

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Infeksi cacing yang ditularkan melalui tanah atau *Soil-Transmitted Helminths* (STH) masih menjadi salah satu masalah kesehatan utama di berbagai negara berkembang, termasuk Indonesia. Prevalensi infeksi cacing usus (STH) di Indonesia umumnya masih tinggi, terutama pada masyarakat dengan kondisi sanitasi yang kurang memadai. Tingkat infeksi bervariasi antara 2,5% hingga 62%, dengan intensitas infeksi tertinggi ditemukan pada anak-anak usia prasekolah dan sekolah dasar (Tapiheru and Nurfadly, 2021). Prevalensi tinggi dari infeksi ini terjadi di daerah dengan sanitasi yang buruk, keterbatasan akses air bersih, dan kepadatan penduduk yang tinggi. STH seperti *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, serta cacing tambang (*Ancylostoma duodenale* dan *Necator americanus*) merupakan jenis-jenis parasit yang sering ditemui dalam populasi berisiko tinggi di wilayah tropis dan subtropis (WHO, 2020). Di Indonesia, infeksi akibat cacing menjadi salah satu masalah kesehatan utama, terutama di wilayah perkotaan dan semi perkotaan yang memiliki sanitasi buruk, kebersihan pribadi yang kurang, serta kondisi sosial ekonomi yang rendah (Tapiheru and Nurfadly, 2021; Ridwan *et al.*, 2021).

Di Makassar, sebagai salah satu kota besar di Indonesia, infeksi STH terus menjadi tantangan kesehatan. Dalam konteks ini, dampak dari infeksi STH terutama berkaitan dengan masalah gizi, pertumbuhan anak, serta produktivitas kerja. Hal ini juga diperparah dengan kondisi sosio-ekonomi masyarakat yang seringkali belum memadai untuk mengakses fasilitas sanitasi yang layak (Wardhana *et al.*, 2022).

Jenis STH yang paling sering menyebabkan masalah kesehatan di dunia, termasuk di Indonesia, adalah cacing gelang (*Ascaris lumbricoides*) yang menyebabkan penyakit Ascariasis, cacing cambuk (*Trichuris trichiura*) dengan penyakit Trichuriasis, dan cacing tambang (*Ancylostoma duodenale* dan *Necator americanus*), yang masing-masing menyebabkan Ankilostomiasis dan Nekatoriasis (CDC, 2024a). Beberapa survei di Indonesia menunjukkan bahwa tingginya prevalensi infeksi *Ascaris lumbricoides* seringkali diiringi oleh tingginya prevalensi *Trichuris trichiura*. Prevalensi *Ascaris lumbricoides* yang melebihi 70% ditemukan di berbagai wilayah, termasuk desa- desa di Sumatera (78%), Kalimantan (79%), Sulawesi (88%), Nusa Tenggara Barat (92%), dan Jawa Barat (90%). Tingginya prevalensi *Trichuris trichiura* juga terdeteksi di Sumatera (83%), Kalimantan (83%), Sulawesi (83%), Nusa Tenggara Barat (84%), dan Jawa Barat (91%). Sementara itu, prevalensi infeksi cacing tambang (hookworm) di berbagai wilayah Indonesia berkisar antara 30% hingga 50% (Novianty *et al.*, 2018).

Dalam praktik medis, pemeriksaan parasitologi feses rutin menjadi metode utama untuk mendeteksi keberadaan infeksi STH. Pemeriksaan ini tidak hanya membantu dalam mendeteksi infeksi pada pasien dengan gejala, tetapi juga pada mereka yang asimtomatik (tanpa gejala), yang mungkin berperan sebagai sumber

penyebaran infeksi di komunitas. Deteksi dini sangat penting dalam pencegahan dan pengendalian infeksi lebih lanjut, serta untuk mencegah komplikasi serius yang dapat timbul akibat infeksi kronis (Dąbrowska *et al.*, 2024).

Salah satu tantangan utama dalam menentukan akurasi diagnostik, seperti sensitivitas dan spesifisitas, pada metode berbasis molekuler seperti PCR adalah keterbatasan standar emas yang memadai untuk dijadikan pembanding. Metode mikroskopis berbasis tinja, seperti *Kato-Katz*, sering digunakan sebagai acuan tetapi memiliki sensitivitas yang rendah. *Kato-Katz* awalnya dirancang untuk mendeteksi telur *Schistosoma spp.*, namun kini digunakan secara luas dalam survei infeksi STH. Meskipun demikian, teknik ini memiliki keterbatasan signifikan, khususnya dalam mendeteksi infeksi cacing tambang, karena sampel tinja harus diproses segera, dan proses klarifikasi menggunakan gliserin dapat merusak atau membuat telur tidak dikenali (O'Connell and Nutman, 2016).

Sensitivitas rendah *Kato-Katz* juga menjadi salah satu alasan *Strongyloides stercoralis* tidak dimasukkan ke dalam kategori STH oleh WHO, karena metode ini tidak efektif dalam mendeteksi larva patogen tersebut. Beberapa penelitian telah mencoba mengatasi keterbatasan ini dengan menggabungkan hasil positif dari mikroskopi dan PCR untuk meningkatkan keakuratan diagnosis. Studi lain menggunakan berbagai metode mikroskopis dengan pendekatan statistik untuk memproyeksikan prevalensi sebenarnya dan kinerja diagnostik (WHO, 2015).

Hampir semua studi menunjukkan bahwa metode molekuler, terutama PCR, memiliki sensitivitas yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan mikroskopi tradisional, termasuk *Kato-Katz*. Selain itu, metode PCR yang bersifat *multiplex* atau multi-paralel memungkinkan deteksi infeksi ganda secara bersamaan dengan efisiensi yang lebih baik. Oleh karena itu, membandingkan kedua metode ini menjadi penting untuk menilai keunggulan PCR sebagai pendekatan diagnostik yang lebih akurat, terutama untuk meningkatkan deteksi berbagai jenis infeksi STH (Easton *et al.*, 2016).

