proposal dengan judul

DETEKSI *Treponema Pallidum* PADA PASIEN POSITIF HIV MENGGUNAKAN PEMERIKSAAN *Polymerase Chain Reaction* (PCR)

Telah disetujui dipertahankan di hadapan
Tim Penguji Skripsi
Fakultas Teknologi Ke3sehatan
Universitas Megarezky
Pada hari Jum'at tanggal 23 Mei 2025

Pembimbing I	Pembimbing II
(Ka'bah, S.Si, M.Kes)	(Muh. Indra Budiman, S.Sos., M.Pd)
NUPTK. 2237766667130283	NUPTK. 8244762663137013

Mengetahui,
Ketua Program Studi

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

HALAMAN PENGESAHAN SEMINAR HASIL

Penelitian berjudul DETEKSI *Treponema Pallidum* PADA PASIEN POSITIF HIV MENGGUNAKAN PEMERIKSAAN *Polymerase Chain Reaction* (PCR) yang di susun oleh saudara(i) Riring Badate dengan NIM B1D324095,telah di lakukan pembimbingan dengan seksama oleh Dosen Pembimbing I dan Pembimbing II,oleh karena itu ,skripsi tersebut telah dianggap memenuhui syarat-syarat ilmia dan dapat disetujui untuk menempuh ujian seminar hasil.

Penguji

1. Kasmuddin, S.Si. M.Kes ( )

Pembimbing

2. Ka'bah, S.Si, M,Kes ( )

3. Muh.Indra Budiman, S.Sos.M.Pd ( )

Mengetahui,

Dekan,	Ketua Program Studi,
Prof. Dr. Dra.apt. Hj. Asnah Marzuki, M. Si	**Dr. Nirmawati Angria, S.Si., M. Kes)**
NUPN. 1350727628230013	**NUPTK. 6950765666230332**

iv

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi penelitian yang berjudul:

"Deteksi Treponema pallidum pada Pasien Positif HIV Menggunakan Pemeriksaan Polymerase Chain Reaction (PCR) "

Penyusunan karya tulis ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan **Program Studi DIV Teknologi Laboratorium Medis pada Fakultas Teknologi Kesehatan, Universitas Megarezky Makassar.** Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak, karya tulis 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 Alm. Badate dan Ibu Hayani,** tak lupa pula untuk **suami Padli Hamzah**, yang senantiasa mendoakan, mendampingi, serta memberikan semangat, kasih sayang, dan dukungan moril maupun materil tanpa henti. Tanpa keikhlasan dan doa dari Ayah,Ibu dan Suami, penyusunan **Skripsi** ini tidak akan pernah terwujud.

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

1. **Bapak Dr. H. Alimuddin, S.H., M.H., 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, SH., LLM**. **Sebagai Ketua Yayasan Pendidikan Islam Mega Rezky Makassar**, atas dukungan dan kebijakan strategis yang memfasilitasi proses pendidikan dan penelitian secara berkelanjutan.

4. **Bapak Prof. Dr. 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. Hj. Hasnah Marzuki, M.Si., Apt.** selaku Dekan Fakultas Teknologi Kesehatan Universitas Megarezky atas kesempatan dan dukungan yang diberikan selama masa studi.
6. **Ibu Nirmawati Angria S.Si., M.Kes sebagai Ketua Program Studi DIV Teknologi Laboratorium Medis**, atas bimbingan akademik yang berkelanjutan dan inspiratif
7. **Dosen Pembimbing I Bapak Ka'bah, S.Si. M.Kes dan Pembimbing II Bapak Muh. Indra Budiman, S.Sos., M.Pd** , yang telah memberikan arahan, saran, dan evaluasi dalam penyusunan karya tulis ini dengan penuh kesabaran dan keikhlasan.
8. **Ibu Ayusti Dirga 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. **Laboratorium Hasanuddin HUM-RC Makassar**, atas izin, dukungan, dan kerja samanya selama pelaksanaan penelitian.
11. **Teman-teman seperjuangan dan semua pihak** yang turut membantu secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan karya ilmiah ini.
12. Teruntuk seluruh keluarga saya yang telah membantu dan selalu memberikan dukungan dan motivasi kepada saya sehingga mampu menyelesaikan penulisan Proposal ini dengan baik

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

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

Makassar, Juli 2025



RIRING BADATE

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR ii
DAFTAR ISI 8
DAFTAR GAMBAR 10
ABSTRAK 12
DAFTAR SINGKATAN 13
BAB I PENDAHULUAN 1
A. Latar Belakang 1
B. Rumusan Masalah 4
C. Tujuan Penelitian 4
D. Manfaat Peneliti 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
A. Tinjauan Umum Treponema pallidum 6
B. Tinjauan Umum *Human Immunodeficiency Virus* (HIV) 16
C. Tinjauan Hubungan HIV dan Treponema pallidum 23
D. Tinjauan Umum Alat *Polymerase Chain Reaction* (PCR) 26
E. Referensi Penelitian Terdahulu 40
F. Kerangka Teoritis 43
G. Kerangka Konsep 44
H. Definisi Operasional 44
BAB III METODE PENELITIAN 46
A. Jenis Penelitian 46
B. Lokasi dan Waktu Penelitian 46
C. Populasi dan Sampel 46
D. Teknik Pengumpulan Data 47
E. Instrumen Penelitian 48
F. Prosedur Kerja 49
G. Alur Penelitian 53
H. Etika Penelitian 54
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 55
A. HASIL PENELITIAN 55

B. PEMBAHASAN PENELITIAN 63
BAB V SARAN DAN KESIMPULAN 77
A. Kesimpulan 77
B. Saran 77
DAFTAR PUSTAKA 77
LAMPIRAN 83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 HIV 17
Gambar 2. 2 Kerangka Teori 43
Gambar 2. 3 Kerangka Konsep 44
Gambar 3. 1 Alur Penelitian 53
Gambar 4. 1. Hasil Elektroforesis PCR *Treponema pallidum* 62

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Karakteristik Responden Berdasarkan Jenis Kelamin.....55

Tabel 4.2 Karakteristik Responden Berdasarkan Kelompok Usia.....56

Tabel 4.3 Karakteristik Responden Berdasarkan Lama Pengobatan.....56

Tabel 4.4 Karakteristik Responden Berdasarkan Komsumsi Antibiotik.....57

Tabel 4.5 Karakteristik Responden Berdasarkan Penyakit Penyertanya.....58

Tabel 4.6 Hasil Pemeriksaan *Treponema pallidum* menggunakan PCR.....61

ABSTRAK

Ririn Badate B1D324095 *Deteksi Treponema pallidum pada Pasien Positif HIV Menggunakan Pemeriksaan Polymerase Chain Reaction (PCR)***. Dibimbing oleh** Ka'bah dan Muh. Indra Budiman

Infeksi Menular Seksual (IMS), terutama sifilis akibat *Treponema pallidum*, menjadi tantangan besar dalam penanganan pasien HIV. Koinfeksi sifilis dan HIV dapat mempercepat progresi penyakit, memperburuk penurunan kekebalan tubuh, serta menyulitkan diagnosis klinis karena gejala sifilis kerap tidak khas pada individu imunokompromis. Di Indonesia, koinfeksi ini menunjukkan tren peningkatan seiring bertambahnya kasus HIV dan sifilis. Pemeriksaan serologis yang umum digunakan memiliki keterbatasan dalam mendeteksi infeksi aktif, khususnya pada pasien HIV. *Polymerase Chain Reaction* (PCR) merupakan metode diagnostik yang lebih sensitif untuk mendeteksi DNA *Treponema pallidum* secara langsung dan akurat, bahkan pada fase awal infeksi. Penelitian ini bertujuan mendeteksi keberadaan *Treponema pallidum* pada pasien positif HIV menggunakan metode PCR. Desain penelitian bersifat observasional laboratorik dengan pendekatan deskriptif. Sampel berupa darah vena dari 10 pasien positif HIV yang memenuhi kriteria inklusi. Pemeriksaan dilakukan di Hasanuddin *University Medical Research Center* (HUM-RC) melalui tahapan ekstraksi DNA, amplifikasi menggunakan primer spesifik *Treponema pallidum*, dan elektroforesis gel agarosa untuk mendeteksi pita DNA sepanjang 187 bp. Hasil menunjukkan seluruh sampel dinyatakan negatif, tidak terdapat pita DNA pada posisi target.

Kata Kunci: *Treponema pallidum,* HIV*, Polymerase Chain Reaction, koinfeksi, diagnosis molekuler*

DAFTAR SINGKATAN

Singkatan	Kepanjangan
AIDS	*Acquired Immune Deficiency Syndrome*
ARV	*Antiretroviral*
ART	*Antiretroviral Therapy*
CD4	*Cluster of Differentiation 4*
Ct	*Cycle Threshold (pada qPCR)*
DNA	*Deoxyribonucleic Acid*
DNTPs	*Deoxynucleotide Triphosphates*
ELISA	*Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*
FTA-ABS	*Fluorescent Treponemal Antibody Absorption*
HIV	*Human Immunodeficiency Virus*
HUM-RC	*Hasanuddin University Medical Research Center*
IMS	Infeksi Menular Seksual
LED	Laju Endap Darah
LSL	Laki-laki Seks dengan Laki-laki
MSM	*Men who have Sex with Men*
ODHA	Orang dengan HIV/AIDS
PCR	*Polymerase Chain Reaction*
PrEP	*Pre-Exposure Prophylaxis*
qPCR	*Quantitative Polymerase Chain Reaction*
RDT	*Rapid Diagnostic Test*
RNA	*Ribonucleic Acid*
RPR	*Rapid Plasma Reagin*
SYBR	*Synergy Brands Green (pewarna fluoresen qPCR)*
T. pallidum	*Treponema pallidum*

Singkatan	**Kepanjangan**
TPHA	*Treponema pallidum Hemagglutination Assay*
TPPA	*Treponema pallidum Particle Agglutination*
UNAIDS	*Joint United Nations Programme on* HIV/AIDS
UV	*Ultraviolet*
VDRL	*Venereal Disease Research Laboratory*
WHO	*World Health Organization*

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Infeksi menular seksual (IMS) masih menjadi tantangan besar dalam dunia kesehatan global. Salah satu IMS yang paling menonjol adalah sifilis, yaitu penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Treponema pallidum*. Sifilis memiliki dampak yang signifikan terhadap kesehatan individu maupun masyarakat, terutama ketika sifilis sebagai koinfeksi pada penderita *Human Immunodeficiency Virus* (HIV). Koinfeksi antara HIV dan *Treponema pallidum* dapat mempercepat progresi penyakit, memperburuk status imunologis, serta mempersulit diagnosis dan penanganan klinis (Q. Zhang *et al*., 2025).

Sifilis ditularkan melalui kontak langsung dengan lesi atau cairan tubuh, termasuk secara transplasental dari ibu ke janin. Pasien HIV, terutama yang berasal dari kelompok risiko tinggi seperti pria yang berhubungan seks dengan pria (MSM), memiliki kerentanan yang lebih tinggi terhadap sifilis akibat penurunan fungsi sistem imun serta perilaku seksual berisiko (Guarino *et al*., 2024). Data dari *World Health Organization* (WHO) tahun 2020 mencatat bahwa terdapat sekitar 8 juta kasus sifilis pada individu usia 15–49 tahun secara global. Di Indonesia, Kementerian Kesehatan melaporkan 76.923 kasus baru sifilis pada tahun yang sama (Irawan et al., 2023).

Kondisi ini semakin mengkhawatirkan jika dikaitkan dengan beban epidemi HIV. WHO melaporkan bahwa hingga akhir 2023 terdapat sekitar 39,9 juta orang hidup dengan HIV di seluruh dunia, dengan 1,3 juta kasus baru dan lebih dari 630.000 kematian akibat komplikasi terkait HIV (WHO, 2023). Di

Indonesia, prevalensi HIV terus menunjukkan tren peningkatan. Kementerian Kesehatan mencatat lebih dari 700.000 kasus HIV hingga tahun 2020, dengan angka kasus tertinggi tercatat di pulau Jawa dan Sumatera. Provinsi Sulawesi Selatan juga menunjukkan peningkatan signifikan, dari 1.210 kasus pada tahun 2020 menjadi 2.069 kasus pada tahun 2022. Kelompok usia produktif 15–24 tahun mendominasi kasus baru, menyumbang sekitar 35% dari total (Nurhikma et al., 2024)**.**

Situasi di tingkat daerah turut mencerminkan tantangan pengendalian HIV dan potensi koinfeksi sifilis. Di Kabupaten Luwu Timur, pada tahun 2024 tercatat sebanyak 150 penderita HIV yang menjalani terapi antiretroviral (ARV), dengan 19 pasien mengalami gagal follow-up dan 3 pasien dilaporkan meninggal dunia. Kondisi ini berlanjut di tahun 2025 dengan angka yang sama. Konsistensi angka ini menunjukkan bahwa meskipun upaya pengobatan telah berjalan, masih terdapat tantangan besar dalam mempertahankan keberlangsungan terapi serta penanganan koinfeksi yang mungkin memperburuk kondisi klinis pasien, seperti sifilis.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa koinfeksi sifilis pada penderita HIV memiliki dampak klinis yang serius. Studi di Asia Tenggara, Su *et al*. (2025) melaporkan bahwa prevalensi koinfeksi ini mencapai 4,8%, dengan angka yang lebih tinggi ditemukan pada kelompok berisiko tinggi, seperti lelaki yang berhubungan seks dengan lelaki (MSM) dan transgender. Di Indonesia penelitian (Nuraeni et al., 2025) yang dilakukan di Bandung menunjukkan bahwa 32,1% pasien HIV yang terdaftar di puskesmas mengalami IMS, dengan

sifilis menjadi salah satu koinfeksinya. Koinfeksi sifilis tidak hanya memperburuk prognosis pasien HIV tetapi juga dapat meningkatkan risiko transmisi HIV di masyarakat (Fan *et al*., 2021).

Deteksi dini *Treponema pallidum* pada pasien HIV sangat penting untuk memutus rantai transmisi dan mencegah komplikasi lanjut. Namun, diagnosis sifilis pada pasien HIV sering kali menemui hambatan karena adanya perubahan klinis dan imunologis akibat infeksi HIV. Manifestasi klinis sifilis bisa menjadi tidak khas atau malah tersamar sehingga memperbesar risiko misdiagnosis (Ciccarese *et al*., 2024).

Salah satu metode yang menjanjikan dalam deteksi sifilis adalah *Polymerase Chain Reaction* (PCR). PCR mampu mendeteksi keberadaan DNA *Treponema pallidum* secara langsung dengan sensitivitas dan spesifisitas tinggi, bahkan dalam jumlah yang sangat kecil (T.-Y. Wu et al., 2025a). Penelitian oleh Zhou et al. (2019) menunjukkan bahwa PCR memiliki keunggulan dibandingkan metode serologis, terutama pada fase awal infeksi atau pada pasien HIV dengan imunitas rendah (Zhou *et al*., 2019). Studi lainnya menunjukkan bahwa DNA *Treponema pallidum* dapat terdeteksi dalam rongga mulut penderita HIV meskipun hasil serologi negatif (Wu *et al*., 2025).

Meskipun berbagai studi telah menunjukkan potensi PCR, masih terdapat beberapa kesenjangan penelitian karena belum banyak studi yang secara spesifik meneliti efikasi PCR dalam mendeteksi *Treponema pallidum* pada populasi Positif HIV di Indonesia atau di wilayah dengan beban penyakit yang serupa serta belum ada standar universal terkait jenis sampel terbaik

(darah, cairan ulkus, saliva) dan protokol PCR yang paling efektif dalam konteks koinfeksi. Selain itu, faktor-faktor klinis, imunologis dan adanya infeksi oportunistik lain yang mempengaruhi akurasi deteksi PCR juga belum dikaji secara menyeluruh (Rosana *et al*., 2022).

Oleh sebab itu, berdasarkan latar belakang di atas, maka Penelitian ini hadir untuk menjawab tantangan tersebut. Dengan menggunakan pendekatan teknik PCR, penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi prevalensi *Treponema pallidum* pada pasien Positif HIV sehingga hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan strategi diagnosis yang lebih akurat untuk penatalaksanaan koinfeksi HIV dan sifilis di Indonesia.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian ini, peneliti akan mengkaji apakah terdapat bakteri *Treponema pallidum* pada pasien positif HIV menggunakan pemeriksaan *Polymerase Chain Reaction* (PCR)?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mendeteksi adanya bakteri *Treponema pallidum* pada sampel pasien positif HIV berdasarkan hasil pemeriksaan *polymerase chain reaction* (PCR).

D. Manfaat Peneliti

a. Manfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian ilmiah di bidang mikrobiologi klinik dan penyakit infeksi, khususnya terkait efektivitas metode PCR dalam mendeteksi *Treponema pallidum* pada pasien HIV.

Hasilnya dapat menjadi referensi teoritis bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan deteksi molekuler dan koinfeksi HIV-sifilis.

b. Manfaat Praktis

a. Bagi Peneliti : Penelitian ini memperkaya pengalaman dan keterampilan peneliti dalam bidang diagnostik molekuler, khususnya penggunaan PCR dalam deteksi *Treponema pallidum* pada pasien HIV, serta memberikan kontribusi dalam pengembangan keilmuan mikrobiologi klinik dan penyakit infeksi.

b. Bagi Pasien : Penelitian ini bermanfaat dalam meningkatkan peluang deteksi dini sifilis pada pasien HIV, sehingga pasien dapat memperoleh diagnosis yang lebih akurat dan terapi yang tepat waktu untuk mencegah komplikasi lebih lanjut.

c. Bagi Instalasi Pelayanan Kesehatan/Laboratorium : Penelitian ini memberikan dasar ilmiah bagi pengembangan dan penerapan prosedur pemeriksaan PCR sebagai bagian dari pelayanan rutin, meningkatkan akurasi diagnosis, dan memperbaiki kualitas manajemen koinfeksi HIV-sifilis di fasilitas kesehatan.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

A. *A* Tinjauan Umum Treponema pallidum

1. Definisi *Treponema pallidum*

Treponema pallidum adalah bakteri gram-negatif berbentuk spiral (*spirochete*) yang merupakan agen etiologi dari penyakit sifilis, salah satu infeksi menular seksual (IMS) yang paling lama dikenal dalam sejarah kedokteran. Bakteri ini termasuk dalam famili *Spirochaetaceae*, genus *Treponema*, dan secara khusus subspesies *Treponema pallidum* subsp. *pallidum* bertanggung jawab atas infeksi sifilis pada manusia. *Spirochete* ini memiliki panjang antara 5–20 μm dan diameter sekitar 0,1–0,4 μm, serta bergerak aktif melalui motilitas flagela aksial yang tersembunyi di dalam membran periplasma, yang memungkinkannya untuk menembus jaringan inang dan menyebabkan infeksi sistemik (MMWR, 2024)

Karakteristik utama dari *Treponema pallidum* adalah ketidakmampuannya untuk tumbuh secara in vitro dalam media kultur biasa, sehingga diagnosis infeksi bergantung pada deteksi antibodi atau langsung dari identifikasi DNA bakteri melalui metode molekuler seperti *Polymerase Chain Reaction* (PCR). Bakteri ini juga sangat sensitif terhadap lingkungan luar tubuh; ia mati dengan cepat saat terpapar suhu tinggi, pengeringan, dan zat disinfektan, menjadikannya sangat bergantung pada transmisi langsung antar manusia melalui *mukosa* atau kulit yang terluka (Wang, Zheng, et al., 2022)

Struktur membran luar *Treponema pallidum* berbeda dengan bakteri gram-negatif konvensional karena mengandung jumlah lipopolisakarida (LPS) yang sangat sedikit atau bahkan tidak ada, yang membuat bakteri ini tidak mudah dikenali oleh sistem imun inang. Sebaliknya, membrannya terdiri dari lipoprotein yang berperan dalam patogenesis dan memicu respons imun lokal . Kemampuan ini berkontribusi pada sifat kronis dari infeksi sifilis dan kemampuannya untuk menghindari sistem imun inang, terutama dalam fase laten penyakit (Delgado *et al*., 2025).