Di sisi lain, Sekolah Dasar (SD) Laniang Makassar sebelumnya merupakan sekolah yang secara historis diperuntukkan bagi masyarakat dengan latar belakang sosial ekonomi menengah ke bawah, bahkan sebagian berasal dari kelompok yang berada pada garis kemiskinan. Kondisi tersebut tercermin dari keterbatasan fasilitas sekolah, lingkungan fisik yang sederhana, serta tingginya ketergantungan siswa terhadap fasilitas umum bersama. Namun, pasca pandemi COVID-19, terjadi perubahan signifikan pada profil sekolah ini. Target penerimaan peserta didik bergeser ke kelompok sosial ekonomi yang cenderung menengah ke atas, seiring dengan peningkatan citra institusi dan kepercayaan masyarakat. Perubahan tersebut diikuti dengan peningkatan dan pembaruan fasilitas sekolah, termasuk perbaikan sarana sanitasi, ruang belajar, serta lingkungan sekolah yang lebih tertata dan representatif, sehingga menciptakan kondisi yang lebih "elite" dibandingkan periode sebelum pandemi.

Perubahan serupa juga terjadi pada Panti Asuhan Y. Sebelum pandemi COVID-19, panti asuhan ini berlokasi di lingkungan yang relatif kumuh, dengan keterbatasan ruang, fasilitas sanitasi yang minimal, serta kondisi lingkungan yang

berpotensi meningkatkan risiko penularan penyakit berbasis lingkungan, termasuk infeksi *Soil-Transmitted Helminths* (STH). Pasca pandemi, panti asuhan mengalami relokasi ke bangunan tempat tinggal yang lebih layak, dengan kondisi fisik yang lebih baik, lingkungan yang lebih bersih, serta fasilitas pendukung kesehatan dan kebersihan yang lebih memadai.

Perubahan karakteristik sosial ekonomi dan lingkungan fisik pada kedua lokasi penelitian ini menjadi kelebihan tersendiri, karena memungkinkan penelitian ini tidak hanya menggambarkan keberadaan infeksi STH, tetapi juga memberikan gambaran dinamika risiko infeksi dalam konteks perubahan lingkungan, fasilitas, dan perilaku kebersihan sebelum dan setelah pandemi COVID-19. Dengan demikian, lokasi penelitian ini dinilai strategis untuk mengevaluasi hasil deteksi STH serta membandingkan kinerja metode *Kato-Katz* dan *Polymerase Chain Reaction* (PCR) dalam kondisi lingkungan yang mengalami transisi signifikan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi prevalensi infeksi STH di kalangan siswa Sekolah Dasar Laniang Makassar dan Panti Asuhan Y dengan membandingkan hasil pemeriksaan menggunakan metode *Kato-Katz* dan PCR. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi perbedaan sensitivitas dan spesifisitas kedua metode tersebut dalam mendeteksi infeksi STH. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pemilihan metode diagnostik yang lebih akurat untuk pengendalian dan pencegahan infeksi parasit usus di Indonesia.

Pemeriksaan rutin untuk mendeteksi infeksi STH telah menjadi bagian dari strategi kesehatan masyarakat di Indonesia. Deteksi infeksi melalui analisis feses memungkinkan identifikasi parasit secara langsung, yang penting dalam pengobatan dan pencegahan lebih lanjut (Zerpa *et al.*, 2021). Dengan adanya bukti dari penelitian ini, diharapkan bahwa langkah-langkah intervensi kesehatan masyarakat, seperti pengobatan massal dan peningkatan sanitasi, dapat dioptimalkan untuk mengurangi dampak infeksi STH, khususnya di kalangan kelompok rentan.

1.2. Rumusan Masalah

Infeksi *Soil-Transmitted Helminths* (STH) merupakan masalah kesehatan masyarakat yang signifikan, terutama pada anak-anak usia sekolah di Indonesia. Hingga saat ini, prevalensi infeksi STH di Sekolah Dasar Laniang Makassar dan Panti Asuhan Y di Kota Makassar belum diketahui secara pasti, terutama karena keterbatasan metode diagnostik yang umum digunakan dalam surveilans lapangan. Metode *Kato-Katz* yang digunakan memiliki keterbatasan sensitivitas, khususnya dalam mendeteksi infeksi dengan intensitas rendah dan infeksi ganda (*multiple infections*), sehingga berpotensi menyebabkan underestimasi prevalensi dan salah klasifikasi status infeksi.

Metode PCR menawarkan sensitivitas dan spesifisitas yang lebih tinggi, namun pemanfaatannya dalam penelitian komunitas dan praktik surveilans di Indonesia masih terbatas. Selain itu, sebagian besar penelitian sebelumnya masih bersifat deskriptif dan belum banyak yang menggabungkan perbandingan metode diagnostik dengan analisis faktor risiko berbasis hasil pemeriksaan molekuler.

Hubungan antara karakteristik responden, perilaku kebersihan, profil sanitasi lingkungan, serta perilaku konsumsi dengan kejadian infeksi STH yang ditentukan berdasarkan metode PCR juga masih jarang dianalisis, khususnya pada populasi anak usia sekolah dan anak panti asuhan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, diperlukan penelitian yang tidak hanya mengidentifikasi prevalensi infeksi STH, tetapi juga membandingkan kinerja diagnostik metode Kato-Katz dan PCR dalam mendeteksi infeksi STH, termasuk infeksi dengan intensitas rendah dan infeksi ganda. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan karakteristik responden, perilaku kebersihan, profil sanitasi, dan perilaku konsumsi dengan kejadian infeksi STH berdasarkan hasil pemeriksaan PCR. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai epidemiologi STH serta kontribusi faktor determinannya dalam konteks perubahan lingkungan dan perilaku kebersihan pasca pandemi COVID-19 sekaligus memberikan dasar ilmiah yang lebih kuat dalam pemilihan metode diagnostik dan perencanaan strategi pengendalian STH berbasis bukti.

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi prevalensi infeksi STH pada siswa SD Laniang Makassar dan anak asuh Panti Asuhan Y, serta membandingkan performa diagnostik metode *Kato-Katz* dengan metode PCR dalam mendeteksi STH, sekaligus mengoptimasi penggunaan PCR sebagai metode molekuler yang lebih sensitif untuk deteksi infeksi STH di wilayah yang belum mengimplementasikannya secara rutin, khususnya di Makassar.