Secara genetis, *Treponema pallidum* memiliki genom yang relatif kecil, sekitar 1,14 Mb, dan terdiri dari 1.041 gen yang dikode oleh DNA sirkular. Genom ini menunjukkan adanya reduksi *evolusioner* dengan kehilangan gen-gen yang berkaitan dengan sintesis nutrien, sehingga menjelaskan ketergantungannya pada inang untuk kelangsungan hidup dan replikasi. Oleh karena itu, *Treponema pallidum* adalah patogen obligat intraseluler, yang menyesuaikan dirinya untuk hidup dalam lingkungan tubuh manusia sebagai satu-satunya reservoir alami (X. Zhang *et al*., 2023)

2. Mekanisme Penularan Infeksi Sifilis

Infeksi sifilis disebabkan oleh bakteri *Treponema pallidum* subsp. *pallidum*, yang ditularkan terutama melalui kontak langsung dengan lesi sifilis pada saat hubungan seksual. Penularan juga dapat terjadi secara vertikal dari ibu ke janin melalui plasenta selama kehamilan, serta secara lebih jarang melalui transfusi darah yang tidak disaring dengan baik. Lesi sifilis primer yang menular biasanya berupa ulkus (*chancre*) yang tidak

nyeri, dan mengandung sejumlah besar *spirochete* yang sangat infeksius. Oleh karena itu, kontak langsung dengan lesi selama aktivitas seksual merupakan rute transmisi yang paling umum dan efisien (Guarino *et al*., 2024)

Setelah masuk melalui *mikroabrasio* pada *mukosa* atau kulit, *Treponema pallidum* dengan cepat bermigrasi ke jaringan lokal dan memasuki sistem limfatik serta peredaran darah hanya dalam beberapa jam hingga hari. Dalam waktu singkat, bakteri menyebar ke seluruh tubuh, menyebabkan infeksi sistemik yang sulit dikendalikan oleh sistem imun inang. Mobilitas spiral *T. pallidum*, yang didukung oleh flagela periplasmik, memungkinkannya untuk menembus berbagai jaringan dan menimbulkan kerusakan multisistem (X. Zhang *et al*., 2023).

Patogenesis infeksi sifilis melibatkan interaksi kompleks antara faktor virulensi *Treponema pallidum* dan respons imun inang. Salah satu karakteristik unik dari bakteri ini adalah kemampuannya untuk bertahan dari deteksi sistem imun melalui mekanisme *antigenic variation*, yaitu perubahan struktur protein permukaan luar yang menyebabkan sistem imun kesulitan mengenali dan membentuk antibodi yang efektif. Selain itu, lapisan membran luar *Treponema pallidum* yang miskin lipopolisakarida dan kaya lipoprotein berperan dalam menurunkan aktivasi respons imun bawaan (Hawley *et al*., 2021)

Infeksi sifilis secara klasik berlangsung dalam empat tahap: primer, sekunder, laten, dan tersier. Fase primer dimulai dengan terbentuknya

chancre yang merupakan tempat pertama kali masuknya bakteri. Fase sekunder ditandai oleh penyebaran hematogenik *spirochete* ke seluruh tubuh, yang menyebabkan lesi kulit disertai gejala sistemik seperti demam, limfadenopati, dan malaise. Jika tidak diobati, infeksi masuk ke fase laten di mana gejala menghilang tetapi bakteri tetap berada dalam tubuh secara dorman. Pada sebagian kecil kasus, infeksi dapat berkembang menjadi fase tersier, yang ditandai dengan kerusakan kronis pada organ vital seperti jantung, otak, dan sistem saraf pusat (Ciccarese *et al*., 2024)

Mekanisme kerusakan jaringan dalam sifilis tersier diduga bukan hanya akibat langsung dari invasi bakteri, tetapi juga akibat reaksi imunologis kronis terhadap antigen bakteri. Misalnya, terbentuknya granuloma yang disebut gumma merupakan hasil dari reaksi hipersensitivitas tipe IV yang melibatkan aktivasi sel T dan makrofag. Selain itu, pada neurosifilis, *Treponema pallidum* dapat menembus sawar darah otak dan menginfeksi sistem saraf pusat, menyebabkan berbagai manifestasi neurologis, termasuk meningitis kronis, gangguan kognitif, bahkan psikosis (Ciccarese *et al*., 2024).

3. Manifestasi Klinis Sifilis

Infeksi *Treponema pallidum* dikenal sebagai "*the great imitator* " karena kemampuan klinisnya yang menyerupai berbagai penyakit lain. Manifestasi sifilis sangat bergantung pada stadium infeksi serta status imunologis pasien, terutama pada mereka yang memiliki koinfeksi HIV

(Maria E. Tudor *et al*., 2024). Sifilis diklasifikasikan dalam empat stadium, yakni primer, sekunder, laten, dan tersier.

a. Sifilis Primer : Tahap awal sifilis terjadi sekitar 10–90 hari (rata-rata 21 hari) setelah paparan awal terhadap *T. pallidum*. Lesi awal, yang disebut *chancre*, biasanya muncul di lokasi masuknya bakteri, seperti genital, anus, atau mulut. *Chancre* bersifat tunggal, berbentuk ulkus dangkal, tidak nyeri, dan berbatas tegas dengan dasar bersih serta indurasi pada dasarnya. Lesi ini sangat infeksius dan mengandung banyak *spirochete*. *Chancre* dapat menghilang secara spontan dalam waktu 3–6 minggu, bahkan tanpa pengobatan, yang menyebabkan banyak pasien tidak menyadari telah terinfeksi (Kojima & Klausner, 2018)
b. Sifilis Sekunder : Tahap ini terjadi beberapa minggu setelah ulkus primer sembuh dan ditandai dengan penyebaran sistemik *T. pallidum*. Gejalanya sangat beragam dan melibatkan kulit, *mukosa*, dan organ internal. Manifestasi khasnya adalah ruam nonpruritik yang muncul di telapak tangan dan kaki, plak *mukosa*, kondiloma lata (lesi lembab di daerah genital atau perianal), limfadenopati generalisata, demam ringan, malaise, dan kadang hepatosplenomegali. Pada tahap ini, pasien juga sangat infeksius. Karena gejalanya dapat menyerupai infeksi virus, alergi, atau penyakit autoimun, maka diagnosis klinis sering tertunda. (Chaudhry *et al*., 2023).

c. Sifilis Laten : Tahap ini ditandai dengan tidak adanya gejala klinis meskipun hasil serologis tetap reaktif. Sifilis laten dibagi menjadi dua: laten dini (<1 tahun) dan laten lanjut (>1 tahun). Pada fase ini, infeksi menetap dalam tubuh tanpa manifestasi fisik tetapi tetap dapat menular (laten dini) atau menjadi tidak menular (laten lanjut). Tanpa terapi, sebagian kasus akan tetap dalam fase laten, tetapi sekitar 25–30% dapat berkembang ke tahap tersier *(Centers for Disease Control and Prevention*, 2023)

d. Sifilis Tersier : Ini merupakan tahap paling parah dan dapat terjadi beberapa tahun setelah infeksi primer yang tidak diobati. Manifestasi tersier termasuk:

1). Gumma, yaitu lesi granulomatosa kronis yang dapat merusak jaringan kulit, tulang, atau organ internal (Nuss *et al*., 2024)

2). Sifilis kardiovaskular, terutama aortitis yang dapat menyebabkan aneurisma aorta (Baydoun *et al*., 2023)

3). Neurosifilis, yang dapat muncul kapan saja, bahkan sejak tahap awal, terutama pada pasien dengan HIV. Neurosifilis merupakan salah satu komplikasi serius dari infeksi *Treponema pallidum* yang terjadi ketika bakteri mencapai sistem saraf pusat. Manifestasi klinisnya dapat berupa meningitis kronis, tabes dorsalis, atau general paresis. Gejala yang timbul meliputi sakit kepala, gangguan penglihatan, perubahan mental, hingga demensia progresif. Neurosifilis dapat bersifat asimtomatik pada fase awal, dan oleh karena itu, skrining

dengan analisis cairan serebrospinal sangat disarankan pada kelompok risiko tinggi, terutama pada penderita HIV (Hamill *et al*., 2024).

4. Pemeriksaan Laboratorium

Diagnosis infeksi *Treponema pallidum*, terutama pada pasien dengan koinfeksi HIV, membutuhkan pendekatan multidisipliner yang mencakup pemeriksaan klinis dan laboratorium. Pemeriksaan laboratorium menjadi krusial karena manifestasi klinis sifilis bisa sangat bervariasi dan bahkan tidak khas, terutama pada pasien imunokompromis. Pemeriksaan laboratorium untuk deteksi *Treponema pallidum* dibagi menjadi tiga kategori utama, yaitu pemeriksaan mikroskopis langsung, pemeriksaan serologis, dan pemeriksaan molekuler seperti *Polymerase Chain Reaction* (PCR) (Satyaputra *et al*., 2021).

a. Pemeriksaan Mikroskopis Langsung

Metode pemeriksaan langsung meliputi mikroskop lapangan gelap *(dark-field microscopy)* yang digunakan untuk mendeteksi *spirochete* secara visual dari sampel lesi primer atau sekunder. Teknik ini memungkinkan identifikasi bakteri yang hidup berdasarkan bentuk dan gerakannya. Namun, penggunaannya terbatas pada lesi yang aktif dan segar serta membutuhkan operator yang terlatih, sehingga tidak selalu tersedia di fasilitas kesehatan dasar.(Satyaputra *et al*., 2021).

b. Pemeriksaan Serologis

Pemeriksaan serologis merupakan metode yang paling umum dan terbagi menjadi dua kategori (Cohen *et al*., 2024):

1). Tes non-treponemal seperti VDRL (Venereal Disease Research Laboratory) dan RPR (Rapid Plasma Reagin). Tes ini mendeteksi antibodi terhadap lipid sel yang dilepaskan saat infeksi. Meskipun mudah dilakukan dan murah, tes ini memiliki keterbatasan dalam hal spesifisitas dan dapat memberikan hasil positif palsu, terutama pada pasien dengan HIV, penyakit autoimun, atau infeksi lain

2). Tes treponemal seperti TPPA (*Treponema pallidum* Particle Agglutination), TPHA (*Treponema pallidum* Hemagglutination Assay), dan FTA-ABS (Fluorescent Treponemal Antibody-Absorption) yang lebih spesifik karena mendeteksi antibodi spesifik terhadap antigen *T. pallidum*. Tes ini tetap positif seumur hidup, bahkan setelah terapi berhasil, sehingga tidak bisa membedakan antara infeksi aktif dan masa lalu (MMWR, 2024).

c. Pemeriksaan Molekuler (PCR)

Polymerase Chain Reaction (PCR) adalah teknik amplifikasi DNA yang sangat sensitif dan spesifik untuk mendeteksi *Treponema pallidum* secara langsung dalam berbagai sampel klinis seperti ulkus genital, darah, cairan serebrospinal, dan bahkan saliva. PCR mampu mengidentifikasi DNA bakteri bahkan dalam jumlah sangat kecil, yang

menjadikannya sangat bermanfaat pada kasus sifilis laten atau pada pasien HIV dengan hasil serologis tidak khas (Luo *et al*., 2021a).

5. Deteksi *Treponema pallidum* Secara Molekuler

PCR menawarkan sensitivitas dan spesifisitas tinggi dengan kemampuan mendeteksi DNA *Treponema pallidum* secara langsung dari berbagai jenis sampel klinis, seperti darah, cairan ulkus, cairan serebrospinal, hingga saliva. Dalam konteks koinfeksi HIV, penggunaan PCR menjadi sangat berharga karena mampu mengidentifikasi infeksi pada fase awal dan kasus sifilis laten yang sulit terdeteksi secara serologis. Wu *et al*. (2025) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa PCR dapat mendeteksi DNA *Treponema pallidum* pada rongga mulut pasien Positif HIV bahkan ketika hasil tes serologi negatif. Hal ini menegaskan bahwa PCR dapat menjadi metode unggulan untuk diagnosis dini sifilis dalam populasi dengan HIV (T.-Y. Wu et al., 2025b).

Namun, penggunaan PCR dalam praktik klinis masih menghadapi beberapa tantangan, terutama di negara berkembang seperti Indonesia. Pertama, masih terbatasnya penelitian yang mengevaluasi efikasi PCR dalam mendeteksi sifilis pada populasi Positif HIV di setting lokal. Kedua, belum adanya konsensus terkait jenis sampel terbaik dan protokol PCR yang paling efektif untuk populasi imunokompromis. Selain itu, variabel klinis seperti viral load HIV, tingkat CD4, serta adanya infeksi oportunistik lain dapat memengaruhi akurasi PCR dan perlu dikaji lebih lanjut (Rosana *et al*., 2022).

Keterkaitan erat antara HIV dan sifilis tidak hanya penting untuk diteliti dari aspek biologis dan klinis, tetapi juga dari sisi kebijakan kesehatan masyarakat. Deteksi dini koinfeksi memiliki implikasi signifikan dalam strategi pencegahan transmisi HIV, karena pasien yang terdiagnosis sifilis berisiko lebih tinggi menyebarkan HIV kepada pasangan seksualnya. Oleh karena itu, integrasi layanan deteksi sifilis menggunakan metode PCR dalam layanan perawatan HIV dapat meningkatkan efektivitas program pengendalian IMS dan HIV/AIDS secara keseluruhan (Khaw *et al*., 2020).

Penelitian mengenai hubungan HIV dan *Treponema pallidum* juga memiliki kontribusi penting dalam pengembangan vaksin, terutama karena studi tentang respons imun terhadap *Treponema pallidum* pada pasien HIV dapat mengungkap mekanisme evasi imun bakteri ini. Salah satu strategi yang kini diteliti adalah penggunaan antigen spesifik dari protein permukaan luar *Treponema pallidum* (TprK) sebagai target vaksin atau biomarker diagnostik. Studi oleh Hawley *et al*. (2021) menyebutkan bahwa variasi antigenik pada TprK merupakan tantangan dalam deteksi imunologis, tetapi juga menjadi peluang untuk pengembangan imunoterapi yang disesuaikan dengan status imun pasien (Hawley *et al*., 2021).

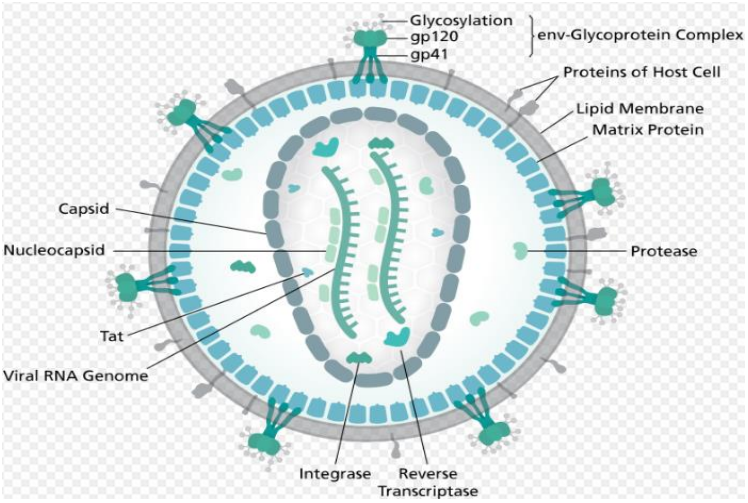
Dengan mempertimbangkan tingginya prevalensi koinfeksi, perubahan klinis yang signifikan, serta keterbatasan metode diagnostik konvensional pada pasien HIV, maka penguatan pendekatan diagnostik berbasis molekuler seperti PCR menjadi sangat penting. Selain itu, dibutuhkan lebih banyak penelitian lokal untuk menghasilkan data

prevalensi, efektivitas metode, serta pengaruh status imun terhadap hasil diagnostik. Hal ini diharapkan dapat memperkuat sistem layanan kesehatan dalam mengelola koinfeksi HIV dan sifilis secara lebih efisien, khususnya dalam konteks pelayanan primer dan komunitas berisiko tinggi.

B. Tinjauan Umum Human Immunodeficiency Virus (HIV)

1. Definisi HIV

Human Immunodeficiency Virus (HIV) adalah virus yang menyerang sistem kekebalan tubuh manusia dan dapat berkembang menjadi AIDS setelah menyerang sistem imun tubuh selama beberapa tahun. AIDS, yang merupakan singkatan dari *Acquired Immune Deficiency Syndrome*, merujuk pada kumpulan gejala yang muncul akibat kerusakan sistem kekebalan tubuh yang didapat setelah lahir, bukan karena keturunan. HIV menyebabkan penurunan fungsi sistem kekebalan tubuh secara bertahap, yang membuat tubuh semakin rentan terhadap berbagai infeksi dan penyakit. Pada awalnya, orang yang terinfeksi HIV mungkin tidak menunjukkan gejala, tetapi seiring waktu, sistem kekebalan tubuh mereka akan semakin lemah, sehingga tubuh menjadi lebih mudah terinfeksi oleh penyakit yang sebelumnya tidak berbahaya. Ketika sistem imun tubuh sudah sangat lemah dan tidak dapat lagi melawan infeksi, individu tersebut dapat didiagnosis dengan AIDS. Dalam kondisi ini, penyakit yang biasa dianggap ringan dapat menjadi ancaman serius bagi kesehatan (Johariyah *et al*., 2024).



Gambar 2. 1 HIV (Wikipedia contributors, 2024)

Struktur HIV (*Human Immunodeficiency Virus*) sangat kompleks dan khas di antara retrovirus. Virus ini berbentuk sferis dengan diameter sekitar 100–120 nm dan terdiri atas beberapa komponen utama. Bagian paling luar adalah amplop lipid (envelope) yang berasal dari membran sel inang dan mengandung glikoprotein penting, yaitu gp120 dan gp41. Glikoprotein ini berperan dalam pengikatan dan peleburan dengan sel target, terutama sel-sel sistem kekebalan seperti limfosit T. Di bawah lapisan ini terdapat kapsid yang tersusun dari protein p24 dan membungkus materi genetik virus berupa dua untai RNA positif tunggal (ssRNA). Bersama dengan RNA, terdapat juga enzim-enzim penting seperti reverse transcriptase, integrase, dan protease yang sangat penting dalam proses replikasi virus. Reverse transcriptase mengubah RNA virus menjadi DNA, integrase membantu menyisipkan DNA virus ke dalam genom sel inang, dan protease memproses protein virus selama pembentukan virion baru. Struktur ini menjelaskan kemampuan HIV untuk berintegrasi secara

permanen dalam sel inang dan menyebabkan infeksi kronis yang sulit diatasi. Visualisasi struktur HIV dapat dilihat melalui mikroskop elektron dan representasi grafik 3D dalam beberapa publikasi ilmiah terkini (Hidayati, 2019).