1.3.2. Tujuan Khusus

Tujuan khusus dari penelitian ini, antara lain:

1. Mengetahui distribusi dan karakteristik subjek penelitian.
2. Mengetahui hubungan karakteristik responden, perilaku kebersihan, profil sanitasi dan perilaku konsumsi dengan pemeriksaan STH melalui metode PCR.
3. Mengukur prevalensi infeksi STH berdasarkan hasil pemeriksaan feses siswa SD Laniang Makassar dan anak asuh Panti Asuhan Y.
4. Menentukan dan membandingkan sensitivitas dan spesifisitas metode *Kato-Katz* dan PCR dalam mendeteksi infeksi STH.

1.4. Kajian Pustaka

1.4.1. Definisi dan Epidemiologi *Soil-Transmitted Helminths* (STH)

Ascaris lumbricoides (*Ascaris* atau cacing gelang), *Ancylostoma duodenale* (cacing tambang), *Necator americanus* (cacing tambang), dan *Trichuris trichiura* (cacing kremi) adalah helminth (cacing parasit) yang menginfeksi usus. Karena peran tanah yang terkontaminasi dalam penularannya, kelompok cacing nematoda ini dikenal sebagai cacing tanah atau STH. *Strongyloides stercoralis* (cacing tambang) kadang-kadang termasuk dalam STH (Kamb and Roy, 2024). STH adalah penyakit menular yang memiliki prevalensi tinggi dengan gejala klinis yang tidak jelas dan terutama mempengaruhi anak-anak berusia 5-14 tahun (Brahmantya *et al.*, 2020).

Cacing kremi, cacing tambang, dan cacing gelang adalah tiga jenis cacing tanah (cacing parasit). Parasit adalah organisme (makhluk hidup) yang hidup di atas atau di dalam organisme lain. Infeksi STH terjadi di daerah dengan iklim hangat dan lembap serta sanitasi dan kebersihan yang buruk. Mereka dianggap sebagai penyakit tropis terabaikan atau *neglected tropical disease* (NTD) karena menimbulkan kecacatan dan penyakit yang sangat besar di kalangan populasi yang terdampak. Komunitas-komunitas ini seringkali kekurangan akses terhadap sumber daya dasar atau yang memadai. Obat-obatan yang aman dan efektif dapat mengendalikan NTD melalui program pemberian obat secara massal atau *mass drug administration* (MDA) di komunitas-komunitas yang terdampak (CDC, 2024a). STH adalah cacing yang hidup di usus seseorang. Seseorang yang terinfeksi mengeluarkan telurnya melalui feses mereka. Telur-telur ini masuk ke tanah ketika orang yang terinfeksi buang air besar (berak) di luar, menggunakan fasilitas sanitasi yang tidak layak (saat tidak ada pemisahan yang saniter antara kotoran manusia dari kontak manusia), atau menggunakan kotoran manusia yang terinfeksi sebagai pupuk. *Soil-transmitted helminths* termasuk di antara parasit manusia yang paling umum di dunia. Anda dapat menemukannya di daerah dengan iklim hangat dan lembap di mana sanitasi buruk. Mereka mungkin terjadi di iklim sedang selama bulan-bulan yang lebih hangat (CDC, 2024a; CDC, 2019).

Cacing dewasa betina menghasilkan ribuan telur setiap hari yang dikeluarkan melalui feses dan, jika kondisi memungkinkan, diendapkan di tanah. Setelah di tanah, larva infektif *Ascaris* dan cacing kremi berkembang di dalam telur yang subur dan, jika tertelan oleh inang manusia, menetas dan berkembang menjadi cacing dewasa selama beberapa bulan (Corvino and Horrall, 2023). Telur cacing tambang tidak menular—telur menetas dan melepaskan larva yang harus matang di tanah sebelum menjadi menular. Infeksi cacing tambang biasanya terjadi ketika larva menembus kulit orang yang berjalan tanpa alas kaki di tanah yang terkontaminasi; *Ancylostoma duodenale* juga dapat ditransmisikan ketika larva tertelan. Kadang-kadang, infeksi manusia dengan *Ascaris suum* (cacing gelang babi) dapat terjadi karena konsumsi telur menular yang dikeluarkan dalam feses babi (Kamb and Roy, 2024).

STH ditransmisikan melalui konsumsi telur-telur kecil yang menular dari *Ascaris*, cacing kremi, dan beberapa cacing tambang, serta melalui transmisi kulit untuk cacing tambang. Orang-orang dari semua usia dapat terinfeksi (Kamb and Roy, 2024). Orang-orang yang mengonsumsi bahan dari tanah dengan telur *Ascaris* atau cacing kremi di dalamnya dapat terinfeksi parasit *Ascaris* atau cacing kremi (CDC, 2024a; CDC, 2019). Hal ini dapat terjadi ketika tanah dan telur:

- a. Melekat pada sayuran atau buah-buahan yang tidak dicuci, dikupas, atau dimasak dengan hati-hati sebelum dimakan.
- b. Menkontaminasi sumber air minum.
- c. Menkontaminasi tangan atau jari orang-orang yang kemudian memasukkannya ke mulut mereka tanpa mencucinya terlebih dahulu.

Telur *Ascaris* dan cacing kremi menjadi infeksius saat mereka matang di tanah. Infeksi *Ascaris* juga dikenal sebagai ascariasis. Infeksi cacing kremi juga dikenal sebagai trichuriasis. Manusia tidak dapat terinfeksi cacing tambang dari telur cacing tambang. Telur-telur tersebut menetas di tanah, melepaskan larva (cacing yang belum dewasa) yang tumbuh menjadi bentuk yang dapat menembus kulit manusia. Infeksi cacing tambang menyebar terutama dengan berjalan tanpa alas kaki di tanah yang terkontaminasi. Salah satu jenis cacing tambang, *Ancylostoma duodenale*, juga dapat menyebar melalui memakan larva (CDC, 2024a).