Selain struktur virus yang kompleks, karakteristik replikasi HIV juga menjadi faktor utama yang mendasari sifat infeksius dan kronis dari virus ini. Setelah virus berhasil memasuki sel target, terutama limfosit T , proses replikasi dimulai dengan aktivitas enzim reverse transcriptase yang mengubah materi genetik RNA menjadi DNA. DNA virus yang telah terbentuk kemudian diangkut menuju inti sel inang dan diintegrasikan ke dalam genom inang oleh enzim integrase. Fase ini memungkinkan HIV untuk bersembunyi dalam bentuk provirus yang tidak aktif, namun tetap dapat diaktifkan kembali sewaktu-waktu untuk memproduksi virion baru. Aktivasi provirus ini dipicu oleh sinyal tertentu dalam sel, yang menyebabkan transkripsi dan translasi gen virus, diikuti dengan perakitan partikel virus baru di sitoplasma dan pelepasan dari sel inang melalui proses budding. Tahapan replikasi yang terstruktur ini menjadikan HIV mampu bertahan lama dalam tubuh inang, dan menyebabkan kerusakan sistem imun secara bertahap yang memuncak pada kondisi AIDS (Mahariski *et al*., 2023).

2. Penyebaran HIV

Dalam sejarahnya, Virus HIV pertama kali diidentifikasi pada awal 1980-an, dengan kasus AIDS pertama dilaporkan pada tahun 1981. Sejak

saat itu, HIV telah menginfeksi lebih dari 85 juta orang dan menyebabkan lebih dari 40 juta kematian di seluruh dunia (Swinkels *et al*., 2024). Prevalensi HIV secara global menunjukkan bahwa infeksi *Human Immunodeficiency Virus* (HIV) masih menjadi isu kesehatan masyarakat yang signifikan. Berdasarkan data epidemiologi terkini dari UNAIDS (2024), pada tahun 2023 tercatat sebanyak 39,9 juta orang hidup dengan HIV, terdiri atas 38,6 juta orang dewasa berusia 15 tahun ke atas dan 1,4 juta anak-anak usia 0–14 tahun. Dari keseluruhan populasi tersebut, perempuan dan anak perempuan mencakup 53%, menunjukkan bahwa gender menjadi faktor penting dalam dinamika epidemi HIV. Median prevalensi HIV pada populasi usia produktif (15–49 tahun) secara global tercatat sebesar 0,8%. Namun, prevalensi ini meningkat secara signifikan pada kelompok rentan akibat marginalisasi dan diskriminasi, seperti pria yang berhubungan seks dengan pria (7,7%), pengguna narkotika suntik (5%), pekerja seks (3%), *individu transgender* (9,2%), serta penghuni lembaga pemasyarakatan (1,3%). Secara geografis, kawasan Afrika Timur dan Selatan menunjukkan beban tertinggi, dengan prevalensi HIV pada remaja perempuan usia 15–24 tahun mencapai 2,3%. Hal ini disebabkan oleh berbagai faktor sosial, budaya, dan ekonomi yang membatasi akses terhadap layanan kesehatan dan informasi pencegahan. Temuan ini menegaskan bahwa meskipun terjadi penurunan angka infeksi baru secara global, distribusi HIV sangat tidak merata dan masih sangat dipengaruhi oleh ketimpangan struktural, diskriminasi, dan marjinalisasi terhadap kelompok rentan (UNAIDS, 2024).

Kasus AIDS pertama di Indonesia dilaporkan pada tahun 1987, melibatkan seorang wisatawan asing yang meninggal di Bali. Sejak itu, kasus HIV/AIDS terus meningkat dan menyebar ke seluruh provinsi di Indonesia kasus HIV/AIDS telah menyebar ke 90% dari 514 kabupaten/kota di Indonesia. Hingga tahun 2020, diperkirakan terdapat sekitar 543.100 orang dengan HIV/AIDS (ODHA), namun baru 377.564 di antaranya yang mengetahui status infeksinya, dan hanya 127.613 ODHA (23,5%) yang tercatat menjalani terapi *antiretroviral* (ARV). Prevalensi HIV nasional berada pada angka 0,26% untuk populasi dewasa usia lebih dari 15 tahun, dengan pengecualian Provinsi Papua yang mencatat angka prevalensi jauh lebih tinggi yaitu sebesar 1,8%. Pola epidemi HIV di Indonesia ditandai oleh sebaran kasus yang luas serta tantangan geografis dan demografis yang besar, yang turut memengaruhi upaya pengendalian. Dalam rangka mendukung target global eliminasi AIDS tahun 2030, Indonesia telah menetapkan sasaran 90-90-90 dan strategi *Three Zero* yang dijalankan dalam *Rencana Aksi Nasional* 2020–2024. Strategi tersebut mencakup penguatan layanan skrining dan pengobatan, perluasan akses masyarakat terhadap pelayanan kesehatan HIV, serta pengembangan kemitraan lintas sektor dalam upaya pencegahan dan pengendalian HIV/AIDS di tingkat nasional maupun daerah (Johariyah *et al*., 2024).

3. Gejala dan Tanda HIV

Gejala infeksi *Human Immunodeficiency Virus* (HIV) tidak secara langsung memperlihatkan gejala dan tandanya. Gejala ini, akan muncul

secara bertahap melalui tiga tahap utama, yaitu fase infeksi akut, fase laten klinis (infeksi kronis), dan tahap lanjut yang dikenal sebagai *Acquired Immunodeficiency Syndrome* (AIDS). Pada tahap pertama, yaitu fase infeksi akut, gejala biasanya muncul dalam waktu 2 hingga 6 minggu setelah terpapar virus. Gejala yang timbul sering menyerupai flu, termasuk demam, menggigil, ruam kulit, nyeri otot, sakit tenggorokan, kelelahan, berkeringat di malam hari, dan pembengkakan kelenjar getah bening. Beberapa individu juga mengalami luka di dalam rongga mulut. Gejala pada tahap ini dapat berlangsung selama beberapa hari hingga beberapa minggu dan sering kali tidak dikenali sebagai tanda awal infeksi HIV karena menyerupai infeksi virus lainnya (Hidayati, 2019).

Memasuki tahap kedua, yang disebut fase laten klinis atau infeksi HIV kronis, virus tetap aktif dalam tubuh namun berkembang biak dengan laju yang rendah. Pada fase ini, sebagian besar penderita tidak menunjukkan gejala yang mencolok dan tetap merasa sehat. Namun, beberapa individu dapat mengalami gejala ringan seperti pembengkakan kelenjar getah bening, demam berulang, diare, penurunan berat badan, dan batuk. Fase ini dapat berlangsung selama beberapa tahun, tergantung pada status imunologis pasien dan kepatuhan terhadap terapi antiretroviral (WHO, 2023).

Jika tidak ditangani secara medis, infeksi HIV akan berkembang ke tahap akhir yaitu AIDS. Tahap ini ditandai dengan melemahnya sistem imun secara signifikan akibat penurunan drastis jumlah sel imun tubuh, sehingga

individu menjadi sangat rentan terhadap infeksi oportunistik dan jenis kanker tertentu. Gejala pada tahap ini meliputi penurunan berat badan yang signifikan, demam berkepanjangan, diare kronis, infeksi jamur pada rongga mulut dan tenggorokan, infeksi paru-paru seperti pneumonia, serta munculnya kanker seperti sarkoma Kaposi. Tahap ini sangat berbahaya karena berbagai infeksi yang pada individu sehat tidak berbahaya, dapat menjadi fatal bagi penderita HIV/AIDS (Johariyah *et al*., 2024).

4. Pemeriksaan Laboratorium HIV

Pemeriksaan diagnostik HIV bertujuan untuk mendeteksi keberadaan virus HIV dalam tubuh serta menilai status imunologis pasien. Terdapat dua kategori utama pemeriksaan, yaitu deteksi langsung terhadap virus atau komponennya, dan pemeriksaan terhadap respon imun tubuh terhadap infeksi (Indaryati *et al*., 2022).

a. Pemeriksaan Serologis dan Molekuler

1). ELISA (*Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*) merupakan metode awal untuk mendeteksi antibodi terhadap HIV. Pemeriksaan ini memiliki sensitivitas tinggi dan digunakan sebagai skrining awal.

2). *Western Blot* berfungsi sebagai uji konfirmasi setelah ELISA, dengan mendeteksi antibodi yang secara spesifik mengikat protein HIV.

3). Tes Antigen P24 memungkinkan deteksi HIV secara dini, yaitu dengan mengidentifikasi protein P24 yang muncul dalam darah sebelum terbentuk antibodi.

4). Kultur HIV dilakukan untuk mengisolasi virus secara langsung dari sampel pasien, namun jarang digunakan karena kompleksitas dan waktu pemeriksaannya.

b. Pemeriksaan Imunologis

Pemeriksaan ini digunakan untuk menilai status sistem imun pasien HIV:

1). Hitung CD4: mengukur jumlah sel T $CD4^+$ dalam darah, indikator utama derajat imunodefisiensi.

2). Rasio CD4/CD8: digunakan untuk menilai keseimbangan imun.

3). Limfosit total dan hemoglobin: mencerminkan status hematologis pasien.

4). Laju Endap Darah (LED) dan serum β2-mikroglobulin: indikator inflamasi dan progresi penyakit.

5). Hematokrit: digunakan untuk menilai kemungkinan anemia yang sering terjadi pada pasien HIV kronik.

C. Tinjauan Hubungan HIV dan Treponema pallidum

Hubungan antara *Human Immunodeficiency Virus* (HIV) dan *Treponema pallidum*, agen penyebab sifilis, telah menjadi fokus utama dalam kajian epidemiologi penyakit menular seksual selama beberapa dekade terakhir. Koinfeksi antara kedua patogen ini tidak hanya umum ditemukan, tetapi juga menimbulkan dampak klinis, diagnostik, dan terapeutik yang kompleks. HIV merupakan virus yang menyebabkan kerusakan sistem imun, khususnya dengan menyerang dan menghancurkan sel T. Akibat dari penurunan sel ini adalah

terganggunya respons imun terhadap berbagai patogen, termasuk *T. pallidum*. Hal ini menyebabkan individu dengan HIV memiliki kerentanan yang lebih tinggi terhadap infeksi sifilis, serta mengalami progresi penyakit yang lebih cepat dan manifestasi klinis yang lebih berat dibandingkan individu tanpa HIV (Xu *et al*., 2025).

Koinfeksi HIV dan sifilis banyak ditemukan dalam kelompok populasi berisiko tinggi, seperti pria yang berhubungan seks dengan pria (LSL/MSM), pengguna narkoba suntik, serta individu dengan riwayat infeksi menular seksual (IMS) berulang. Menurut data WHO (2023), prevalensi sifilis pada populasi dengan HIV secara global berkisar antara 5–30%, tergantung pada wilayah dan karakteristik demografis populasi yang diteliti. Di kawasan Asia Tenggara, prevalensi koinfeksi sifilis pada pasien HIV dilaporkan mencapai 4,8% (Su *et al*., 2025), sedangkan di Indonesia, studi oleh Nuraeni *et al*. (2025) menunjukkan bahwa 32,1% pasien HIV yang mengakses layanan di Puskesmas juga menderita IMS, dengan sifilis menjadi salah satu yang paling umum ditemukan.

Salah satu tantangan utama dalam menangani koinfeksi HIV dan sifilis adalah perubahan dalam presentasi klinis sifilis pada pasien HIV. Dalam kondisi normal, sifilis berkembang dalam empat tahap: primer, sekunder, laten, dan tersier. Namun pada pasien HIV, pola ini dapat menjadi tidak khas, tumpang tindih, atau muncul lebih agresif. Misalnya, *chancre* pada sifilis primer mungkin tidak terbentuk secara sempurna atau dapat terjadi bersamaan dengan gejala sekunder. Pada beberapa kasus, pasien dapat langsung mengalami manifestasi neurologis tanpa melalui tahap laten yang jelas. Hal ini disebabkan oleh

pengaruh HIV terhadap sistem imun yang mengubah respons tubuh terhadap infeksi *T. pallidum*, termasuk melalui disregulasi imunitas seluler dan humoral (Maria E. Tudor *et al*., 2024).

Koinfeksi ini juga berdampak pada jalannya infeksi HIV itu sendiri. Infeksi aktif *Treponema pallidum* diketahui dapat meningkatkan replikasi virus HIV dengan cara meningkatkan aktivasi sistem imun dan menurunkan pengawasan imun terhadap virus. Lesi *mukosa* akibat sifilis dapat memfasilitasi transmisi HIV melalui peningkatan jumlah sel target di area lesi dan penurunan integritas epitel. Selain itu, inflamasi kronik yang dipicu oleh infeksi sifilis memperburuk aktivasi imun sistemik, yang telah dikenal sebagai faktor utama dalam progresi penyakit HIV (Ciccarese *et al*., 2024).

Dari sisi diagnostik, koinfeksi HIV-sifilis menimbulkan sejumlah tantangan signifikan. Pada pasien HIV, tes serologis konvensional seperti VDRL dan RPR dapat menunjukkan hasil negatif palsu *(false-negative)* akibat gangguan respons imun terhadap antigen non-treponemal. Sebaliknya, hasil positif palsu juga dapat terjadi akibat reaksi silang dengan antibodi lain. Di sisi lain, tes treponemal seperti TPPA dan FTA-ABS tetap positif seumur hidup, namun tidak dapat membedakan antara infeksi aktif dan masa lalu, yang menjadi kendala dalam pemantauan keberhasilan terapi (Satyaputra *et al*., 2021). Oleh karena itu, metode diagnostik molekuler seperti *Polymerase Chain Reaction* (PCR) menjadi sangat penting dalam mendeteksi *T. pallidum*, khususnya pada pasien HIV dengan hasil serologi yang meragukan atau tanpa manifestasi klinis jelas.

D. Tinjauan Umum Alat *Polymerase Chain Reaction* (PCR)

1. Pengertian PCR

Polymerase Chain Reaction (PCR) merupakan teknik biokimia yang tergolong sederhana dalam pelaksanaannya, namun sangat berpengaruh terhadap perkembangan ilmu biologi molekuler modern. Metode ini pertama kali ditemukan oleh ilmuwan asal Amerika Serikat, Kary B. Mullis, pada tahun 1984. Berkat penemuan ini, ia dianugerahi Penghargaan Nobel di bidang Kimia pada tahun 1994 sebagai bentuk pengakuan atas kontribusinya yang revolusioner dalam bioteknologi. Secara umum, PCR didefinisikan sebagai proses amplifikasi atau perbanyakan untai DNA Ssecara in vitro , yang dilakukan melalui simulasi mekanisme replikasi DNA dengan bantuan enzim DNA polimerase serta manipulasi suhu untuk memisahkan dan menyusun ulang untaian DNA. Metode ini sensitivitasnya yang sangat tinggi, di mana hanya dengan satu molekul DNA target, proses ini mampu menggandakan materi genetik tersebut secara eksponensial dalam waktu singkat. Dengan kata lain, setiap siklus suhu dalam PCR dapat menghasilkan jumlah DNA hingga dua kali lipat memungkinkan deteksi bahkan dari jumlah DNA target yang sangat kecil dengan sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi (Maksum *et al*., 2019).



Gambar Alat PCR (Maksum et al., 2019).

Prinsip dasar PCR di mana proses penempelan oligonukleotida (primer) terjadi selama tahap penurunan suhu. Penempelan primer dipengaruhi oleh berbagai faktor yang menentukan kestabilan pembentukan ikatan hidrogen antar basa, seperti suhu reaksi, pH larutan, dan konsentrasi garam. Diketahui bahwa basa guanin (G) berpasangan dengan sitosin (C) membentuk tiga ikatan hidrogen, sementara adenin (A) berpasangan dengan timin (T) dengan dua ikatan hidrogen. Proses pemutusan ikatan hidrogen ini membutuhkan energi, yang dalam laboratorium diperoleh melalui peningkatan suhu. Segmen DNA menggunakan enzim DNA polymerase tahan panas, melalui siklus suhu tinggi yang berulang. Proses ini memerlukan primer DNA berukuran pendek untuk menginisiasi reaksi, saat suhu diturunkan, primer akan menempel pada untaian tunggal DNA target, memungkinkan polimerase untuk memperbanyak segmen tersebut (Suprayogi *et al*., 2021).

2. Komponen PCR

Reaksi *Polymerase Chain Reaction* (PCR) membutuhkan beberapa komponen utama yang bekerja secara sinergis dalam sistem tertutup untuk memastikan keberhasilan amplifikasi DNA target. Komponen-komponen ini terdiri atas *template DNA*, *primer*, *DNA polymerase*, *deoksinukleotida trifosfat (dNTP)*, *buffer reaksi*, dan *ion magnesium* (Mg^{2+}), serta dalam beberapa kasus tambahan zat aditif untuk meningkatkan efisiensi reaksi. Setiap komponen memiliki peran krusial dan tak tergantikan dalam jalannya proses PCR (Hidayat *et al*., 2020).

a. Template DNA

Template DNA merupakan cetakan utama yang akan diperbanyak. Template ini dapat berupa DNA genomik, DNA plasmid, atau DNA hasil ekstraksi dari jaringan atau mikroorganisme. Konsentrasi dan kemurnian DNA template sangat memengaruhi efisiensi dan spesifisitas reaksi PCR. Kontaminasi atau degradasi DNA dapat menyebabkan hasil amplifikasi yang tidak optimal atau bahkan kegagalan reaksi. Oleh karena itu, preparasi DNA yang bersih dan bebas inhibitor sangat diperlukan untuk memperoleh hasil yang akurat (Rosana *et al*., 2022).

b. Primer

Primer adalah oligonukleotida pendek, biasanya sepanjang 18–30 basa, yang dirancang komplementer terhadap daerah flanking (tepi) dari segmen DNA target yang akan diamplifikasi. PCR menggunakan

dua jenis primer: primer maju (forward) dan primer mundur (reverse), masing-masing mengikat pada untaian DNA yang berbeda untuk memungkinkan sintesis DNA di kedua arah. Desain primer sangat penting karena mempengaruhi efisiensi dan spesifisitas amplifikasi. Primer yang buruk dapat menyebabkan amplifikasi non-spesifik atau pembentukan dimer primer (primer-dimers), yang mengganggu hasil PCR (Hidayat *et al*., 2020).

c. DNA Polymerase

DNA polymerase adalah enzim yang berperan dalam sintesis untaian DNA baru selama proses ekstensi. Enzim ini harus bersifat tahan panas (termostabil) karena proses PCR melibatkan tahap denaturasi pada suhu tinggi. Enzim yang paling umum digunakan adalah Taq DNA polymerase, yang diisolasi dari bakteri termofilik *Thermus aquaticus*. Selain Taq, tersedia pula enzim lain seperti Pfu polymerase yang memiliki akurasi lebih tinggi karena aktivitas proofreading-nya, meskipun kecepatan kerjanya lebih lambat dibandingkan Taq (Kusnadi & Arumingtyas, 2020).

d. dNTP (deoxynucleotide triphosphate)

dNTP adalah bahan baku pembentuk untaian DNA baru. Terdiri dari empat jenis nukleotida: dATP, dTTP, dCTP, dan dGTP, yang disediakan dalam konsentrasi seimbang. Keempat jenis nukleotida ini akan ditambahkan secara berurutan oleh DNA polymerase ke ujung 3' dari primer selama tahap ekstensi. Konsentrasi dNTP yang terlalu tinggi

atau terlalu rendah dapat mengganggu kerja enzim dan mengurangi efisiensi reaksi (Rosana *et al*., 2022).

e. Buffer Reaksi

Buffer PCR berfungsi untuk menjaga kondisi pH dan stabilitas lingkungan enzimatik selama proses amplifikasi berlangsung. Buffer biasanya mengandung Tris-HCl, KCl, dan dalam beberapa formula tambahan lain seperti detergen non-ionik. Fungsi utama buffer adalah menjaga aktivitas DNA polymerase pada kondisi optimal dan mengatur ikatan antara DNA dan primer (Widodo, 2025).

f. Ion Magnesium (Mg^{2+})

Ion magnesium (biasanya dalam bentuk $MgCl_2$) berperan sebagai kofaktor esensial untuk aktivitas DNA polymerase. Mg^{2+} membantu pembentukan kompleks enzim-substrat dan stabilisasi ikatan antara primer dengan template. Konsentrasi ion magnesium sangat mempengaruhi hasil PCR. Konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menyebabkan amplifikasi non-spesifik, sedangkan terlalu rendah dapat menghambat proses replikasi DNA (Luo *et al*., 2021)

3. Tahap-tahap PCR

Proses *Polymerase Chain Reaction (PCR)* terdiri dari tiga tahap utama yang dilakukan secara berulang dalam beberapa siklus. Tahapan tersebut meliputi: denaturasi (denaturation), penempelan primer (annealing), dan pemanjangan (extension atau elongation). Ketiga tahapan ini terjadi dalam mesin termal sikler (thermal cycler) yang secara otomatis

mengatur suhu dan waktu sesuai protokol yang ditetapkan. Biasanya, proses PCR berlangsung selama 25–40 siklus untuk memperoleh jumlah DNA hasil amplifikasi yang mencukupi untuk dianalisis lebih lanjut (Widodo, 2025).

a. Pra-Denaturasi

Tahap awal dalam reaksi PCR disebut pra-denaturasi, di mana sampel DNA dipanaskan pada suhu tinggi, umumnya antara 94–96°C, selama 2 hingga 20 menit. Tujuan utamanya adalah untuk membuka untaian ganda DNA menjadi untaian tunggal (denaturasi awal) sekaligus mengaktifkan enzim DNA polimerase yang tahan terhadap suhu tinggi. Pada umumnya, pemanasan selama 2–3 menit pada suhu 94–95°C sudah cukup untuk memisahkan DNA genom. Namun, untuk jenis enzim tertentu yang memerlukan aktivasi lebih lama, seperti beberapa varian Taq polimerase, dibutuhkan waktu hingga 15–20 menit. Sementara itu, enzim polimerase versi hot-start seperti iTaq™, cukup diaktifkan dengan pemanasan singkat 15–30 detik pada suhu 98°C untuk memulai reaksi dan aktivasi enzim secara bersamaan.

b. Denaturasi

Tahapan denaturasi bertujuan memisahkan heliks ganda DNA menjadi dua untaian tunggal, sehingga primer dapat menempel pada template. Proses ini dilakukan dengan pemanasan pada suhu 90–95°C selama sekitar 3 menit. Pemanasan yang tidak cukup dapat menyebabkan DNA tidak terbuka sepenuhnya, sehingga menghambat

proses amplifikasi karena pasangan basa dapat kembali menyatu. Sebaliknya, jika pemanasan dilakukan terlalu lama, enzim Taq polimerase dapat mengalami penurunan aktivitas akibat paparan suhu tinggi yang berlebihan, yang pada akhirnya dapat mengurangi efisiensi reaksi PCR secara keseluruhan (Hidayat *et al*., 2020).

c. Annealing (Penempelan Primer)

Tahap annealing memungkinkan primer menempel pada sekuens DNA yang komplementer dengan bantuan ikatan hidrogen. Suhu annealing sangat dipengaruhi oleh panjang dan kandungan basa primer, biasanya berada dalam kisaran 36–72°C, dengan suhu umum yang sering digunakan adalah 50–60°C. Primer yang lebih panjang biasanya memerlukan suhu annealing yang lebih tinggi agar ikatan basa stabil terbentuk. Waktu inkubasi annealing umumnya antara 30–45 detik. Penentuan suhu dan durasi annealing yang tepat sangat penting, karena akan menentukan kestabilan interaksi antara primer dan template serta memengaruhi pengenalan posisi target oleh DNA polimerase (Maksum *et al*., 2019)

d. Ekstensi (Extension)

Proses pemanjangan atau ekstensi dilakukan setelah primer menempel pada template DNA. Tahapan ini berlangsung pada suhu 72°C, yaitu suhu optimum bagi aktivitas enzim Taq polimerase dalam memperpanjang untaian DNA baru dari ujung 3'. Enzim ini menambahkan nukleotida sesuai pasangan basa yang tersedia dari

campuran dNTP. Kecepatan kerja Taq polimerase berada pada kisaran 35–100 nukleotida per detik, tergantung pada kondisi reaksi seperti pH, komposisi buffer, dan struktur DNA target. Dengan waktu sekitar 1 menit, enzim dapat mensintesis untaian sepanjang kurang lebih 2.000 pasangan basa. Setelah seluruh siklus PCR selesai, biasanya ditambahkan tahapan ekstensi akhir selama 5–15 menit pada suhu yang sama (72°C) untuk memastikan seluruh produk DNA lengkap serta memfasilitasi penambahan nukleotida adenin pada ujung 3', yang penting dalam teknik kloning seperti TA cloning (Hidayat *et al*., 2020)

e. Pemantapan (Post-Extension)

Tahap terakhir dalam siklus PCR disebut pemantapan atau final extension, yang dilakukan dengan inkubasi tambahan selama 5–10 menit pada suhu 72°C. Langkah ini bertujuan untuk menyelesaikan replikasi untaian DNA yang belum sempurna dan memastikan penggabungan kembali untaian tunggal menjadi struktur heliks ganda. Selain itu, proses ini membantu menstabilkan produk PCR sehingga dapat divisualisasikan dengan baik pada elektroforesis gel agarosa menggunakan pewarna seperti etidium bromida. Jika target PCR memiliki panjang antara 100–1.000 bp, durasi ekstensi akhir dapat disingkat menjadi 30–60 detik tanpa menurunkan kualitas hasil. Tahapan ini juga mendukung penambahan satu nukleotida adenin oleh Taq polimerase di ujung 3' produk PCR, yang merupakan komponen penting dalam metode TA cloning. Dalam protokol PCR cepat (fast

PCR), durasi final extension ≤1 menit telah terbukti cukup untuk menghasilkan produk amplifikasi yang lengkap dan siap dianalisis (Kusnadi & Arumingtyas, 2020).

4. Kelebihan dan kekurangan PCR

Analisis biologi molekuler berbasis DNA menggunakan teknik PCR menunjukkan bahwa replikasi DNA dapat dilakukan dengan sangat efisien dalam waktu singkat. Menurut Kusnadi dan Arumingtyas (2020), terdapat tiga keunggulan utama dari penggunaan teknik PCR, yakni:

a. Cepat dan mudah digunakan

Teknik PCR memungkinkan proses kloning DNA dilakukan dengan waktu yang relatif singkat, biasanya hanya memerlukan beberapa jam. Umumnya, satu reaksi PCR terdiri atas sekitar 30 siklus yang mencakup proses denaturasi, penempelan primer (annealing), dan ekstensi (pemanjangan), dengan tiap siklus memerlukan waktu 3–5 menit saat dijalankan menggunakan mesin PCR otomatis. Prosedur dan pengoperasian alatnya pun cukup sederhana. Meski dalam beberapa kasus diperlukan desain dan sintesis primer secara khusus, proses ini kini dapat dipermudah dengan bantuan software desain primer yang efisien. Selain itu, untuk memperoleh hasil optimal, kadang diperlukan penyesuaian suhu annealing, konsentrasi ion Mg^{2+}, serta jumlah primer yang digunakan. Namun, keberadaan mesin PCR bertipe gradien memungkinkan optimasi suhu dilakukan sekaligus, mempercepat

pencarian kondisi terbaik. Setelah kondisi yang tepat ditemukan, reaksi dapat diulang tanpa perlu melakukan optimasi ulang.

b. Sensitif

Metode PCR mampu memperbanyak segmen DNA target meskipun jumlahnya sangat sedikit, bahkan dari satu sel pun bisa dideteksi. Tingginya sensitivitas ini membuat PCR sangat berguna dalam berbagai aplikasi diagnostik, tetapi juga memerlukan kehati-hatian ekstra untuk mencegah kontaminasi silang dari DNA asing, termasuk dari operator atau lingkungan sekitar.

c. Berkemampuan tinggi mengamplifikasi DNA

PCR dapat digunakan untuk memperbanyak berbagai jenis asam nukleat dari beragam sumber, baik DNA murni maupun fragmen spesifik yang jumlahnya melimpah. Meski demikian, PCR memiliki keterbatasan dalam hal ukuran fragmen yang bisa diperbanyak. Jika dibandingkan dengan metode kloning berbasis sel seperti penggunaan vektor, yang bisa menangani DNA hingga 2 Mb, PCR umumnya optimal untuk fragmen berukuran 0,1–5 kb. Makin pendek ukuran fragmen target, makin mudah amplifikasinya. Untuk fragmen yang lebih panjang, efisiensinya akan berkurang secara signifikan dan dibutuhkan enzim rekombinan khusus serta teknik long-range PCR agar hasilnya maksimal (Kusnadi & Arumingtyas, 2020).

5. Jenis-jenis PCR

Adapun beberapa jenis teknik PCR adalah sebagai berikut:

a. PCR-RFLP (Polymerase Chain Reaction–Restriction Fragment Length Polymorphism) merupakan metode yang sangat efisien untuk mengidentifikasi dan mengautentikasi berbagai jenis produk perikanan. Teknik ini membantu otoritas pengawas makanan dalam menegakkan regulasi pelabelan dan mencegah pemalsuan produk laut. Keunggulan utama dari PCR-RFLP adalah kesederhanaan prosedurnya, waktu pengerjaan yang singkat, hasil yang andal, serta biaya yang relatif rendah dibandingkan dengan teknik DNA barcoding yang memanfaatkan sekuensing mtDNA. Selain itu, penerapan metode ini cukup praktis karena hanya membutuhkan alat thermocycler dan perangkat elektroforesis, yang umumnya telah tersedia di banyak laboratorium, terutama di negara-negara berkembang (Maksum *et al*., 2019)
b. Nested-PCR merupakan bentuk modifikasi dari PCR konvensional yang bertujuan untuk meningkatkan spesifisitas amplifikasi dan mengurangi hasil yang tidak diinginkan akibat perlekatan primer yang tidak tepat. Prosedur ini menggunakan dua set primer berbeda dalam dua siklus PCR bertahap. Pada tahap pertama (disebut nested-1), digunakan sepasang primer luar untuk menghasilkan fragmen DNA awal. Kemudian, tahap kedua memanfaatkan sepasang primer baru yang letaknya berada di dalam wilayah target hasil tahap pertama, sehingga menghasilkan amplifikasi fragmen yang lebih kecil dan spesifik (Suhardono *et al*., 2022)

c. Real-Time PCR merupakan teknik PCR yang menggunakan sinyal fluoresensi sebagai indikator utama, dan kini telah menjadi metode andalan dalam mendeteksi RNA, DNA, maupun cDNA karena tingkat sensitivitas dan kemampuannya dalam melakukan kuantifikasi. Proses amplifikasi dan pemantauan asam nukleat dilakukan secara simultan di dalam satu tabung tertutup menggunakan mesin PCR khusus yang dilengkapi sistem deteksi fluoresen. Cahaya fluoresen yang dihasilkan selama proses amplifikasi memberikan informasi langsung mengenai jumlah produk PCR yang terbentuk pada setiap siklus, sehingga memungkinkan analisis kuantitatif secara real-time—suatu keunggulan yang tidak dimiliki oleh metode PCR konvensional (X. Zhang *et al*., 2023).

6. Elektroforesis

Elektroforesis adalah suatu teknik laboratorium yang digunakan untuk memisahkan molekul berdasarkan ukuran, muatan, dan konformasi menggunakan medan listrik. Dalam konteks biologi molekuler, elektroforesis DNA—khususnya elektroforesis gel agarosa—sering digunakan untuk memvisualisasikan hasil amplifikasi DNA dari proses PCR. Elektroforesis bekerja dengan prinsip bahwa molekul bermuatan negatif, seperti DNA, akan bergerak menuju kutub positif (anoda) ketika diberikan medan listrik dalam medium gel. Kecepatan pergerakan molekul tergantung pada ukuran dan bentuknya—molekul yang lebih kecil akan bergerak lebih cepat dan lebih jauh dibandingkan molekul yang lebih besar.

Elektroforesis terdiri dari beberapa komponen utama yang saling berperan dalam mendukung keberhasilan proses pemisahan molekul DNA. Komponen-komponen tersebut mencakup gel elektroforesis, buffer elektroforesis, DNA marker atau penanda ukuran, pewarnaan DNA, ruang elektroforesis, sumber tegangan listrik (power supply), dan kamera atau sistem visualisasi.

a. Gel Elektroforesis (Gel Agarosa)

   Gel yang umum digunakan dalam elektroforesis DNA adalah agarosa, yaitu polisakarida alami yang diperoleh dari ganggang laut. Agarosa dipanaskan dalam buffer hingga larut, kemudian didinginkan untuk membentuk matriks gel yang memiliki pori-pori. Besar kecilnya pori-pori dalam gel tergantung pada konsentrasi agarosa yang digunakan. Konsentrasi gel agarosa biasanya antara 0,8% hingga 2% tergantung pada ukuran fragmen DNA yang ingin dianalisis; semakin kecil ukuran fragmen, maka semakin tinggi konsentrasi agarosa yang digunakan. Gel ini berfungsi sebagai media tempat molekul DNA bermigrasi saat dialiri arus listrik.

b. Buffer Elektroforesis

   Buffer adalah larutan yang digunakan untuk menjaga kestabilan pH dan menghantarkan arus listrik selama proses elektroforesis. Buffer yang paling sering digunakan adalah TBE (Tris-Borate-EDTA) dan TAE (Tris-Acetate-EDTA). Buffer ini membantu menjaga struktur molekul DNA tetap stabil serta memastikan proses migrasi berlangsung optimal.

TAE lebih sering digunakan untuk migrasi cepat dan pemisahan fragmen besar, sementara TBE memiliki kapasitas buffer yang lebih tinggi dan memberikan hasil pemisahan yang lebih tajam

c. DNA Marker (Penanda Ukuran)

DNA marker atau DNA ladder adalah campuran fragmen DNA dengan panjang yang sudah diketahui. Marker ini digunakan sebagai pembanding (referensi) untuk menentukan ukuran fragmen DNA hasil amplifikasi. Saat elektroforesis selesai, posisi pita DNA hasil PCR dibandingkan dengan pita-pita pada marker untuk mengetahui ukuran fragmennya. Pemilihan marker disesuaikan dengan kisaran ukuran target DNA; misalnya, marker 100 bp atau 1 kb ladder

d. Pewarnaan DNA (Staining DNA)

Agar pita DNA dapat terlihat setelah proses elektroforesis, gel harus diberi pewarna DNA. Pewarna klasik yang digunakan adalah ethidium bromide (EtBr), tetapi karena bersifat karsinogenik, banyak laboratorium kini beralih ke pewarna yang lebih aman seperti GelRed atau SYBR Safe. Pewarna ini akan berikatan dengan DNA dan memancarkan fluoresensi saat terkena sinar UV atau cahaya biru, memungkinkan visualisasi pita DNA menggunakan sistem dokumentasi gel

e. Ruang Elektroforesis (Chamber dan Tray)

Ruang elektroforesis merupakan wadah tempat diletakkannya gel dan buffer. Tray gel digunakan untuk menuang gel agarosa, dan biasanya

dilengkapi dengan sisir (comb) untuk membentuk sumur tempat muatan sampel. Chamber dilengkapi dengan elektroda positif dan negatif yang terhubung dengan sumber listrik, memungkinkan migrasi DNA bermuatan negatif ke arah elektroda positif (anoda)

f. Power Supply (Sumber Arus Listrik)

Power supply digunakan untuk menghasilkan medan listrik yang dibutuhkan dalam proses elektroforesis. Tegangan listrik yang umum digunakan berkisar antara 70–150 volt, tergantung pada panjang gel dan konsentrasi agarosa. Pemilihan tegangan yang tepat penting untuk menghindari overheat yang dapat merusak struktur DNA atau membuat hasil elektroforesis menjadi tidak tajam

g. Sistem Visualisasi atau Kamera UV

Setelah elektroforesis selesai, gel dianalisis menggunakan sistem dokumentasi gel atau UV transilluminator. Alat ini memungkinkan pengamatan pita DNA yang telah diberi pewarna, dan hasilnya dapat difoto untuk dokumentasi. Beberapa laboratorium menggunakan sistem visualisasi berbasis cahaya biru untuk mengurangi kerusakan DNA akibat radiasi UV

E. Referensi Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu telah mengeksplorasi penggunaan berbagai metode diagnostik dalam mendeteksi infeksi *Treponema pallidum* pada pasien HIV, dengan fokus pada efektivitas *Polymerase Chain Reaction* (PCR) sebagai alat diagnostik seperti penelitian oleh Zhou *et al*. (2019) dalam

penelitian berjudul *PCR detection for syphilis diagnosis: Status and prospects* membahas penggunaan PCR dalam deteksi sifilis dengan menilai sensitivitas dan spesifisitas PCR dibandingkan dengan tes serologis konvensional. Penelitian ini menunjukkan bahwa PCR lebih sensitif dalam mendeteksi *Treponema pallidum* pada tahap awal infeksi, bahkan pada pasien dengan imunokompetensi rendah. Metode ini dinilai lebih unggul karena dapat mendeteksi DNA bakteri secara langsung dari berbagai sampel klinis seperti darah dan cairan ulkus. Meskipun demikian, penelitian ini juga mengungkapkan tantangan dalam implementasi PCR di negara berkembang, khususnya terkait dengan biaya dan aksesibilitas alat PCR.

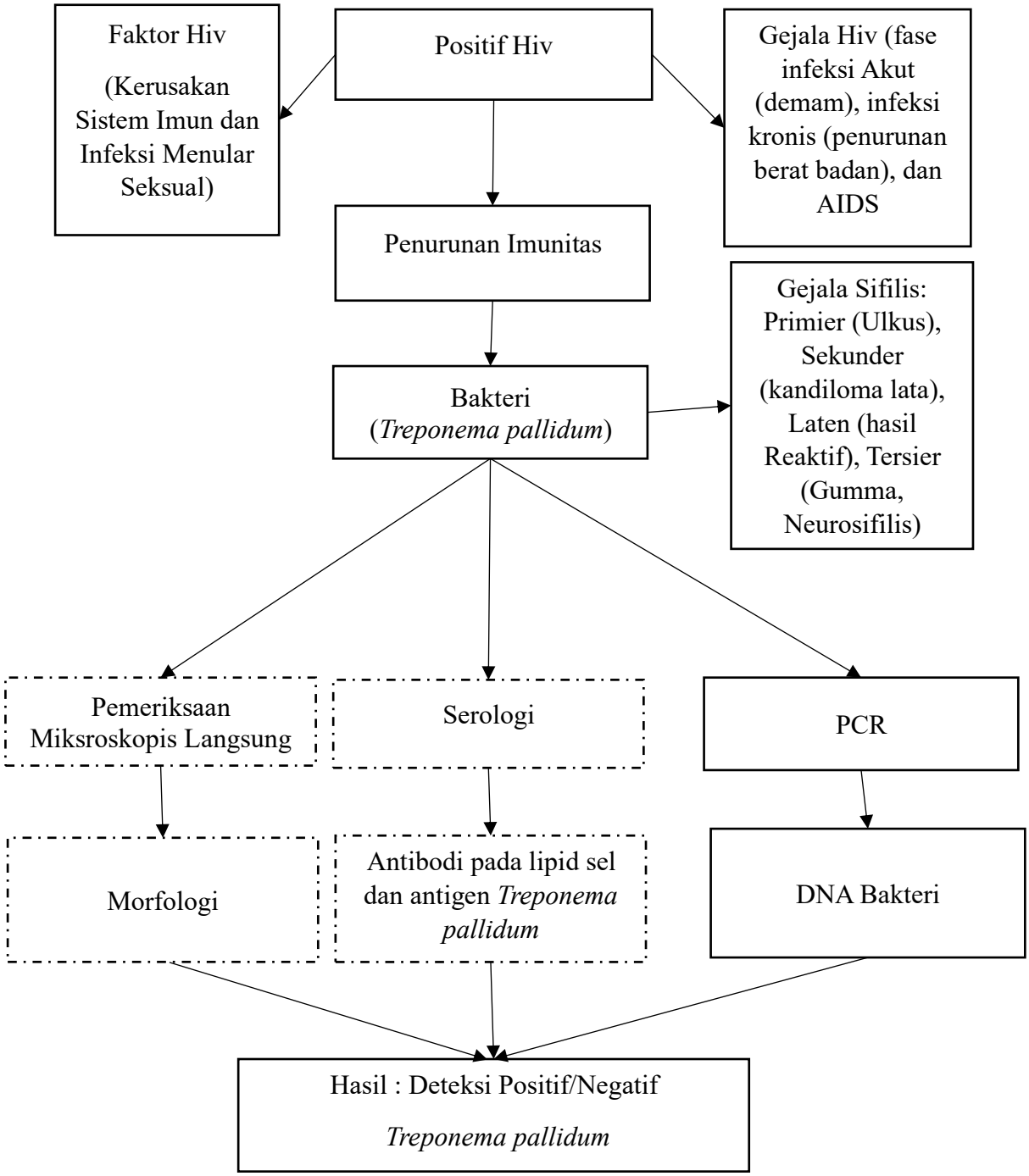
Wu *et al*. (2025) dalam penelitiannya yang berjudul *Detection of Treponema pallidum DNA for diagnosis, resistance identification, and treatment outcome prediction* memfokuskan pada penggunaan PCR untuk mendeteksi DNA *Treponema pallidum* pada pasien Positif HIV, dengan menekankan pada efektivitas PCR dalam kasus sifilis yang tidak terdeteksi oleh tes serologi. Wu *et al*. menemukan bahwa PCR dapat mengidentifikasi DNA bakteri pada rongga mulut pasien HIV, meskipun hasil serologi negatif. Studi ini menyoroti keunggulan PCR dalam mendeteksi sifilis pada populasi Positif HIV yang mungkin memiliki manifestasi klinis yang tidak khas. Namun, penelitian ini juga menekankan perlunya protokol PCR yang lebih spesifik dan standarisasi sampel terbaik dalam konteks koinfeksi HIV-sifilis.