Orang-orang dengan hanya sedikit cacing (infeksi ringan) biasanya tidak memiliki gejala. Infeksi berat (jumlah cacing tinggi) dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan, termasuk:

- a. Nyeri perut
- b. Diare
- c. Kehilangan darah dan protein atau nutrisi
- d. Prolaps rectum
- e. Pertumbuhan fisik dan kognitif (kesulitan mengingat, mempelajari hal-hal baru, berkonsentrasi, atau membuat Keputusan) yang lambat pada bayi dan anak-anak.

Sebagian besar infeksi STH tidak menimbulkan gejala, terutama ketika sedikit cacing yang ada. Dengan *Ascaris*, gejala pulmonal (sindrom Löffler) yang terkait dengan eosinofilia yang mencolok dan demam terjadi pada beberapa pasien ketika larva melewati paru-paru (Bhatt and Cantor, 2025). Infeksi cacing gelang yang berat juga dapat menyebabkan ketidaknyamanan usus, status gizi yang terganggu, dan obstruksi. Infeksi cacing tambang dapat menyebabkan anemia karena kehilangan darah dan kekurangan protein kronis, terutama pada anak-anak. Infeksi cacing kremi dapat menyebabkan nyeri perut kronis, kehilangan darah, diare, disentri, dan prolaps rektum. Namun, pelancong jarang mengembangkan manifestasi yang lebih parah ini, yang umumnya terkait dengan beban cacing yang tinggi pada populasi asli (Kamb and Roy, 2024).

Secara global, sekitar 2 miliar orang terinfeksi ≥ 1 STH, yang bersama-sama bertanggung jawab atas sebagian besar beban penyakit parasit di dunia. STH memiliki distribusi global yang luas dan endemik di negara-negara dengan iklim tropis atau subtropis dan di mana sanitasi buruk, kotoran manusia digunakan sebagai pupuk ("tanah malam"), atau persediaan air terkontaminasi (Riaz *et al.*, 2020). Meskipun semua pelancong ke negara-negara endemik memiliki risiko tertentu untuk infeksi STH, risiko meningkat bagi pelancong jangka panjang dan ekspatriat yang pergi ke negara-negara dengan sanitasi umum yang buruk. Pelancong dapat meminimalkan risiko dengan mengambil langkah-langkah pencegahan (Kamb and Roy, 2024).

Secara historis, infeksi STH umum terjadi pada orang yang tinggal di negara bagian AS di mana iklim hangat, lembap, dan kurangnya sanitasi memungkinkan transmisi; prevalensi infeksi saat ini di daerah-daerah tersebut tidak diketahui.

Sebagian besar infeksi yang dilaporkan di Amerika Serikat terjadi pada populasi imigran dan pengungsi. Sejak diperkenalkannya pengobatan pra- keberangkatan, pengujian tinja untuk STH tidak diperlukan bagi sebagian besar pengungsi. Karena *Ascaris*, cacing kremi, dan cacing tambang tidak berkembang biak dalam inang (berbeda dengan cacing tambang), reinfeksi hanya terjadi sebagai akibat dari paparan tambahan terhadap larva tahap menular (Kamb and Roy, 2024; Lynn *et al.*, 2021).

1.4.1 Karakteristik dan Siklus STH

Karakteristik dari masing – masing jenis STH, antara lain:

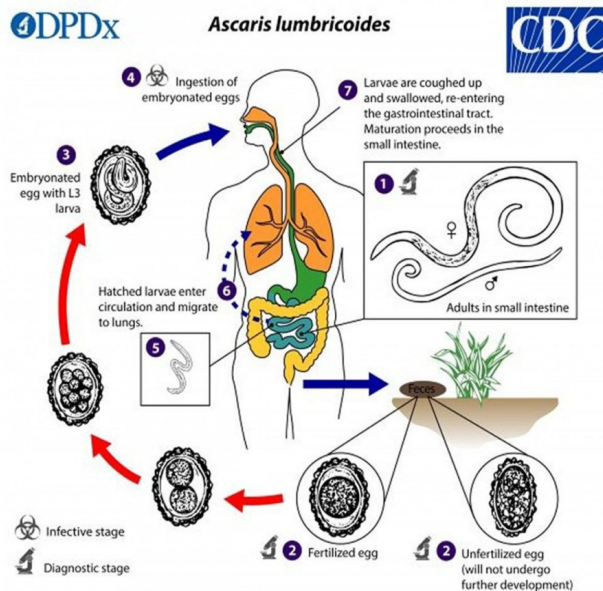
1. *Ascaris lumbricoides*.

Ascariasis adalah infeksi cacing gelang yang paling umum pada manusia, terjadi pada sekitar 500 juta orang di seluruh dunia, dan ascariasis berkontribusi pada malnutrisi di daerah dengan sanitasi yang buruk. Sekitar 2.000 hingga 10.000 orang meninggal setiap tahun akibat ascariasis. Sebagian besar kematian terjadi pada anak-anak sebagai akibat dari cacing yang menghalangi usus atau saluran empedu (tabung yang menghubungkan hati dan kantung empedu ke usus kecil). Infeksi ini umum terjadi di daerah tropis atau subtropis dengan sanitasi yang buruk. Di Amerika Serikat, ascariasis paling sering terjadi pada pengungsi, imigran, dan orang-orang yang telah bepergian ke atau tinggal di daerah di mana sanitasi buruk (Marie and Petri, 2022).

Setelah tertelan, telur *Ascaris* menetas dan melepaskan larva di usus. Setiap larva bermigrasi melalui dinding usus kecil dan dibawa melalui pembuluh limfatik dan aliran darah ke paru-paru. Setelah berada di dalam paru-paru, larva masuk ke kantung udara (alveoli), naik ke saluran pernapasan dan masuk ke tenggorokan, dan ditelan. Larva dewasa di usus kecil, di mana ia tetap sebagai cacing dewasa. Proses ini berlangsung selama 2 hingga 3 bulan. Cacing dewasa memiliki panjang 15 hingga 51 sentimeter dan diameter $\frac{1}{4}$ hingga $\frac{1}{2}$ sentimeter. Mereka hidup 1 hingga 2 tahun. Telur yang diletakkan oleh cacing dewasa dikeluarkan dalam tinja, berkembang di tanah, dan memulai siklus infeksi lagi ketika mereka tertelan (Marie and Petri, 2022; Holland, 2021).