Fan *et al*. (2021) dalam penelitian berjudul *Consequences of HIV/syphilis co-infection on HIV viral load and immune response to*

antiretroviral therapy mengkaji dampak koinfeksi HIV dan sifilis pada viral load HIV dan respons imun pasien terhadap terapi antiretroviral. Hasil utama menunjukkan bahwa infeksi sifilis memperburuk progresi HIV, meningkatkan viral load, dan mengurangi efektivitas terapi antiretroviral. Penelitian ini juga menyoroti bahwa deteksi dini sifilis pada pasien HIV dapat mengurangi risiko peningkatan viral load dan penurunan jumlah CD4. Namun, studi ini tidak memfokuskan pada penggunaan PCR dalam deteksi dini sifilis pada populasi ini.

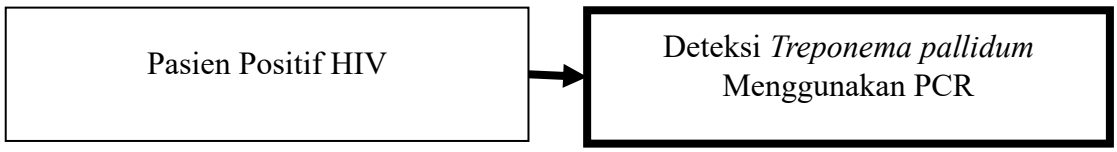
Penelitian yang dilakukan oleh Alydrus et al. (2023) dengan judul *"Deteksi Koinfeksi Treponema pallidum pada Penderita HIV Menggunakan Metode Real Time PCR"* menunjukkan hasil positif terhadap infeksi *Treponema pallidum* menggunakan metode RT-PCR. Temuan ini menegaskan adanya koinfeksi antara HIV dan sifilis, mengingat kedua patogen tersebut memiliki jalur transmisi dan faktor risiko yang serupa. Koinfeksi ini tidak hanya meningkatkan kompleksitas klinis, tetapi juga berpotensi mempercepat progresivitas infeksi HIV, menurunkan kadar CD4, serta meningkatkan replikasi virus HIV dalam tubuh penderita. Hasil tersebut menggarisbawahi pentingnya deteksi molekuler seperti PCR dalam mengidentifikasi keberadaan *Treponema pallidum* pada populasi Positif HIV, terutama dalam konteks klinis di mana manifestasi klinis sifilis tidak selalu khas atau dapat tersamar oleh kondisi imun pasien yang terganggu.

F. Kerangka Teoritis



Gambar 2. 2 Kerangka Teori

G. Kerangka Konsep



Variabel Bebas/Independen (X) Variabel Terikat/Dependen (Y)

Gambar 2. 3 Kerangka Konsep

H. Definisi Operasional

1. Treponema pallidum:

   Treponema pallidum adalah bakteri *spirochete* yang menjadi agen penyebab sifilis. Dalam konteks penelitian ini, *Treponema pallidum* diidentifikasi berdasarkan deteksi DNA-nya menggunakan teknik *Polymerase Chain Reaction* (PCR) pada sampel klinis, seperti darah atau cairan ulkus, dari pasien Positif HIV.

2. Pasien Positif HIV:

   Pasien yang terdiagnosis dengan *Human Immunodeficiency Virus* (HIV) berdasarkan hasil tes serologis yang mendeteksi antibodi HIV atau antigen HIV dalam darah

3. *Polymerase Chain Reaction* (PCR)

   Teknik laboratorium yang digunakan untuk mendeteksi dan mengamplifikasi DNA spesifik dari *Treponema pallidum* pada sampel klinis (seperti darah atau cairan ulkus) dengan tujuan untuk menentukan keberadaan infeksi sifilis pada pasien Positif HIV. PCR dapat mendeteksi

DNA *Treponema pallidum* meskipun dalam jumlah kecil dan pada tahap infeksi yang tidak terlihat klinis.

Dengan mendefinisikan variabel-variabel tersebut secara operasional, penelitian ini dapat mengukur dan menganalisis hubungan antara keberadaan *Treponema pallidum* dalam sampel pasien HIV menggunakan PCR.

BAB III
METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain penelitian kualitatif dengan pendekatan observasi laboratorik. Pendekatan ini untuk mengamati dan menganalisis fenomena secara objektif berdasarkan data yang diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium.

B. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di HUM-RC UNHAS dan telah dilaksanakan berlangsung selama 2 bulan, mulai dari bulan Juni 2025 hingga Juli 2025.

C. Populasi dan Sampel

1. Populasi penelitian : Pasien yang terdiagnosis Positif HIV di Kabupaten Luwu Timur
2. Sampel Penelitian : Sampel darah yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditentukan. Sampel diambil secara purposive sampling atau sampling bertujuan, dengan fokus pada mereka yang memiliki kriteria berikut:
    a. Kriteria Inklusi:
        1). Pasien Positif HIV yang telah terdiagnosis secara klinis dan memiliki bukti laboratorium positif HIV (misalnya, hasil tes serologi HIV atau viral load positif).
        2). Penderita HIV yang menjalani terapi ARV.
    b. Kriteria Eksklusi:

1). Pasien yang mengonsumsi antibiotik (dapat meningkatkan CD4).
2). Pasien dengan penyakit atau kondisi medis lain yang mengganggu hasil pemeriksaan PCR, seperti penyakit autoimun atau infeksi lain yang dapat mempengaruhi hasil PCR.
3). Pasien yang tidak bersedia atau tidak mampu memberikan sampel darah atau cairan tubuh lainnya yang dibutuhkan untuk pemeriksaan PCR.
4). Pasien dengan sifilis yang telah mendapatkan pengobatan lengkap sebelum pengambilan sampel, karena dapat mempengaruhi deteksi DNA bakteri.

D. Teknik Pengumpulan Data

1. Teknik Persiapan

Penyediaan Instrumen Penelitian alat dan bahan yang dibutuhkan untuk pemeriksaan HIV dan PCR, antara lain: alat *Rapid Diagnostic Test* (RDT), alat Polymerase Chain Reaction (PCR), Thermal Cycler, mikropipet, gel agarosa, spektofometer untuk kuantifikasi DNA, dan biosafety cabinet untuk menjaga lingkungan steril. Memastikan ketersediaan bahan reagen PCR seperti primer polA, dNTPs, buffer PCR, dan Taq polymerase.

2. Teknik Pelaksanaan

Teknik pelaksanaan adalah tahap pelaksanaan utama di lapangan Berikut adalah langkah-langkah yang termasuk dalam teknik pelaksanaan:

a. Perizinan : Melakukan perizinan kepada tempat atau instansi penelitian dilaksanakan.
b. Pencatatan dan Pengolahan Data: Semua data yang diperoleh dari hasil PCR, termasuk informasi demografis pasien dan hasil tes lainnya, akan dicatat dengan akurat. Data ini kemudian akan dianalisis untuk melihat hubungan antara deteksi *Treponema pallidum* dengan status HIV pasien.
c. Pemeliharaan Etika: Selama proses pelaksanaan, memastikan bahwa hak-hak peserta penelitian dilindungi, dengan menjaga kerahasiaan data pribadi dan medis pasien sesuai dengan standar etika penelitian yang berlaku.

E. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri alat untuk deteksi DNA *Treponema pallidum*. Untuk mendeteksi *Treponema pallidum* pada pasien Positif HIV adalah PCR (Polymerase Chain Reaction), yang digunakan untuk amplifikasi DNA bakteri dari sampel klinis pasien. Instrumen lain yang digunakan meliputi peralatan laboratorium standar untuk pengolahan sampel dan pengukuran kualitas hasil PCR seperti *Polymerase Chain Reaction* (PCR), Thermal Cycler (T.-Y. Wu et al., 2025a), *Micropipette, Mikrotiter Plate, Vortek mixer, mikrocentrifuge, Spektrofotometer* (Rosana *et al*., 2022), alay elektroforesis gel, mikrotube, *Biosafety Cabinet* (Laminar Air Flow) (Satyaputra *et al*., 2021). Bahan yang digunakan DNA sampel positif HIV, Proteinase K, GSB Buffer, Etanol absolut, wash, *Kit Cassette SR Treponema*

Pallidum, Kit ekstraksi dan pemurnian DNA, Taq PCR Pre-Mix, *SensiFast SYBR NO-ROX*, Tempelate DNA, Primer (Laela Alydrus *et al*., 2023).

Primer	Sequence
Primer PCR 1F	5'- CGA ATG GTG TAA CGA CTC TG -3'
Primer PCR 1R	5'- TTC ACT GTT GAC TCC GCC TA -3'

F. Prosedur Kerja

1. Prosedur Pemeriksaan PCR

   a. Tahap Pra-Analitik

      Tahap ini melibatkan semua langkah persiapan yang dilakukan sebelum proses PCR dimulai. Sampel darah dikumpulkan dari pasien positif HIV. Selanjutnya dilakukan proses ekstraksi Proses ekstraksi DNA diawali dengan pengambilan sebanyak 200 µL sampel darah yang kemudian dimasukkan ke dalam tabung mikro. Selanjutnya, ditambahkan 20 µL Proteinase K ke dalam tabung, lalu campuran tersebut dihomogenkan dengan cara divortex.

      Tahap berikutnya adalah cell lysis, yaitu dengan menambahkan 200 µL GSB Buffer ke dalam campuran, kemudian divortex dan diinkubasi pada suhu 60 °C selama 20 menit. Setelah sel mengalami lisis, dilanjutkan dengan tahap DNA binding. Pada tahap ini, ditambahkan 200 µL etanol absolut, lalu campuran divortex selama 10 detik. Selanjutnya, campuran dipindahkan ke dalam GS Column yang telah ditempatkan pada collection tube, kemudian disentrifugasi pada

kecepatan 14.000–16.000 rpm selama 1 menit. Supernatan yang tertampung pada collection tube dibuang.

Tahap selanjutnya adalah wash atau pencucian. Sebanyak 400 µL W1 Buffer ditambahkan ke dalam GS Column, lalu disentrifugasi pada kecepatan 14.000–16.000 rpm selama 30 detik. Cairan yang tertampung kembali dibuang. Setelah itu, ditambahkan 600 µL Wash Buffer ke dalam kolom, kemudian disentrifugasi pada kecepatan yang sama selama 30 detik. Collection tube diganti dengan tabung baru, kemudian dilakukan sentrifugasi ulang pada kecepatan 14.000–16.000 rpm selama 3 menit untuk memastikan tidak ada sisa buffer yang tertinggal.

Tahap terakhir adalah elution. GS Column dipindahkan ke tabung ependorf steril, lalu ditambahkan 100 µL Elution Buffer yang telah dipanaskan sebelumnya. Campuran kemudian disentrifugasi pada kecepatan 14.000–16.000 rpm selama 30 detik. Setelah itu, GS Column dibuang, dan cairan yang tertinggal di tabung ependorf merupakan DNA hasil ekstraksi yang siap digunakan untuk proses PCR..

Proses PCR untuk deteksi *Treponema pallidum* dilakukan dengan menyiapkan campuran reaksi (mix PCR) dengan total volume 25 µL. Komposisi campuran terdiri atas 12,5 µL HS Taq Bioline Master Mix, 0,5 µL primer forward (Primer PCR 1F), 0,5 µL primer reverse (Primer PCR 1R), 6,5 µL nuclease free water, serta 5,0 µL DNA sampel.

Primer yang digunakan dalam amplifikasi spesifik *T. pallidum* memiliki sekuens sebagai berikut: primer forward (PCR 1F) dengan urutan 5'-CGA ATG GTG TAA CGA CTC TG-3', dan primer reverse (PCR 1R) dengan urutan 5'-TTC ACT GTT GAC TCC GCC TA-3'. Kedua primer ini dirancang untuk mengenali sekuens target pada genom *T. pallidum*, sehingga memungkinkan amplifikasi DNA secara spesifik melalui proses PCR.

b. Tahap Analitik

Tahap running PCR ini adalah proses inti dari PCR, di mana amplifikasi DNA dilakukan melalui beberapa siklus yang terdiri dari (Madadelahi *et al*., 2024). Tahap awal dimulai dengan pre-denaturasi pada suhu 95 °C selama 15 menit sebanyak satu siklus untuk memastikan DNA template terdenaturasi sempurna.

Selanjutnya dilakukan siklus utama (*cycle* 2) sebanyak 25 kali, yang terdiri atas tiga tahap yaitu denaturasi pada suhu 95 °C selama 30 detik untuk memisahkan untai ganda DNA, (2) annealing pada suhu 58 °C selama 30 detik untuk memungkinkan primer menempel pada sekuens target, dan (3) extension pada suhu 72 °C selama 30 detik untuk memperpanjang rantai DNA baru oleh enzim polimerase.

Setelah 25 siklus utama, dilakukan final extension pada suhu 72 °C selama 10 menit sebanyak satu kali untuk memastikan bahwa seluruh produk DNA telah tersintesis dengan sempurna. Tahap terakhir

adalah hold pada suhu 12 °C untuk menyimpan hasil amplifikasi sebelum dilakukan analisis lebih lanjut, seperti elektroforesis.

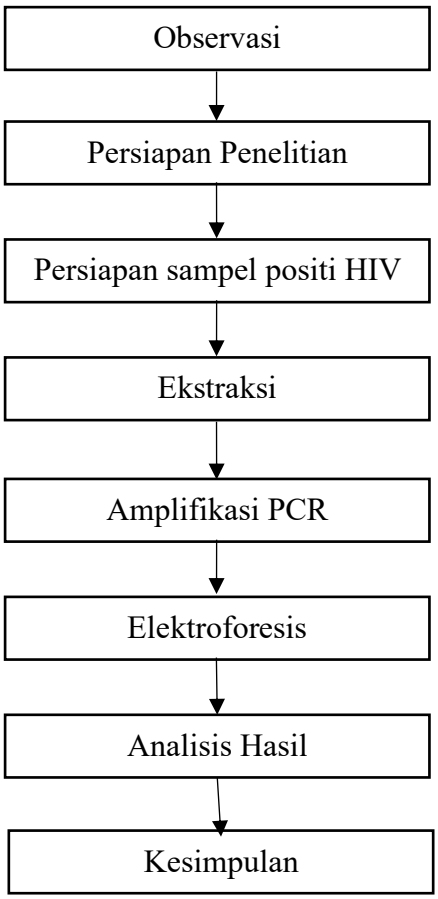
c. Tahap Pasca-Analitik

Setelah proses amplifikasi selesai, analisis hasil PCR dilakukan untuk memastikan bahwa amplifikasi DNA telah berhasil. Elektroforesis Gel Agarosa yang diawali dengan pembuatan gel agarosa. Sebanyak 1 gram agarosa ditimbang kemudian dilarutkan dalam 50 mL TBE buffer 0,5x. Larutan campuran tersebut kemudian dipanaskan hingga agarosa benar-benar larut sempurna. Setelah larutan agak mendingin, ditambahkan 3 µL ethidium bromida (EtBr) sebagai zat interkalasi untuk memfasilitasi visualisasi DNA di bawah sinar UV. Selanjutnya, running elektroforesis dilakukan dengan cara memasukkan gel agarosa yang telah memadat ke dalam alat elektroforesis, kemudian gel direndam menggunakan larutan TBE 0,5x hingga seluruh permukaan gel terendam sempurna. Selanjutnya, sebanyak 10 µL produk amplifikasi (amplicon) hasil PCR dimasukkan ke dalam sumur (well) gel, dan sebagai pembanding digunakan 3 µL DNA marker berukuran 50 bp yang juga dimasukkan ke dalam sumur gel.

Proses elektroforesis dijalankan dengan menyalakan mesin pada arus 100 A selama 80 menit sehingga fragmen DNA dapat bermigrasi sesuai ukuran fragmennya. Setelah elektroforesis selesai, gel dipindahkan ke dalam alat Gel Documentation System untuk

mengamati pita DNA yang terbentuk di bawah pencahayaan UV, sehingga dapat diketahui keberhasilan amplifikasi DNA target. Jika hasil PCR positif, fragmen DNA yang sesuai akan muncul di lokasi yang diharapkan. Interpretasi hasil PCR dinyatakan positif jika di temuka pita DNA sampel dengan panjang 187 bp. Sebaliknya hasil dinyatakan negatif jika tidak terdeteksi pita DNA yang muncul dan yang terdeteksi namun tidak pada posisi 187 bp (Wang, Guan, et al., 2022).

G. Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

H. Etika Penelitian

Penelitian ini akan mengikuti pedoman etika penelitian yang berlaku. Etika penelitian yang diikuti meliputi:

1. Persetujuan Informasi *(Informed Consent)*: Semua pasien yang berpartisipasi dalam penelitian ini akan diberikan informasi yang jelas dan lengkap mengenai tujuan penelitian, prosedur yang akan dilakukan, potensi risiko, dan manfaat penelitian. Pasien akan diminta untuk menandatangani formulir persetujuan setelah memahami informasi tersebut.
2. Kerahasiaan Data: Semua data pribadi dan medis pasien akan dijaga kerahasiaannya sesuai dengan standar privasi yang berlaku. Data yang diperoleh akan digunakan hanya untuk tujuan penelitian dan tidak akan dibagikan tanpa izin.
3. Persetujuan Etik: Penelitian ini akan mendapat persetujuan dari Komite Etik Penelitian Kesehatan HUM-RC sebelum dimulai, untuk memastikan bahwa penelitian dilakukan sesuai dengan standar etika penelitian yang berlaku.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. HASIL PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan sampel darah di Kabupaten Luwu Timur sebanyak 10 sampel. Hasil Karakteristik Responden Penelitian pasien positif HIV dari kabupaten luwu timur yang telah memenuhi kriteria inklusi di uraikan sebagain berikut :

Tabel 4.1 Karakteristik Responden Berdasarkan Jenis Kelamin

Karakteristik	Kategori	Jumlah	Persentase
Jenis Kelamin	Laki-laki	9	90%
	Perempuan	1	10 %
Total		`10	`100%

Berdasarkan tabel 4.1 tentang karasteristik jenis kelamin dan kelompok usia menunjukkan penelitian ini melibatkan 10 pasien positif HIV yang menjadi sampel dalam pengambilan data laboratorium. Berdasarkan jenis kelamin, mayoritas responden adalah laki-laki, yaitu sebanyak 9 orang (90%), sedangkan 1 orang (10%) berjenis kelamin perempuan . Distribusi ini mencerminkan kecenderungan epidemiologis di mana infeksi HIV lebih banyak terjadi pada laki-laki, khususnya pada populasi dengan perilaku seksual berisiko.

Tabel 4.2 Karakteristik Responden Berdasarkan Kelompok Usia

Karakteristik	Kategori	Jumlah	Persentase
Kelompok Usia	20-29 tahun	3	30%
	30-39 tahun	5	50%
	40-49 tahun	2	20%
Total		10	100 %

Berdasarkan tabel 4.2 karakteristik dari segi kelompok usia, sebagian besar responden berada pada usia 30–39 tahun, yaitu sebanyak 5 orang (50%). Kelompok usia 20–29 tahun diwakili oleh 3 orang (30%), sementara 2 orang (20%) berasal dari kelompok usia 40–49 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa kelompok usia produktif merupakan populasi yang paling rentan terpapar HIV, yang sejalan dengan laporan epidemi HIV nasional dan global.

Tabel 4.3 Karakteristik Responden Berdasarkan Lama Pengobatan

Karakteristik	Kategori	Jumlah	Persentase
Lama Pengobatan	≤ 12 bulan	6	60%
ARV	13-36 bulan	3	30%
	> 36 bulan	1	10%
Total		10	100%

Berdasarkan tabel 4.3 karakteristik lama pengobatan ARV di atas menunjukkan penelitian ini sebagian besar responden 6 orang atau 60%

menjalani terapi selama ≤12 bulan, kemudian 3 orang atau 30% telah menjalani pengobatan antara 13–36 bulan, dan hanya 1 orang 10% yang telah menjalani pengobatan selama lebih dari 36 bulan. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar responden masih berada dalam fase awal hingga menengah terapi ARV, yang berpotensi memengaruhi status imunologis dan risiko koinfeksi oportunistik.

Tabel 4.4 Karakteristik Responden Berdasarkan Komsumsi Antibiotik

Karakteristik	Kategori	Jumlah	Persentase
Konsumsi Antibiotik	Konsumsi	9	90%
	Tidak konsumsi	1	10%
Total		10	100%

Berdasarkan Tabel 4.4 karakteristik dalam hal konsumsi antibiotik, 9 dari 10 responden (90%) tercatat mengonsumsi antibiotik cotrimoxazole (cotri) sebagai profilaksis infeksi oportunistik yang umum diberikan pada pasien HIV. Hanya 1 responden (10%) yang tercatat tidak mengonsumsi antibiotik. Konsumsi cotrimoxazole ini penting untuk mempertahankan kekebalan tubuh dan dapat memengaruhi dinamika infeksi sekunder seperti sifilis.

Tabel 4.5 Karakteristik Responden Berdasarkan Penyakit Penyertanya

Karakteristik	Kategori	Jumlah	Persentase
Penyakit penyerta	Tidak ada	8	80%
	Brongitis	1	10%
	TB	1	10%
Total		10	100%

Berdasarkan tabel 4.5 karakteristik terkait penyakit penyerta, sebagian besar responden (80%) tidak memiliki penyakit penyerta yang tercatat. Namun demikian, terdapat 1 orang (10%) yang memiliki riwayat bronkitis, dan 1 orang lainnya (10%) menderita tuberkulosis (TB). Keberadaan penyakit penyerta ini penting untuk dicermati karena dapat memperburuk kondisi imun pasien dan menjadi faktor penentu hasil deteksi molekuler terhadap infeksi koinfeksi seperti *Treponema pallidum*.

Pada penelitian ini jenis sampel yang digunakan adalah sampel darah vena yang diperoleh dari masing-masing pasien HIV positif diambil dari Kabupaten Luwu Timur yang memenuhi kriteria inklusi. Dikirim ke HUMRC. Penggunaan darah sebagai bahan pemeriksaan didasarkan pada pertimbangan bahwa pada infeksi *Treponema pallidum*, terutama dalam fase sekunder, patogen ini dapat ditemukan dalam sirkulasi sistemik sehingga memungkinkan deteksi DNA melalui metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR). Sampel darah juga dianggap lebih aman dan praktis untuk

dikumpulkan dibandingkan dengan sampel lesi atau cairan tubuh lainnya, mengingat keterbatasan fasilitas dan kenyamanan pasien dalam pengambilan spesimen.

Prosedur pengumpulan sampel dilakukan oleh tenaga laboratorium yang kompeten menggunakan teknik venipunktur. Setiap pasien diambil darahnya sebanyak 3 mL ke dalam tabung vakutainer yang mengandung EDTA untuk mencegah koagulasi. Selanjutnya, setiap sampel diberi kode etik numerik untuk menjaga kerahasiaan identitas pasien sesuai prinsip etik penelitian biomedis.

Setelah pengumpulan, sampel darah disimpan dalam lemari pendingin dibekukan pada suhu –20°C untuk menjaga stabilitas DNA sebelum proses ekstraksi dilakukan. Seluruh proses pengumpulan dan penyimpanan dilakukan dengan mengacu pada standar operasional prosedur (SOP) laboratorium molekuler yang berlaku.

Dalam konteks pemeriksaan molekuler, kualitas dan kondisi penyimpanan sampel sangat menentukan keberhasilan deteksi DNA target. Oleh karena itu, validitas hasil PCR dalam penelitian ini sangat dipengaruhi oleh ketepatan prosedur pre-analitik, termasuk metode pengambilan, penyimpanan, dan transportasi sampel dari Luwu Timur ke Hum-RC selama pengiriman tidak terdapat kejadian hemolisis, kontaminasi, maupun volume darah yang tidak mencukupi dalam sampel yang dikumpulkan, sehingga seluruh sampel layak untuk dianalisis lebih lanjut.

Dengan memperhatikan seluruh aspek teknis dan bioetik, pengelolaan sampel klinis dalam penelitian ini telah memenuhi standar ilmiah dan regulasi yang ditetapkan, serta mendukung reliabilitas hasil pemeriksaan PCR untuk deteksi *Treponema pallidum* pada pasien positif HIV

Pemeriksaan PCR terhadap DNA *Treponema pallidum* dilakukan dengan menggunakan metode konvensional yang terdiri atas proses ekstraksi, amplifikasi, dan elektroforesis. Proses amplifikasi DNA dilakukan menggunakan HS Taq Bioline Master Mix dengan total volume reaksi 25 µL, serta pasangan primer spesifik: Primer PCR 1F (5'-CGA ATG GTG TAA CGA CTC TG-3') dan Primer PCR 1R (5'-TTC ACT GTT GAC TCC GCC TA-3').

Tahapan amplifikasi mencakup pre-denaturasi pada suhu 95°C selama 15 menit, diikuti oleh 25 siklus denaturasi (95°C, 30 detik), annealing (58°C, 30 detik), dan ekstensi (72°C, 30 detik), serta ekstensi akhir pada suhu 72°C selama 10 menit.

Produk PCR kemudian dianalisis menggunakan elektroforesis gel agarosa 2% dalam larutan TBE 0,5× yang telah diberi ethidium bromide untuk visualisasi pita DNA. Setelah pemisahan selama 80 menit pada 100 A, gel diamati menggunakan alat Gel Documentation System.

Hasil elektroforesis kontrol positif menunjukkan pita DNA yang jelas pada posisi 187 bp, menandakan bahwa sistem reaksi PCR bekerja

dengan baik dan mampu mendeteksi keberadaan DNA *Treponema pallidum* jika tersedia dalam sampel.

Tabel 4.6 Hasil Pemeriksaan *Treponema pallidum* menggunakan PCR

Kode Sampel	Identitas Responden	Hasil
001	R	(-)
002	Y	(-)
003	G	(-)
004	I	(-)
005	H	(-)
006	S	(-)
007	C	(-)
008	A	(-)
009	M	(-)
010	E	(-)
Positif (+)		(-)
Negatif (-)		(-)
Total	10	

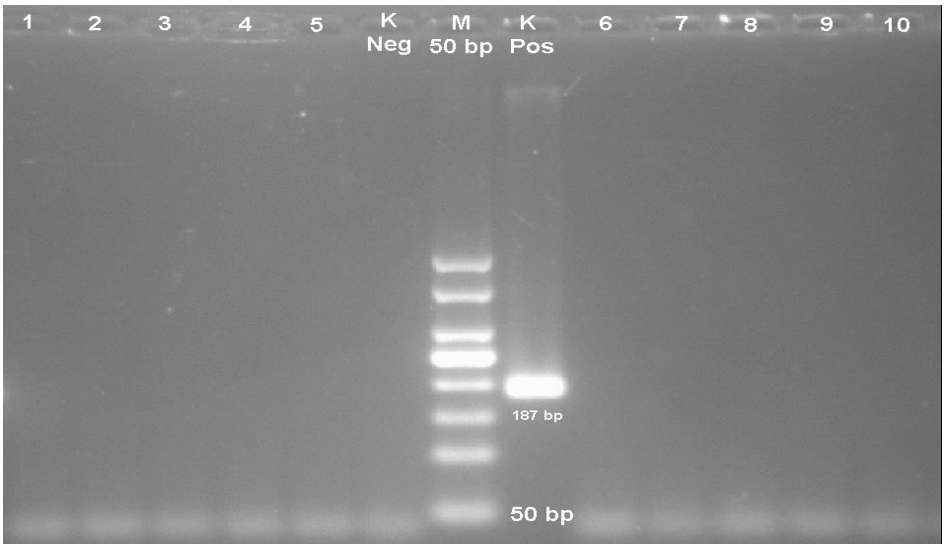
Keterangan :

(-) = Tidak terdeteksi *Treponema pallidum*

(+) = Terdeteksi *Treponema pallidum*

Berdasarkan Tabel 4.6 tentang hasil Pemeriksaan *Treponema pallidum* menggunakan PCR dimana semua sampel uji (10 pasien HIV positif) tidak menunjukkan adanya pita DNA pada posisi target 187 bp maupun pada posisi lain, yang berarti tidak terdapat amplifikasi DNA spesifik *Treponema pallidum*. Dengan demikian, seluruh sampel dinyatakan negatif terhadap infeksi *Treponema pallidum* berdasarkan metode PCR yang digunakan.

Hasil ini memperkuat bahwa tidak ditemukan keberadaan DNA bakteri pada sampel darah pasien HIV positif dalam penelitian ini, yang mungkin disebabkan oleh tidak adanya infeksi aktif, keberhasilan terapi sebelumnya, atau kadar DNA target yang terlalu rendah untuk dideteksi. Sebagaimana yang di tampilkan pada gambar visual hasil pemeriksaan pada Gel Doc



Gambar 4.1. Gambar Hasil Elektroforesis DNA *Treponema pallidum*

Keterangan gambar:

M = DNA Marker panjang 50 bp

P = Kontrol Positif (187 bp)

Sampel = Sampel 1-10 pasien HIV (tanpa pita, negatif)

Berdasarkan hasil penelitian sebanyak 10 sampel tidak terdeteksi *Treponema pallidum* ditandai dengan tidak terlihatnya pita pada target 187 bp

B. PEMBAHASAN PENELITIAN

Pembahasan hasil penelitian ini dilakukan berdasarkan data yang telah disajikan pada Tabel karakteristik pasien positif HIV. Penelitian ini melibatkan 10 pasien positif HIV dengan pengambilan sampel yang dilakukan di Kabupaten Luwu Timur. Kemudian, sampel darah pasien yang telah terkonfirmasi positif HIV tersebut dikirim ke HUM-RC (*Hasanuddin University Medical Research Center*).

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi *Treponema pallidum* pada sampel HIV positif di Kabupaten Luwu Timur menggunakan metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR). Proses pemeriksaan dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu pengumpulan sampel darah, ekstraksi DNA untuk memperoleh materi genetik target, amplifikasi DNA menggunakan PCR, pemisahan produk amplifikasi melalui teknik elektroforesis gel, dan visualisasi hasil dengan perangkat *Gel Documentation System* (Gel Doc) untuk memastikan adanya fragmen DNA pada *Treponema pallidum* sampel yang diuji.

Pada tahapan awal dilakukan proses pemberian *informed consent* kepada masing-masing responden. Pemberian *informed consent* ini dilakukan secara langsung oleh peneliti di lokasi pengambilan sampel, yakni di fasilitas layanan kesehatan yang berada di Kabupaten Luwu Timur. Sebelum dilakukan pengambilan sampel darah untuk pemeriksaan lanjutan, peneliti kemudian menjelaskan secara rinci kepada responden mengenai maksud dan tujuan penelitian, prosedur yang akan dilakukan, potensi manfaat dan risiko yang mungkin timbul, serta menjamin kerahasiaan identitas dan data pribadi responden. Proses ini memastikan bahwa partisipasi dalam penelitian bersifat sukarela tanpa adanya paksaan dari pihak manapun. Setelah responden memahami dan menyetujui seluruh prosedur yang akan dijalani, mereka diminta untuk menandatangani formulir *informed consent* sebagai bentuk persetujuan tertulis. Setelah proses ini selesai, sampel darah terkomfirmasi positif HIV yang telah diperoleh dari masing-masing responden dikemas dan disimpan dalam ice box untuk dikirim ke HUM-RC.

Tahap kedua pada penelitian ini adalah proses amplifikasi DNA yang dilakukan dengan metode *Polymerase Chain Reaction* (PCR). Teknik ini digunakan untuk memperbanyak segmen DNA spesifik menggunakan enzim DNA polimerase, yang bekerja dengan cara menempelkan primer pada urutan target. Amplifikasi fragmen DNA target spesifik dari *Treponema pallidum*. Campuran reaksi PCR terdiri dari 12,5 µl HS Taq Bioline Master Mix, 0,5 µl primer forward (Primer PCR 1F), 0,5 µl primer

reverse (Primer PCR 1R), 6,5 µl nuclease-free water, dan 5,0 µl DNA sampel, sehingga total volume campuran PCR adalah 25 µl. Primer yang digunakan memiliki urutan spesifik, yaitu Primer 1F: 5'-CGA ATG GTG TAA CGA CTC TG-3' dan Primer 1R: 5'-TTC ACT GTT GAC TCC GCC TA-3'. PCR memiliki berbagai keunggulan, antara lain hasil yang akurat, proses yang relatif cepat, serta tingkat sensitivitas dan spesifisitas yang tinggi, sehingga mampu menggandakan DNA secara efektif meskipun jumlah awalnya sangat sedikit. Namun, kelemahan yang cukup menonjol dari metode ini adalah biaya pemeriksaan yang relatif tinggi dibandingkan metode konvensional. Proses PCR dijalankan menggunakan alat *thermocycler*, yaitu perangkat yang dapat secara otomatis mengatur siklus suhu untuk memanaskan dan mendinginkan tabung reaksi sesuai tahapan kerja. Tahapan tersebut meliputi tiga proses utama, yaitu denaturasi untuk memisahkan untai ganda DNA, annealing untuk penempelan primer, dan ekstensi untuk pembentukan untai DNA baru.

Proses siklus awal pre-denaturasi pada suhu 95 °C selama 15 menit, diikuti 25 siklus amplifikasi dengan masing-masing siklus terdiri dari denaturasi pada 95 °C selama 30 detik, denaturasi DNA merupakan tahap awal dalam PCR, di mana heliks ganda DNA dipisahkan menjadi dua untaian tunggal melalui pemanasan. Tahap berikutnya, annealing, adalah proses di mana primer menempel pada urutan spesifik pada template DNA, aneling pada 58 °C selama 30 detik, dan ekstensi pada 72 °C selama 30 detik. Selanjutnya, pada tahap ekstensi (*extension*) pada 72 °C selama 10

menit dan kemudian mesin diatur ke suhu 12 °C untuk penyimpanan hasil. Enzim DNA polimerase memperpanjang untaian DNA baru dimulai dari primer yang telah menempel, dengan sintesis mengikuti arah 5' ke 3' sesuai pasangan basa nukleotida. Seluruh tahapan PCR ini memerlukan waktu sekitar 3 jam hingga semua siklus selesai dan DNA target berhasil diamplifikasi. Amplifikasi ini memungkinkan deteksi adanya sekuens DNA spesifik yang menunjukkan keberadaan *Treponema pallidum* dalam sampel pasien.

Tahap akhir dari prosedur PCR adalah visualisasi hasil amplifikasi menggunakan teknik elektroforesis gel agarosa. Dilakukan untuk mengidentifikasi ada tidaknya fragmen DNA target *Treponema pallidum* dalam sampel yang telah diperiksa. Prinsip dasar dari elektroforesis gel agarosa yaitu pemisahan fragmen DNA berdasarkan ukuran (jumlah pasangan basa/ base pair) melalui medan listrik. DNA yang bermuatan negatif karena gugus fosfatnya akan bergerak dari elektroda negatif (katoda) menuju elektroda positif (anoda) saat dialiri arus listrik. Fragmen DNA yang lebih kecil akan bergerak lebih cepat dan lebih jauh melewati pori-pori gel agarosa, sedangkan fragmen yang lebih besar bergerak lebih lambat, sehingga menghasilkan pola pemisahan berdasarkan ukuran molekul. Produk PCR dijalankan pada gel agarosa yang telah diberi pewarna interkalasi seperti ethidium bromide atau safe dye, kemudian diamati di bawah sinar UV. Hasil yang menunjukkan adanya pita DNA pada posisi panjang 187 bp menandakan bahwa sampel tersebut positif mengandung

DNA *Treponema pallidum*. Sebaliknya, jika tidak terlihat pita pada posisi tersebut, maka hasil dianggap negatif. Proses ini memberikan bukti molekuler yang kuat mengenai ada tidaknya infeksi *Treponema pallidum* pada pasien HIV yang diperiksa.

Berdasarkan Hasil kuisioner yang di dapat di Luwu Timur diperoleh mayoritas responden adalah laki-laki yaitu sebanyak 9 orang (90%), dan hanya satu orang (10%) merupakan perempuan. Distribusi ini mencerminkan profil epidemiologi HIV di Indonesia yang menunjukkan bahwa infeksi HIV lebih banyak terjadi pada laki-laki, khususnya dari kelompok berisiko tinggi seperti laki-laki yang berhubungan seks dengan laki-laki (LSL/MSM), sebagaimana dilaporkan oleh WHO (WHO, 2023).

Berdasarkan Tabel 4.1 Jenis Kelamin hal ini sejalan dengan penelitian Su *et al*. (2025) yang menunjukkan bahwa prevalensi koinfeksi HIV dan sifilis lebih tinggi ditemukan pada laki-laki, terutama dari kelompok MSM dan transgender. Studi tersebut mencatat bahwa laki-laki memiliki kerentanan yang lebih besar terhadap infeksi menular seksual karena perilaku seksual berisiko dan tingkat keterpaparan yang lebih tinggi. Selain itu, penelitian oleh Nuraeni Nuraeni *et al*. (2025) yang dilakukan di layanan kesehatan primer di Indonesia juga mengungkap bahwa sebagian besar pasien HIV yang mengalami koinfeksi sifilis adalah laki-laki usia produktif. Konsistensi hasil ini memperkuat temuan bahwa laki-laki, terutama dari kelompok risiko tinggi, merupakan kelompok yang sangat

penting untuk difokuskan dalam upaya pencegahan, deteksi dini, dan penatalaksanaan koinfeksi HIV-sifilis.