Cacing dewasa hidup di usus kecil manusia. Di sana, betina dapat menghasilkan sekitar 200.000 telur per hari. Telur-telur tersebut dikeluarkan bersama tinja (1). Hanya telur yang dibuahi yang menyebabkan infeksi (2). Telur yang dibuahi berkembang di tanah. Telur berkembang paling baik di tanah yang lembap, hangat, dan teduh (3). Orang-orang terinfeksi ketika mereka menelan telur *Ascaris*, seringkali dalam makanan yang bersentuhan dengan tanah yang terkontaminasi dengan tinja manusia yang mengandung telur *Ascaris* yang dibuahi (4). Telur menetas dan melepaskan larva di usus (5). Larva menembus dinding usus kecil dan bergerak melalui pembuluh limfatik dan aliran darah ke paru-paru (6). Setelah berada di dalam paru-paru, larva masuk ke kantung udara (alveoli) di paru-paru, naik ke saluran pernapasan dan masuk ke tenggorokan, dan ditelan. Ketika larva mencapai usus kecil, mereka berkembang menjadi cacing dewasa (7) (Marie and Petri, 2022; Mosawi *et al.*, 2019).

Migrasi larva *Ascaris* melalui paru-paru dapat menyebabkan demam, batuk, mengi, dan kadang-kadang darah dalam dahak (sputum). Sejumlah kecil cacing di usus biasanya tidak menyebabkan gejala pencernaan. Sejumlah besar cacing dapat menyebabkan kram perut dan, kadang-kadang, penyumbatan usus, terutama pada anak-anak yang tinggal di daerah dengan sanitasi yang buruk. Penyumbatan dapat menyebabkan mual, muntah, pembengkakan perut (distensi), dan nyeri perut. Kadang-kadang cacing dewasa bermigrasi ke mulut atau hidung, dimuntahkan, atau dikeluarkan melalui tinja—situasi yang dapat mengganggu secara psikologis. Cacing dewasa kadang-kadang menghalangi bukaan ke usus buntu, saluran empedu, atau saluran pankreas, menghasilkan nyeri perut yang parah. Malnutrisi dapat berkembang pada anak-anak yang terinfeksi. Anak-anak dengan infeksi berat mungkin tidak tumbuh atau bertambah berat badan secara normal (Marie and Petri, 2022; Xie *et al.*, 2025).



Gambar 1. 1 Siklus Hidup *Ascaris lumbricoides*.

Ascariasis dapat dideteksi dengan memeriksa tinja untuk menemukan telur atau cacing dewasa. Dalam beberapa kasus, cacing dewasa dapat terlihat keluar dari mulut atau hidung. Jika dilakukan CT scan atau USG untuk alasan lain, cacing dewasa mungkin terlihat. X-ray dada juga dapat menunjukkan efek migrasi larva ke paru-paru. Untuk mencegah ascariasis, manusia harus menjaga kebersihan tangan, mencuci makanan mentah, dan tidak buang air besar di sembarang tempat. Sistem sanitasi yang baik juga penting. Kadang-kadang, obat-obatan tertentu diberikan kepada kelompok orang yang berisiko terkena cacing ini untuk mencegah komplikasi. Untuk mengobati ascariasis, dokter biasanya memberikan obat albendazole atau mebendazole. Ivermectin juga bisa digunakan, tetapi harus hati-hati jika pasien sedang hamil. Jika cacing menyebabkan penyumbatan usus, mungkin perlu operasi atau endoskopi. Untuk masalah paru-paru, obat seperti bronkodilator dan

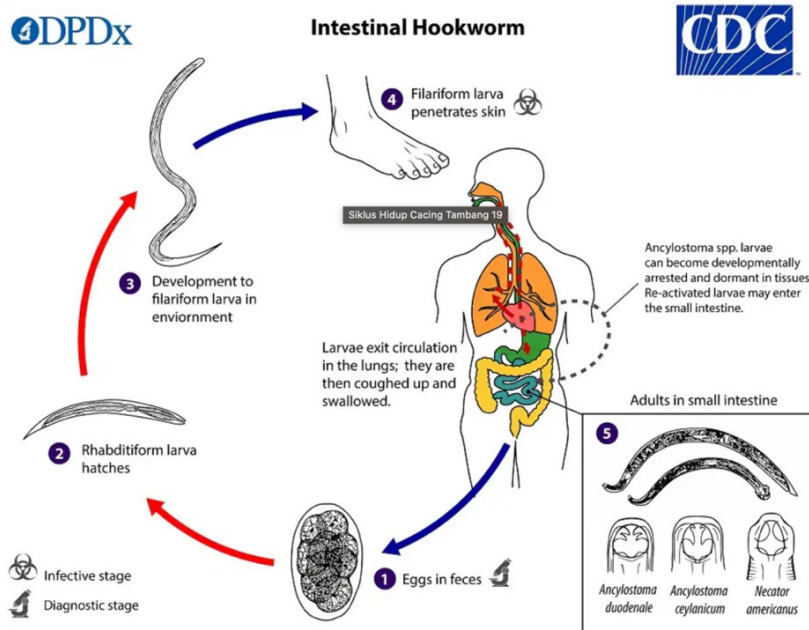
kortikosteroid digunakan. Albendazole biasanya tidak digunakan untuk paru-paru (Marie and Petri, 2022; Lamberton and Jourdan, 2015).

2. Ancylostoma duodenale dan Necator americanus.

Infeksi cacing tambang usus pada manusia terutama disebabkan oleh tiga spesies, yaitu *Ancylostoma duodenale*, *A. ceylanicum*, dan *Necator americanus*. Meskipun *A. duodenale* dan *N. americanus* telah lama dianggap sebagai spesies dominan, penelitian terkini mengindikasikan bahwa *A. ceylanicum*, yang sebelumnya dikenal sebagai parasit hewan, juga merupakan patogen yang signifikan pada manusia di beberapa wilayah geografis. Meskipun *A. caninum* merupakan parasit pada anjing, larva spesies ini terkadang dapat menyebabkan enteritis eosinofilik pada manusia, namun kemampuannya untuk mencapai kematangan reproduksi pada inang manusia masih terbatas (CDC, 2019).

Telur dikeluarkan melalui tinja (1), dan dalam kondisi yang baik (lembab, hangat, teduh), larva menetas dalam 1 hingga 2 hari dan hidup bebas di tanah yang terkontaminasi. Larva rabditiform yang dilepaskan ini tumbuh di tinja dan/atau tanah (2), dan setelah 5 hingga 10 hari (dan dua kali ganti kulit) mereka menjadi larva filariform (tahap ketiga) yang infeksius (3). Larva infeksius ini dapat bertahan hidup 3 hingga 4 minggu dalam kondisi lingkungan yang baik. Saat bersentuhan dengan inang manusia, biasanya bertelanjang kaki, larva menembus kulit dan dibawa melalui pembuluh darah ke jantung dan kemudian ke paru-paru. Mereka menembus ke dalam alveoli paru, naik ke pohon bronkial ke faring, dan ditelan (4). Larva mencapai jejunum usus halus, tempat mereka tinggal dan tumbuh menjadi dewasa. Cacing dewasa hidup di lumen usus halus, biasanya jejunum distal, tempat mereka menempel pada dinding usus dengan akibat kehilangan darah oleh inang (5). Kebanyakan cacing dewasa akan hilang dalam waktu 1 sampai 2 tahun, tetapi umur hidupnya dapat mencapai beberapa tahun (CDC, 2019).

Beberapa larva *A. duodenale*, setelah menembus kulit inang, dapat menjadi dorman (hipobiosis di usus atau otot). Larva ini mampu mengaktifkan kembali dan menimbulkan infeksi usus yang nyata. Selain itu, infeksi oleh *A. duodenale* mungkin juga terjadi melalui rute oral dan transmammmary. Infeksi *A. ceylanicum* dan *A. caninum* juga dapat diperoleh melalui konsumsi oral. Enteritis eosinofilik terkait *A. caninum* diyakini terjadi setelah konsumsi larva secara oral, bukan infeksi perkutan. *N. americanus* tampaknya tidak menular melalui rute oral atau transmammmary. Manusia merupakan inang definitif utama bagi spesies *A. duodenale* dan *N. americanus*. Sifat zoonosis pada *A. ceylanicum* telah terindikasi oleh adanya dua haplotipe yang berbeda. Satu haplotipe sejauh ini hanya ditemukan pada manusia, sedangkan haplotipe lainnya terdeteksi baik pada manusia maupun hewan seperti anjing dan kucing (CDC, 2019).



Gambar 1. 2 Siklus Hidup *Ancylostoma duodenale* dan *Necator americanus*.

Distribusi geografis spesies cacing tambang terkonsentrasi di daerah tropis dan subtropis dengan iklim lembap, yang mendukung kelangsungan hidup larva di lingkungan eksternal. *Necator americanus* dan *Ancylostoma duodenale* memiliki distribusi kosmopolitan, meliputi benua Afrika, Asia, Australia, dan Amerika. Namun, terdapat perbedaan distribusi regional yang signifikan. *N. americanus* dominan di India selatan dan Amerika, sedangkan *A. duodenale* lebih sering ditemukan di Timur Tengah, Afrika Utara, dan India utara (CDC, 2019).

Infeksi cacing tambang usus umumnya bersifat asimtomatik. Perlekatan cacing tambang pada dinding usus dapat memicu nyeri perut, mual, dan anoreksia. Anemia defisiensi besi akibat kehilangan darah kronis di tempat perlekatan cacing dewasa di usus sering terjadi, terutama pada infeksi berat. Hematokhezia juga dapat terjadi pada infeksi berat. Pada kasus yang parah, malnutrisi protein akibat kehilangan protein plasma kronis telah dilaporkan (CDC, 2019).

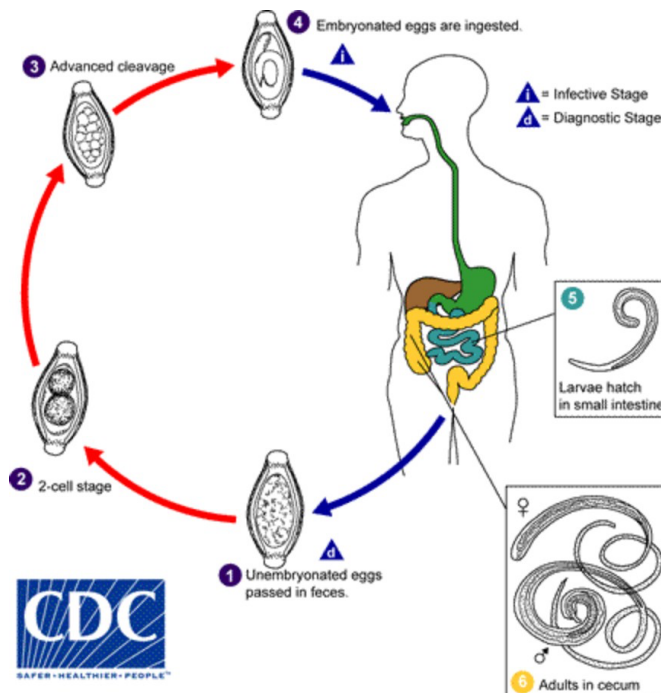
Manifestasi klinis lain dari infeksi cacing tambang meliputi reaksi urtikaria kulit ("gatal di tanah") yang terkait dengan penetrasi larva filariform (L3), dan keterlibatan paru termasuk pneumonia eosinofilik dapat terjadi selama migrasi larva ke paru-paru. Ruam urtikaria kedua dapat muncul kemudian selama migrasi paru. Pasien telah melaporkan gangguan gastrointestinal yang tidak spesifik dan eosinofilia (kadang-kadang disebut sindrom Wakana) setelah infeksi oral (CDC, 2019).

3. *Trichuris trichiura*.