Berdasarkan Tabel 4.2 Kelompok usia dominan adalah 30–39 tahun (50%), diikuti oleh kelompok usia 20–29 tahun (30%) dan 40–49 tahun (20%). Distribusi ini menunjukkan bahwa infeksi HIV paling banyak terjadi pada kelompok usia produktif, yaitu 20–49 tahun, yang merupakan rentang usia dengan aktivitas seksual tinggi dan produktivitas sosial yang intens. Hal ini sejalan dengan laporan UNAIDS, (2024) yang menyebutkan bahwa lebih dari 60% kasus HIV global terjadi pada kelompok usia produktif. Penelitian oleh Erawati *et al*. (2023) di Indonesia juga memperlihatkan tren serupa, di mana kelompok usia 25–39 tahun menjadi populasi yang paling terdampak HIV, terutama di wilayah perkotaan dan kelompok dengan akses informasi kesehatan yang terbatas.

Dari aspek terapi, Berdasarkan Tebel 4.3 sebanyak 60% responden dalam penelitian ini menjalani pengobatan ARV selama ≤12 bulan. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar pasien masih berada dalam fase awal terapi antiretroviral. Meskipun dalam penelitian ini tidak ditemukan infeksi aktif *Treponema pallidum* secara molekuler. Berdasarkan hasil kajian dalam jurnal Chan *et al*. (2022)penelitian ini menunjukkan bahwa pada orang dengan HIV yang sedang menjalani terapi antiretroviral (ART) supresif, kejadian infeksi sifilis tidak memengaruhi efektivitas penekanan HIV-1 dalam plasma. Meskipun ditemukan adanya penurunan sementara jumlah sel T CD4+, CD8+, dan limfosit total selama fase sifilis, kondisi ini kembali

normal setelah pengobatan sifilis berhasil diberikan. Tingkat supresi virus HIV-1 dalam plasma tetap stabil pada seluruh periode pengamatan, yakni 97% sebelum sifilis, 98% selama sifilis, dan 99% setelah pengobatan, dengan perbedaan yang tidak signifikan secara statistik. Dengan demikian, dapat dinyatakan bahwa pemberian ART tidak dipengaruhi oleh adanya infeksi sifilis, karena ART tetap mampu menjaga supresi HIV-1 yang stabil meskipun pasien mengalami koinfeksi sifilis.

Berdasarkan Tabel 4.4 Sebagian besar responden (90%) dalam penelitian ini tercatat mengonsumsi antibiotik cotrimoxazole sebagai profilaksis terhadap infeksi oportunistik, sementara hanya satu orang (10%) yang tidak mengonsumsinya. Cotrimoxazole merupakan antibiotik kombinasi (trimethoprim-sulfamethoxazole) yang secara luas direkomendasikan dalam pedoman pengobatan HIV sebagai profilaksis terhadap infeksi oportunistik seperti *Pneumocystis jirovecii*, *Toxoplasma gondii*, dan beberapa bakteri gram negatif. Penggunaan cotrimoxazole juga dilaporkan dapat memberikan efek protektif tidak langsung terhadap infeksi menular seksual lainnya, meskipun tidak ditujukan secara spesifik untuk mengobati sifilis. Pasien HIV yang rutin mengonsumsi cotrimoxazole memiliki angka kejadian infeksi sekunder yang lebih rendah, termasuk penurunan angka koinfeksi sifilis secara serologis. Efek ini diperkirakan berkaitan dengan penurunan kolonisasi dan replikasi beberapa patogen sekunder di dalam tubuh, termasuk bakteri gram negatif dan beberapa spiroket seperti *Treponema pallidum*. Oleh karena itu, tingginya angka

penggunaan cotrimoxazole di antara responden kemungkinan turut berkontribusi terhadap hasil negatif pada pemeriksaan PCR.

Berdasarkan Tabel 4.5 Terkait penyakit penyerta, mayoritas responden (80%) tidak memiliki komorbiditas, sedangkan dua orang lainnya memiliki riwayat bronkitis (10%) dan tuberkulosis (10%). Penyakit penyerta seperti TB dan bronkitis seringkali menjadi indikator penting dalam mengevaluasi status imunologis pasien HIV. Pasien HIV dengan penyakit penyerta menunjukkan respons imun yang lebih lemah dan risiko lebih tinggi terhadap koinfeksi, termasuk sifilis. Namun, dalam penelitian ini tidak ditemukan adanya infeksi aktif *Treponema pallidum* baik pada pasien dengan penyakit penyerta maupun tanpa penyakit penyerta (Utamy & Andriani, 2024).

Hal ini dapat mengindikasikan bahwa meskipun terdapat penyakit penyerta pada sebagian kecil pasien, faktor-faktor lain seperti penggunaan ARV, profilaksis antibiotik, serta tidak adanya manifestasi klinis sifilis pada saat pengambilan sampel, turut memengaruhi hasil deteksi molekuler. Dengan demikian, temuan ini menekankan bahwa diagnosis sifilis pada pasien HIV tidak cukup hanya berdasarkan keberadaan penyakit penyerta, tetapi perlu pendekatan multidimensional yang mencakup evaluasi klinis, serologis, dan molekuler secara terpadu.

Berdasarkan tabel 4.6 menunjukkan hasil Pemeriksaan *Treponema pallidum* menggunakan PCR dari sampel uji 10 pasien HIV positif dinyatakan negatif terhadap infeksi *Treponema pallidum* berdasarkan

metode PCR yang digunakan. Hasil elektroforesis yang ditampilkan pada visual gambar 4.6 memberikan bukti visual atas hasil PCR yang dilakukan. Menampilkan hasil elektroforesis DNA *Treponema pallidum* yang diperoleh dari amplifikasi produk PCR terhadap 10 sampel darah pasien positif HIV. Visualisasi ini merupakan tahap akhir dari prosedur deteksi molekuler menggunakan teknik Polymerase Chain Reaction (PCR), yang bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan fragmen DNA target dari *T. pallidum* berdasarkan ukuran fragmennya. Pada gambar elektroforesis tersebut, jalur tengah bertanda "M" merupakan DNA marker dengan ukuran 50 bp, yang berfungsi sebagai penanda molekul pembanding. Marker ini menunjukkan pita-pita DNA dengan ukuran berjenjang, dan digunakan untuk memperkirakan ukuran fragmen DNA hasil amplifikasi pada sampel lainnya. Pita target yang diharapkan untuk deteksi *T. pallidum* berada pada posisi sekitar 187 pasangan basa (bp).

Jalur bertanda "P" menunjukkan kontrol positif, yaitu sampel yang telah diketahui mengandung DNA *Treponema pallidum*. Pada jalur ini tampak pita DNA yang jelas pada posisi sekitar 187 bp, yang menunjukkan bahwa proses PCR dan elektroforesis berhasil berjalan dengan baik, dan bahwa primer yang digunakan spesifik terhadap target DNA. Keberhasilan kontrol positif penting untuk memastikan bahwa semua reagen berfungsi dan tidak terjadi kegagalan pada proses amplifikasi.

Adapun jalur-jalur sampel 1 hingga 10 yang merepresentasikan masing-masing pasien HIV positif menunjukkan hasil negatif, karena tidak

tampak adanya pita DNA pada posisi target yaitu 187 bp. Ketiadaan pita ini mengindikasikan bahwa tidak terdapat DNA *Treponema pallidum* dalam sampel darah pasien yang diperiksa, atau bahwa konsentrasi DNA berada di bawah batas deteksi metode PCR yang digunakan. Tidak adanya pita-pita lain di luar posisi target juga menunjukkan bahwa amplifikasi PCR berjalan secara spesifik dan bebas dari kontaminasi silang atau amplifikasi non-spesifik.

Berdasarkan hasil ini, dapat disimpulkan bahwa seluruh sampel pasien HIV yang diperiksa dalam penelitian ini tidak menunjukkan keberadaan *Treponema pallidum* secara molekuler berdasarkan teknik PCR. Hal ini memperkuat interpretasi bahwa tidak terdapat koinfeksi sifilis aktif pada saat pengambilan sampel. Dengan demikian, visualisasi hasil elektroforesis ini menjadi dasar utama dalam validasi data molekuler pada penelitian, sekaligus menunjukkan keberhasilan metode deteksi yang digunakan, baik dari sisi spesifisitas primer, kualitas DNA hasil ekstraksi, hingga kestabilan reagen PCR.

Hasil ini mengindikasikan bahwa pada saat pengambilan sampel, tidak ditemukan infeksi aktif sifilis secara molekuler pada kelompok pasien HIV yang diteliti. Temuan ini sejalan dengan beberapa penelitian yang menyatakan bahwa koinfeksi HIV dan sifilis tidak selalu dapat dideteksi secara molekuler, khususnya apabila pasien telah mendapat terapi sebelumnya atau bila infeksi berada dalam fase laten di mana konsentrasi bakteri dalam sirkulasi sangat rendah (Wu *et al*., 2025) . Hal ini juga

menguatkan pentingnya mempertimbangkan faktor-faktor imunologis, klinis, dan teknis dalam interpretasi hasil PCR.

Seluruh hasil negatif dalam penelitian ini dapat disebabkan oleh beberapa kemungkinan: Hasil negatif dari pemeriksaan PCR terhadap *Treponema pallidum* pada seluruh sampel darah pasien HIV positif dalam penelitian ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor penting. Pertama dari segi biologis besar kemungkinan bahwa tidak terdapat infeksi aktif sifilis pada pasien yang diteliti, baik karena mereka memang belum pernah terinfeksi sebelumnya maupun karena infeksi telah sembuh secara klinis, sehingga tidak ada lagi DNA bakteri yang tersisa untuk dideteksi. Apabila infeksi berada dalam fase laten atau tidak aktif, maka jumlah bakteri dalam tubuh sangat rendah dan mungkin berada di bawah ambang batas sensitivitas metode PCR, sehingga tidak terdeteksi.

Pengaruh terapi antiretroviral (ARV) yang sedang dijalani oleh seluruh responden Studi klinis menunjukkan bahwa pasien HIV yang patuh ARV sering memiliki prevalensi neurosifilis lebih rendah dibanding yang tidak mendapat ARV, tetapi konsekuensinya dapat muncul *"silent infection"* dengan hasil PCR negatif palsu pada penelitian ini tidak ada kasus neurosifilis yang diamati pada pasien dengan titer serum VDRL < 1/32 dan viral load HIV < 200 (Arns *et al.,* 2025). Konsumsi antibiotik seperti cotrimoxazole, kemungkinan turut berkontribusi dalam menurunkan jumlah patogen oportunistik di dalam tubuh, termasuk *Treponema pallidum*, meskipun obat tersebut bukan merupakan terapi utama untuk sifilis hal ini

disebabkan beberapa kondisi dapat menurunkan keberhasilan deteksi. Beban bakteri yang rendah, misalnya pada pasien HIV yang telah mendapatkan terapi antibiotik sebelumnya atau pada kasus sifilis laten, dapat menyebabkan jumlah DNA terlalu sedikit untuk dideteksi oleh PCR, jumlah *T. pallidum* di darah/lesi bisa di bawah ambang deteksi PCR. Studi pengamatan melaporkan sensitivitas PCR jauh lebih baik pada lesi primer dibanding darah (T. Y. Wu et al., 2025). Keterbatasan jenis spesimen yang digunakan dalam penelitian ini juga berperan. Sampel darah vena mungkin bukan pilihan yang paling optimal untuk deteksi DNA *Treponema pallidum*, terutama bila tidak terjadi penyebaran sistemik atau hematogenik aktif. Sebaliknya, sampel dari ulkus genital atau cairan serebrospinal diketahui memiliki sensitivitas yang lebih tinggi dalam mendeteksi keberadaan *T. pallidum* (Guarino *et al.*, 2024)

Kedua, faktor lain yang menyebabkan hasil negatif pada pemeriksaan treponema pallidum pada pasien HIV positif juga dapat diliat dari aspek pra-analitik maupun analitik. Dari sisi pra-analitik, jenis sampel dan lokasi pengambilan sangat memengaruhi keberhasilan deteksi DNA *T. pallidum*. Penelitian menunjukkan bahwa bakteri lebih mudah dideteksi dari swab lesi primer atau sekunder dibandingkan dari darah perifer atau serum, sehingga pengambilan sampel dari lokasi yang kurang representatif berpotensi menghasilkan hasil negatif. Selain itu, waktu pengambilan sampel juga berperan penting. Pada fase laten atau periode inkubasi awal, jumlah DNA bakteri cenderung sangat rendah sehingga berada di bawah

ambang deteksi PCR. Kualitas penanganan sampel pun berpengaruh signifikan, di mana keterlambatan transportasi, penyimpanan pada suhu yang tidak sesuai, atau degradasi DNA akibat aktivitas enzim dapat mengurangi jumlah amplikon sehingga meningkatkan kemungkinan hasil negatif palsu (Milburn et al., 2024).

Sementara itu, faktor analitik yang berkaitan dengan teknik PCR juga berkontribusi terhadap hasil negatif palsu. Keberadaan inhibitor PCR dalam matriks klinis, seperti hemoglobin, heparin, atau komponen lain dalam darah, dapat mengganggu kerja enzim polimerase sehingga amplifikasi DNA. Selain itu, desain primer yang tidak optimal atau adanya mismatch dengan variasi genetik *T. pallidum* dapat menurunkan efisiensi penempelan primer pada DNA target, yang akhirnya berdampak pada kegagalan amplifikasi (Huang *et al*., 2024). Sensitivitas metode yang digunakan juga menjadi penentu. Target gen yang berbeda, seperti *polA*, *tp47*, atau 47-kDa, memiliki sensitivitas yang tidak sama, sehingga bila jumlah target DNA sangat rendah, PCR dengan limit deteksi yang tinggi berisiko menghasilkan hasil negatif. Terakhir, masalah teknis seperti tidak digunakannya kontrol internal pada proses ekstraksi dan amplifikasi menyulitkan peneliti untuk membedakan antara hasil negatif sejati dengan kegagalan akibat inhibitor atau kerusakan DNA saat ekstraksi (Li *et al*., 2023).

Dengan demikian, hasil PCR negatif pada deteksi *T. pallidum* pada pasien HIV positif tidak semata-mata menunjukkan ketiadaan infeksi,

melainkan dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor teknis maupun biologis. Oleh karena itu, interpretasi hasil PCR sebaiknya selalu dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi klinis pasien, riwayat terapi, serta kualitas proses laboratorium yang melibatkan tahap pra-analitik hingga analitik.

BAB V
SARAN DAN KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap 10 sampel darah pasien positif HIV di Kabupaten Luwu Timur yang kemudian dilakukan pemeriksaan deteksi *Treponema pallidum* menggunakan metode Polymerase Chain Reaction (PCR) di HUM-RC menunjukkan hasil negatif 10 sampel terhadap keberadaan DNA *Treponema pallidum* dengan posisi target 187 bp dalam elektroforesis PCR, yang menandakan tidak terdeteksinya infeksi sifilis aktif dalam darah pasien HIV positif yang diteliti.

B. Saran

Penelitian selanjutnya sebaiknya dilakukan dengan jumlah sampel yang lebih besar untuk memperoleh gambaran yang lebih representatif terkait prevalensi koinfeksi *Treponema pallidum* pada pasien HIV.

DAFTAR PUSTAKA

Arns, B., Vieceli, A., Gomes, E., Scherer, M. H., Hepp, R. B., Greinert, F., &

Rigatto, M. H. (2025). *Machine Translated by Google Jurnal Penyakit Menular Brasil Artikel Asli Faktor risiko neurosifilis pada pasien HIV : Sebuah studi kohort retrospektif*. *29*, 10–14.

Baydoun, Y., Stukov, Y., Purlee, M. S., Chagnon, B., Salo, S. V., Gavrylyshin, A. Y., Lazoryshynets, V., Levchyshyna, O., Sharaf, O. M., Peek, G. J., Bleiweis, M. S., & Jacobs, J. P. (2023). Syphilitic ostial coronary artery occlusion treated with percutaneous coronary intervention: Case reports and literature review. *American Heart Journal Plus: Cardiology Research and Practice*, *36*(October), 100337.

Centers for Disease Control and Prevention. (2023). *syphilis pocket guide for providers*.

Chan, P., Tang, T. H. C., Kwong, R. T. S., Ting, W. M., Yung, S. K., Lam, E. C. T., Chan, L., & Chan, H. S. Y. (2022). *Penelitian dan Terapi AIDS Dampak infeksi sifilis pada individu HIV-1-positif terhadap terapi antiretroviral supresif*. 1–5.

Chaudhry, S., Akinlusi, I., Shi, T., & Cervantes, J. (2023). Secondary Syphilis: Pathophysiology, Clinical Manifestations, and Diagnostic Testing. *Venereology*, *2*(2), 65–75.

Ciccarese, G., Facciorusso, A., Mastrolonardo, M., Herzum, A., Parodi, A., & Drago, F. (2024). Atypical Manifestations of Syphilis: A 10-Year Retrospective Study. *Journal of Clinical Medicine*, *13*(6), 1–17.

Cohen, M. K., Muntner, P., Kent, C. K., King, P. H., Gottardy, A. J., Leahy, M. A., Spriggs, S. R., Velarde, A., Yang, T., Starr, T. M., Yang, M., Jones, T. F., Boulton, M. L., Brooks, C., Caine, V. A., Fielding, J. E., Fleming, D. W., Halperin, W. E., Mullen, J., … Johnson, L. (2024). Centers for Disease Control and Prevention: Laboratory Recommendations for Syphilis Testing 2024. *Recommendations and Reports*, *73*(1), 3–35.

Delgado, K. N., Vicente, C. F., Hennelly, C. M., Aghakhanian, F., Parr, J. B., Claffey, K. P., & Justin, D. (2025). Pengembangan dan pemanfaatan protein fluoresensi hijau yang mengekspresikan Treponema pallidum untuk mempelajari interaksi spirochete-inang dan pembersihan yang dimediasi antibodi: memperluas perangkat untuk penelitian sifilis. 16.

Erawati, E. E., Kusumawardani, S., & Anggraini Puspita Sari, L. (2023). Prevalensi Kejadian Infeksi HIV Sebagai Screening Test Deteksi AIDS Dengan Metode Imunokromatografi Pada Komunitas Homoseksual. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*, *5*(1), 31–36.

Fan, L., Yu, A., Zhang, D., Wang, Z., & Ma, P. (2021). Consequences of HIV/syphilis co-infection on HIV viral load and immune response to antiretroviral therapy. *Infection and Drug Resistance*, *14*(1), 2851–2862.

Guarino, P., Chiari, F., Carosi, C., Parruti, G., Caporale, C. D., Presutti, L., &

Molteni, G. (2024). Description of clinical cases and available diagnostic tools of oropharyngeal syphilis: a systematic review of the literature. *BMC Infectious Diseases*, *24*(1), 1–10.

Hamill, M. M., Ghanem, K. G., & Tuddenham, S. (2024). State-of-the-Art Review: Neurosyphilis. *Clinical Infectious Diseases*, *78*(5), e57–e68.

Hawley, K. L., Montezuma-Rusca, J. M., Delgado, K. N., Singh, N., Uversky, V. N., Caimano, M. J., Radolf, J. D., & Luthra, A. (2021). Structural modeling of the Treponema pallidum outer membrane protein repertoire: A road map for deconvolution of syphilis pathogenesis and development of a syphilis vaccine. *Journal of Bacteriology*, *203*(15), 1–24.