Nematoda (cacing gelang) *Trichuris trichiura*, juga disebut cacing cambuk manusia. Telur yang tidak berembrio dikeluarkan bersama tinja (1). Di dalam tanah, telur berkembang menjadi tahap 2 sel (2), tahap pembelahan lanjut (3), dan

kemudian berembrio (4); telur menjadi infeksiif dalam 15 hingga 30 hari. Setelah tertelan (tangan atau makanan yang terkontaminasi tanah), telur menetas di usus halus, dan melepaskan larva (5) yang matang dan membentuk diri sebagai cacing dewasa di usus besar (6). Cacing dewasa (panjangnya sekitar 4 cm) hidup di sekum dan kolon asendens. Cacing dewasa terfiksasi di lokasi itu, dengan bagian anterior berulir ke dalam mukosa. Cacing betina mulai bertelur 60 hingga 70 hari setelah infeksi. Cacing betina di sekum mengeluarkan antara 3.000 dan 20.000 telur per hari. Masa hidup cacing dewasa sekitar 1 tahun (CDC, 2024b).

Trichuris trichiura merupakan cacing gelang ketiga yang paling umum pada manusia. Di seluruh dunia, infeksi lebih sering terjadi di daerah beriklim tropis dan praktik sanitasi yang buruk, serta di kalangan anak-anak. Diperkirakan 800 juta orang terinfeksi di seluruh dunia. Trikhuriasis terjadi di Amerika Serikat bagian selatan. Paling sering tidak bergejala. Infeksi berat, terutama pada anak kecil, dapat menyebabkan masalah gastrointestinal (nyeri perut, diare, prolaps rektum) dan kemungkinan retardasi pertumbuhan (CDC, 2024b).



Gambar 1. 3 Siklus hidup *Trichuris trichiura*.

1.4.2 Faktor Risiko *Soil-Transmitted Helminths* (STH)

Kebersihan pribadi (*personal* hygiene) dan sanitasi yang rendah merupakan faktor risiko untuk infeksi STH yang dapat diatasi; oleh karena itu, perlu untuk memperkenalkan upaya pencegahan dini pada anak sekolah dasar sebagai salah satu kelompok berisiko untuk infeksi STH. Reinfeksi sering terjadi setelah

pengobatan medis selesai. Hal ini karena transmisi STH dipengaruhi oleh aspek pribadi dan lingkungan, termasuk kebiasaan tidak mencuci tangan sebelum makan, aktivitas luar ruangan tanpa alas kaki, menggigit kuku, sanitasi yang buruk, dan sumber air yang tidak memadai, yang memudahkan transmisi dari satu individu ke individu lainnya (Brahmantya *et al.*, 2020).

Beberapa faktor risiko signifikan untuk infeksi STH adalah usia, jenis kelamin, tingkat pendidikan, pendapatan, makan sayuran segar yang tidak dicuci, mencuci tangan tanpa sabun, tempat buang air besar, tanpa mengenakan sarung tangan dan kain pelindung, berjalan kaki tanpa alas kaki, dan penggunaan pupuk sintetis. Faktor-faktor kebersihan pribadi adalah faktor yang paling berkontribusi untuk infeksi STH (Apsari *et al.*, 2020). Berdasarkan sebuah studi meta-analisis di India, dua faktor risiko yang paling tinggi adalah perilaku defekasi terbuka dan kebiasaan mencuci tangan tanpa sabun (Chopra *et al.*, 2022).

Rendahnya tingkat sanitasi atau perilaku hidup bersih dan sehat (PHBS) berperan besar dalam meningkatkan risiko infeksi STH. Faktor-faktor seperti kebiasaan tidak mencuci tangan sebelum makan atau setelah buang air besar, kebersihan kuku yang kurang terjaga, konsumsi jajanan di tempat-tempat dengan kebersihan yang tidak terjamin, kepadatan penduduk yang tinggi, serta perilaku buang air besar di tempat terbuka yang mencemari tanah dan lingkungan dengan feces yang mengandung telur cacing, semuanya turut mempengaruhi. Selain itu, keterbatasan akses terhadap sumber air bersih juga berkontribusi terhadap tingginya angka infeksi (Tapiheru and Nurfadly, 2021; Idayani and Putri, 2023). Salah satu penyebab infeksi cacingan adalah kondisi kuku yang panjang dan kotor, di mana sekitar 89,5% kasus disebabkan oleh adanya bakteri dan kuman penyakit yang menempel di bawah kuku, yang kemudian dapat menyebabkan penyebaran infeksi, termasuk infeksi cacing (Idayani and Putri, 2023).

1.4.3 Diagnosis Soil-Transmitted Helminths (STH)

Penyedia layanan kesehatan dapat mengambil sampel feces dan memeriksa infeksi STH di bawah mikroskop (CDC, 2024a). Diagnosis dilakukan melalui deteksi telur-telur karakteristik menggunakan mikroskopi standar untuk memeriksa spesimen feces. Metode konsentrasi feces (misalnya, teknik Kato-Katz, McMaster, atau FLOTAC) dapat meningkatkan hasil diagnostik. Mengumpulkan dan menguji 3 spesimen feces pada 3 hari terpisah juga meningkatkan deteksi karena pelepasan yang bervariasi. Pada pelancong yang kembali, telur parasit mungkin tidak muncul dalam tinja selama beberapa bulan setelah paparan atau timbulnya gejala, karena setelah infeksi cacing betina tidak menghasilkan telur selama ≥ 40 hari untuk *Ascaris* dan ≥ 70 hari untuk cacing kremi atau cacing tambang. Serologi untuk mendeteksi antibodi STH tidak tersedia di Amerika Serikat. Pengujian PCR lebih sensitif dan spesifik daripada mikroskopi, tetapi tes umumnya masih tidak tersedia secara komersial. Ko-infeksi dengan ≥ 1 STH atau cacing parasit lainnya yang umum di beberapa daerah endemik dapat membuat diagnosis menantang (Kamb and Roy, 2024).

Secara konvensional, diagnosis STH dilakukan dengan pemeriksaan tinja

atau sampel gastrointestinal lainnya untuk telur, larva, atau cacing dewasa STH dengan mikroskop. Namun, pilihan teknik diagnostik juga bergantung pada apakah itu digunakan dalam pengaturan endemis tinggi atau rendah karena teknik yang sangat sensitif akan diperlukan untuk pengawasan di daerah endemis rendah, pelancong dari daerah ini atau selama fase eliminasi (Khurana *et al.*, 2021).