Hidayat, M., Paskaria, C., & Gunawan, D. (2020). Penelitian Biomedik dan Ilmu Kedokteran. In *Alfabeta Bandung* (Vol. 1, Issue 1). Alfabeta.

Hidayati, A. N. (2019). *Manajemen HIV/AIDS Terkini, Komprehensif dan Multidisiplin* (1st ed.). Airlangga University Press.

Huang, K., Zhang, J., Li, J., Qiu, H., Wei, L., Yang, Y., & Wang, C. (2024). Exploring the Impact of Primer–Template Mismatches on PCR Performance of DNA Polymerases Varying in Proofreading Activity. *Genes*, *15*(2).

Indaryati, S., Sartiya Rini, D., Hanafi Ari Susanto, W., Rianita Elfrida Sinaga, M., Banne, S. T., Rahardjo Putri, N., Noorhasanah, E., Ijriani, A., & Harun, L. (2022). *Keperawatan HIV/AIDS*. www.globaleksekutifteknologi.co.id

Irawan, Y., Chelsea, E., & Surya, R. (2023). Syphilis Elimination in Indonesia by 2030: Keeping in the Right Track. *Cermin Dunia Kedokteran*, *50*(4), 234–237.

Johariyah, Sohima, Susilawati, & Maryanti, D. (2024). buku ajar manajemen HIV. In *Unaic Press Cilacap* (Vol. 1, Issue 1).

Khaw, C., Malden, C., Ratnayake, M., & Boyd, M. (2020). Diagnosis and Management of Syphilis in Patients With HIV Co-infection. *Current Treatment Options in Infectious Diseases*, *12*(3), 215–226.

Kojima, N., & Klausner, J. D. (2018). An Update on the Global Epidemiology of Syphilis. *Current Epidemiology Reports*, *5*(1), 24–38.

Kusnadi, J., & Arumingtyas, E. L. (2020). *Polymerase Chain Reaction (PCR) Teknik dan Fungsi* (Cetakan I). Tim Ub Press.

Laela Alydrus, N., Yossy, N. I., Alyidrus, R., & Kalsum, U. (2023). Deteksi Koinfeksi Treponema Pallidum Penderita Hiv Menggunakan Metode Real Time Polymerase Chain Reaction. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, *4*(3), 617–625.

Li, M., Lv, Y., Cui, D., Xu, Y., Lin, M., Zhang, X., Wang, Y., Shen, C., & Xie, J. (2023). Development and clinical validation of a one-step pentaplex real-time reverse transcription PCR assay for detection of hepatitis virus B, C, E, Treponema pallidum, and a human housekeeping gene. *BMC Infectious*

Diseases, *23*(1), 1–10.

Luo, Y., Xie, Y., & Xiao, Y. (2021a). Laboratory Diagnostic Tools for Syphilis: Current Status and Future Prospects. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, *10*, 1–12.

Luo, Y., Xie, Y., & Xiao, Y. (2021b). Laboratory Diagnostic Tools for Syphilis: Current Status and Future Prospects. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, *10*(February), 1–12.

Madadelahi, M., Agarwal, R., Martinez-Chapa, S. O., & Madou, M. J. (2024). A roadmap to high-speed polymerase chain reaction (PCR): COVID-19 as a technology accelerator. *Biosensors and Bioelectronics*, *246*(June 2023), 115830.

Mahariski, P. A., Puspawati, N. M. D., Indira, I. G. A. A. E., Praharsini, I. G. A. A., & Permana, A. (2023). Pre-exposure prophylaxis (PrEP) pada pencegahan human immunodeficiency virus (HIV) dan dampaknya terhadap infeksi menular seksual. *Intisari Sains Medis*, *14*(2), 730–738.

Maksum, I. P., Sriwidodo, Gaffar, S., Hassan, K., Subroto, T., & Soetisojo Soemitro. (2019). Buku Teknik Biologi Molekular. In *Alqaprint* (Issue September).

Maria E. Tudor, Aboud, A. M. Al, Leslie, S. W., & Gossman4, W. (2024). *syphilis*. StatPearls

Milburn, J., Suresh, R., Doyle, R., & Jarvis, J. N. (2024). The diagnosis of central nervous system infections in resource-limited settings and the use of novel and molecular diagnostic platforms to improve diagnosis. *Expert Review of Molecular Diagnostics*, *24*(3), 219–230.

MMWR. (2024). Rekomendasi Laboratorium CDC untuk tes sifilis amerika srikat 2024. *Centers for Diseases Control and Prevention*, *73*(1), 1–33.

Nuraeni, S., Alfian, S. D., & Puspitasari, I. M. (2025). Examining the Prevalence and Associated Factors of Sexually Transmitted Infections in People Living With HIV/AIDS at a Community Health Center in Bandung City, Indonesia. *HIV/AIDS - Research and Palliative Care*, *17*(1), 29–37.

Nurhikma, Taher, R., Erwin, Mustaking, & Linje. (2024). Pencegahan hiv/aids pada remaja berbasis edukasi video di smk negeri 2 pangkajenna kepulauan. *Pengabdian Kepada Masyarakat*, *4*(7), 1–8.

Nuss, R. M., Lazenby, A. J., Provost, H. C., & Castellano, T. (2024). Syphilitic gumma presenting as squamous cell carcinoma of Vulva: A case report. *Gynecologic Oncology Reports*, *55*(March), 101478.

Rosana, Y., Yasmon, A., Indriatmi, W., & Effendi, I. (2022). Detection of A2058G and A2059G on the 23S rRNA Gene by Multiplex Nested PCR to Identify Treponema pallidum Resistance to Azithromycin in Indonesia.

Jpn.J.Infect.Dis, *1*(1), 355–360. 10.7883/yoken.JJID.2021.738

Satyaputra, F., Hendry, S., Braddick, M., Sivabalan, P., & Norton, R. (2021). The Laboratory Diagnosis of Syphilis. *Journal of Clinical Microbiology*, *59*(10).

Su, R., Liu, Y., Shan, D., Li, P., Ge, L., & Li, D. (2025). Prevalence of HIV / syphilis co-infection among men who have sex with men in China : a systematic review and meta-analysis. *BMC Public Health*, *1*(1), 1–13.

Suhardono, S., Meitha, K., Dwivani, F. M., Septiani, P., & Kristianti, T. (2022). *Diagnostik Molekuler* (E. Warsidi (ed.); Cetakan I). ITB Press.

Suprayogi, Farid, N., Dewi, P. S., & Sapto, N. (2021). *Teknik-Teknik Dasar Bioteknologi* (1st ed., Issue January 2021).

Swinkels, AD, N., & PG, G. (2024). HIV dan AIDS. In *NCBI* (pp. 1–70). StatPearls Publishing.

UNAIDS. (2024). *Fact sheet 2024 - Latest global and regional HIV statistics on the status of the AIDS epidemic*.

Utamy, febbryna W., & Andriani, D. (2024). Laporan kasus pasien hiv, tuberkulosis paru, asites, insufisensi hepar, hipoalbunimeia. *Jurnal Imiah Indonesi*, *9*(12), 1–23.

Wang, C., Guan, Z., Zou, D., & Gu, X. (2022). Quantified Detection of Treponema pallidum DNA by PCR Assays in Urine and Plasma of Syphilis Patients. *Microbiology Spectrum*, *10*(2), 1–8.

Wang, C., Zheng, X., Guan, Z., Zou, D., Gu, X., Lu, H., & Shi, M. (2022). Quanti fi ed Detection of Treponema pallidum DNA by PCR. *Journal American Society For Microbiology: Microbiology Spectrum*, *10*(2), 1–8.

WHO. (2023). *HIV and AIDS*. Word Health Organization.

Widodo, W. T. (2025). Komponen, Tahapan Dan Variasi Polimerase Chain Reaction : Artikel Review. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, *6*(1), 3350–3357.

Wikipedia contributors. (2024). *Structure and genome of HIV*. Wikipedia. https://en.wikipedia.org/wiki/Structure_and_genome_of_HIV

Wu, T.-Y., Lin, K.-Y., Sun, H.-Y., Huang, Y.-S., Liu, W.-D., Su, L.-H., Liu, W.-C., Su, Y.-C., Chang, S.-Y., & Hung, C.-C. (2025a). Detection of Treponema pallidum DNA for diagnosis, resistance identification, and treatment outcome prediction in early syphilis among men who have sex with men. *Clinical Microbiology and Infection : The Official Publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, *1*(1), 1–7.

Wu, T.-Y., Lin, K.-Y., Sun, H.-Y., Huang, Y.-S., Liu, W.-D., Su, L.-H., Liu, W.-C., Su, Y.-C., Chang, S.-Y., & Hung, C.-C. (2025b). Detection of Treponema pallidum DNA for diagnosis, resistance identification, and treatment outcome prediction in early syphilis among men who have sex with men. *Clinical*

Microbiology and Infection Journal, *1*(1), 1–7.

Wu, T.-Y., Lin, K.-Y., Sun, H.-Y., Huang, Y.-S., Liu, W.-D., Su, L.-H., Liu, W.-C., Su, Y.-C., Chang, S.-Y., & Hung, C.-C. (2025c). Detection of Treponema pallidum DNA for diagnosis, resistance identification, and treatment outcome prediction in early syphilis among men who have sex with men. *Clinical Microbiology and Infection : The Official Publication of the European Society of Clinical Microbiology and Infectious Diseases*, *xxxx*.

Wu, T. Y., Lin, K. Y., Sun, H. Y., Huang, Y. S., Liu, W. Da, Su, L. H., Liu, W. C., Su, Y. C., Chang, S. Y., & Hung, C. C. (2025). Detection of Treponema pallidum DNA for diagnosis, resistance identification, and treatment outcome prediction in early syphilis among men who have sex with men. *Clinical Microbiology and Infection*, *31*(6), 1026–1032.

Xu, Q., Zhang, Q., Xu, P., Zhang, T., Wu, H., Zhang, X., Moog, C., & Su, B. (2025). Impaired immune reconstitution in HIV infection: the role of CD4+ T-cell-associated NKG2D ligands, CD4+ T-cell subsets imbalance, and immune function deficiency. *Frontiers in Immunology*, *16*(February), 1–15.

Zhang, Q., Peng, L., Yuan, Y., Hu, Z., Zeng, Y., Zeng, W., Chen, J., Chen, W., & Liu, P. (2025). High rates of Treponema pallidum, Neisseria gonorrhoeae, Chlamydia trachomatis, or Trichomonas vaginalis co-infection in people with HIV: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, *44*(1), 1–15.

Zhang, X., Duan, J., Wang, Y., Xie, B., Zhou, J., Zhao, S., Yin, W., Liu, P., & Zhao, F. (2023). Insight into the invasion process and immune-protective evaluation of Tp0971, a membrane lipoprotein from Treponema pallidum . *Microbiology Spectrum*, *11*(6), 1–19.

Zhou, C., Zhang, X., Zhang, W., Duan, J., & Zhao, F. (2019). PCR detection for syphilis diagnosis: Status and prospects. *Journal of Clinical Laboratory Analysis*, *33*(5), 1–8.

Lampiran 1

(INFORMED CONSENT & SCREENING FORM)

Peneliti:
Riring Badate
Program Studi D-IV Teknologi Laboratorium Medis
Fakultas Teknologi Kesehatan, Universitas Megarezky

INFORMED CONSENT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:
Nama: N. R.
Umur: 40 tahun
Jenis Kelamin: ☑ Laki-laki ☐ Perempuan
Alamat: Loeha wati

Dengan ini menyatakan bahwa saya telah menerima penjelasan secara lengkap mengenai penelitian yang berjudul:

"Deteksi Treponema pallidum pada Pasien Positif HIV Menggunakan Pemeriksaan *Polymerase Chain Reaction* (PCR)"

Saya memahami bahwa:

1. Partisipasi ini sukarela dan saya dapat mengundurkan diri kapan saja dari penelitian ini tanpa perlu memberikan alasan, dan tanpa mempengaruhi pelayanan kesehatan atau pengobatan yang saya terima.
2. Tidak ada risiko berat yang ditimbulkan selain ketidaknyamanan ringan dari pengambilan darah.
3. Tidak ada tindakan medis lain yang dilakukan di luar prosedur tersebut.
4. Data pribadi dan hasil pemeriksaan saya akan dijaga kerahasiaannya, hanya digunakan untuk kepentingan ilmiah dalam penelitian ini.

Dengan ini saya bersedia untuk berpartisipasi dalam penelitian ini.

Kab.luwu timur, 03 / Juli / **2025**

(N.)

Lampiran 2

SCREENING FORM

Untuk memastikan kesesuaian dengan kriteria inklusi penelitian harap diisi oleh responden dengan jujur.

1. Apakah Anda Positif HIV berdasarkan hasil pemeriksaan laboratorium?
   ☑Ya ☐ Tidak
2. Apakah Anda saat ini sedang menjalani terapi ARV?
   ☑Ya ☐ Tidak
3. Apakah dalam 2 minggu terakhir Anda mengonsumsi antibiotik?
   ☐ Ya ☑Tidak
4. Apakah Anda memiliki penyakit atau kondisi medis lain yang aktif (misalnya autoimun, infeksi lain)?
   ☐ Ya, sebutkan: _____
   ☑Tidak
5. Apakah Anda pernah mendapatkan pengobatan lengkap untuk sifilis sebelumnya?
   ☐ Ya ☑Tidak

Catatan: Ketika terdapat tanda kolom (☐ Ya ☐ Tidak) centang salah satunya.

Lampiran 3



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 - 462 401 - 456401 Fax. 456014 Website : http://universitasmegarezky.ac.id Email: info@universitasmegarezky.ac.id

Makassar, 01 Juli 2025

Nomor : 966 /07.091056/VII/2025
Lampiran : -
Perihal : **Rekomendasi Izin Penelitian**

Kepada
Yth : Bapak Gubernur Prov. SulSel
Cq kepala UPT P2T BKPMD-PTSP

Di –
Makassar

Dengan hormat,
Dalam rangka penyelesaian tugas akhir Mahasiswa DIV Teknologi Laboratorium Medik Universitas Megarezky Makassar, maka bersama ini kami mohon kiranya Bapak/Ibu berkenan menerima Mahasiswa (i) kami yang tersebut namanya di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Instansi/ wilayah kerja yang Bapak/Ibu Pimpin.

Nama	**: Riring Badate**
N I M	**: B1D324095**
Judul Skripsi/KTI	**: Deteksi *Treponema Pallidum* pada pasien positif HIV menggunakan pemeriksaan *Polimerase Chain Reaction* (PCR)**
Pembimbing	**:1. Ka'bah, S.,Si. M.Kes**
	2. Muh. Indra Budiman,S. Sos., M.pd
Tempat Penelitian	**: Lab.Hasanuddin University Medical Research Center (HUM-RC)**

Demikian surat permohonan penelitian ini, atas bantuan dan kerjasamanya diucapkan terima kasih.

Kepala LPPM

Ns. Syamsuriyana Sabar, M.Kep
NIDN: 09.151186 02

Tembusan Kepada Yth:

1. Yang Bersangkutan
2. Arsip

Lampiran 4

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	: **14834/S.01/PTSP/2025**	**Kepada Yth.**
Lampiran	: -	Direktur HUM-RC RSP Universitas Hasanuddin Makassar
Perihal	: **Izin penelitian**	
		di-
		Tempat

Berdasarkan surat Kepala LPPM Universitas Megarezky, Makassar Nomor : 1966/07.091056/VII/2025 tanggal 01 Juli 2025 perihal tersebut diatas, mahasiswa/peneliti dibawah ini:

N a m a	: **RIRIN BADATE**
Nomor Pokok	: B1D324095
Program Studi	: Teknologi Laboratorium Medik
Pekerjaan/Lembaga	: Mahasiswa (D4)
Alamat	: Jl. Antang Raya No. 43, Makassar

PROVINSI SULAWESI SELATAN

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

" DETEKSI TREPONEMA PALLIDUM PADA PASIEN POSITIF HIV MENGGUNAKAN PEMERIKSAAN POLYMERASE CHAIN REACTION (PCR) "

Yang akan dilaksanakan dari : Tgl. ***04 Juli s/d 04 Agustus 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 03 Juli 2025

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

ASRUL SANI, S.H., M.Si.
Pangkat : PEMBINA UTAMA MUDA (IV/c)
Nip : 19750321 200312 1 008

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

Lampiran 5

Kemenkes
Poltekkes Gorontalo

Kementerian Kesehatan
Direktorat Jenderal
Sumber Daya Manusia Kesehatan
Politeknik Kesehatan Gorontalo
Lalan Tanah Pendidikan No. 18
Gorontalo 96132
[illegible]
https://www.poltekkesgorontalo.ac.id

PERSETUJUAN KOMISI ETIK
Nomor : DP.04.03/KEPK/407/2025

Judul	:	Deteksi Treponema Pallidum Pada Pasien Positif HIV Menggunakan Pemeriksaan *Polymerase Chain Reaction* (PCR)
Dokumen	:	1. Protokol Penelitian 2. Formulir Pengajuan Dokumen 3. Penjelasan sebelum penelitian 4. Informed Consent
Nama Peneliti	:	Riring Badate
Pembimbing	:	1. Ka'bah, S.Si. M.Kes 2. Muh.Indra Budiman, S.Sos.,M.Pd
Dokter/Ahli medis yang bertanggung jawab	:	-
Tanggal Kelaikan Etik	:	4 Juni 2025
Institusi Peneliti	:	Universitas Megarezky Makassar

Komisi Etik Penelitian Kesehatan (KEPK) Politeknik Kesehatan Kemenkes Gorontalo menyatakan bahwa Protokol Penelitian yang diajukan telah memenuhi prinsip etis berdasarkan pada pedoman SIOMS 2016, oleh karena itu penelitian tersebut dapat dilaksanakan.

Surat Kelaikan Etik ini berlaku 1 (satu) tahun sejak tanggal terbit

Komisi Etik Penelitian Kesehatan Politeknik Kesehatan Kemenkes Gorontalo memiliki hak untuk memantau kegiatan setiap saat. Peneliti wajib menyampaikan laporan akhir penelitian selesai dan laporan kemajuan penelitian jika dibutuhkan. Demikian surat ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya

Ketua,

POLITEKNIK KESEHATAN GORONTALO
KOMISI ETIK PENELITIAN KESEHATAN
KEMENTERIAN KESEHATAN

Paulus Pangalo, SKM, M.Kes
NIP. 19650321 198412 1001

Lampiran 6

HUM-RC	ADMINISTRASI	FORMULIR 1
	Nomor : 298/07/FR1/2025	Tanggal : 2 Juli 2025
SURAT PENGANTAR PENELITIAN		

Kepada Yth.
Pembimbing/pendamping,
Ibu Nur Samsi,

Dengan ini menerangkan bahwa peneliti/mahasiswa berikut ini :

Nama : Riring Badate
NIM : B1D324095
Institusi : DIV Teknologi Laboratorium Medis Universitas Megarezky

Akan melakukan pengambilan data/ analisa bahan hayati :

Pada tanggal : 2 Juli 2025 s/d Selesai
Jumlah subjek : ± 10 sampel darah
Jenis data : Data Primer

Untuk penelitian dengan judul :
"Deteksi Treponema Pallidum Pada Pasien Positif HIV Berdasarkan Pemeriksaan PCR"

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.

Activate Wind

Lampiran 7

NO	DOKUMENTASI	KETERANGAN
	PRA ANALITIK	
1		Sampling darah vena
2		Persiapan Alat dan Bahan
3		Ekstraksi DNA

4		
	ANALITIK	
5		amplifikasi DNA Mix PCR
	PASCA ANALITIK	
6		Pembuatan Gel Agarosa
7		Elektroforesis Gel Agarosa

8		Pembacaan Gel