Metode standar yang umum digunakan saat ini adalah pemeriksaan mikroskopis seperti *direct smear*, Kato-Katz, teknik konsentrasi formalin-eter (FETC), dan teknik flotasi untuk menemukan telur atau larva dalam tinja. Walaupun sederhana dan murah, metode ini memiliki keterbatasan sensitivitas, terutama pada infeksi ringan. Alternatif yang lebih unggul adalah metode berbasis molekuler, yang mampu mendeteksi dengan sensitivitas tinggi dan memproses banyak sampel sekaligus (Hassan *et al.*, 2022). Metode berbasis mikroskopi konvensional seperti *smear Kato-Katz* langsung atau *mount* setelah teknik konsentrasi sentrifugasi/flotasi telah menjadi andalan diagnosis, terutama di negara-negara miskin sumber daya di mana infeksi ini melimpah. Namun, baru-baru ini, ini sedang diadaptasi menjadi format digital yang tertutup dan mudah dilakukan, sehingga meningkatkan sensitivitas serta penerapannya dalam pengaturan terpencil dan terbatas sumber daya. Penggunaan sistem analisis gambar untuk mengidentifikasi dan mengukur telur helminth, dengan potensi adaptasi ke ponsel cerdas, juga menjanjikan. Tes deteksi antibodi memiliki peran terbatas terutama dalam kasus hiperinfeksi *Strongyloides*. Tes deteksi coproantigen telah dikembangkan dan digunakan dalam praktik veteriner untuk deteksi STH, tetapi ini belum dievaluasi untuk digunakan pada manusia (Khurana *et al.*, 2021).

Diagnostik molekuler yang lebih sensitif, termasuk tes yang dikembangkan dengan alat dan teknik bioinformatika baru seperti reaksi rantai polimerase (PCR), PCR kuantitatif (qPCR), dan amplifikasi berbasis loop, dapat membantu dalam penilaian beban STH yang jelas dan tepat selama fase eliminasi dan memiliki nilai yang sangat besar untuk diagnosis di daerah dengan endemisitas rendah dan pada pelancong ke daerah endemik. Selain itu, teknik molekuler akan membantu mendeteksi spesies baru yang mungkin muncul. Preservasi sampel dan ekstraksi DNA yang efisien sangat penting dan secara signifikan mempengaruhi efisiensi tes diagnostik molekuler. Selain diagnosis infeksi klinis atau asimtomatik pada manusia, deteksi telur STH dalam sampel lingkungan sangat penting untuk meningkatkan upaya pengendalian STH. Secara keseluruhan, kinerja diagnostik, biaya efektif, kemudahan pelaksanaan, kecepatan, dan penerapan di lapangan dari setiap tes harus dipertimbangkan ketika memilih dari berbagai tes diagnostik di daerah dengan endemisitas yang berbeda, selain berusaha menuju pengembangan teknologi baru dan optimalisasi metode yang ada (Miswan *et al.*, 2022). Multiplex PCR sendiri menjadi salah satu prioritas riset untuk diagnosis STH di masa depan. Tantangan utamanya terletak pada desain primer yang tepat dan proses optimasi yang rumit, yang harus menghasilkan uji sangat sensitif dan spesifik tanpa menimbulkan reaksi silang antarspesies (Hassan *et al.*, 2022).

Deteksi STH dengan mikroskopi, meskipun sederhana dan berbiaya rendah, kurang memiliki sensitivitas yang wajar karena banyak faktor yang meliputi ekskresi

telur parasit yang tidak teratur, intensitas infeksi rendah di bawah batas deteksi, transportasi atau penyimpanan sampel yang tidak tepat yang menyebabkan disintegrasi parasit, dan lain lain. Morfologi parasit dapat menjadi terdistorsi karena penyimpanan atau pengobatan obat. Dengan demikian, setidaknya tiga spesimen feces segar harus diperiksa selama 10 hari dan beberapa teknik konsentrasi parasit harus digunakan. Berbagai tes diagnostik berbasis mikroskopi untuk diagnosis STH diringkas dalam Tabel 1.1 (Khurana *et al.*, 2021).

Tabel 1. 1 Ringkasan keuntungan dan kerugian dari tes diagnostik berbasis mikroskopi untuk cacing tanah.


Metode	Keterangan
Metode Langsung	
Kato-Katz thick smear	<p>Keuntungan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rekomendasi standar emas WHO - Murah, mudah <p>Kerugian:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sensitivitas rendah untuk cacing tambang
Mikroskop Digital	
FECPAK^{G2}	<p>Keuntungan: Memiliki sensitivitas sedang</p> <p>Kerugian: Perlu evaluasi lebih lanjut</p>
Teknologi Lab-on-a-disk	<p>Keuntungan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplikasi di tempat layanan - Berguna bahkan pada tingkat infeksi rendah <p>Kerugian:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Diperlukan pelatihan pengguna dan manajemen kualitas - Evaluasi di lapangan diperlukan
Konsentrasi Tinja	
Formol ether concentration (FEC)	<p>Keuntungan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Meningkatkan sensitivitas - Dapat diperiksa dalam beberapa jam <p>Kerugian:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Penggunaan eter berbahaya - Memerlukan sentrifugasi
Parasep® SF	<p>Keuntungan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pemrosesan lebih cepat - Latar belakang lebih bersih dengan lebih sedikit puing-puing feces - Hasil lebih baik untuk <i>T. trichiura</i>, <i>A. lumbricoides</i> <p>Kerugian:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lebih mahal dibanding FEC
Teknik McMaster	<p>Keuntungan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Murah, mudah diimplementasikan <p>Kerugian:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Membutuhkan ruang hitung khusus - Kinerja buruk untuk telur <i>Ascaris</i> yang belum




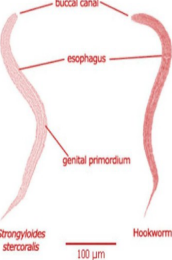
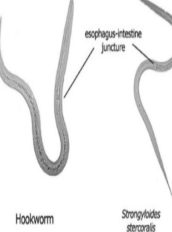
Metode	Keterangan
	dibuahi
FLOTAC	<p>Keuntungan:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sensitivitas tinggi, sistem tertutup - Versi mini-FLOTAC tidak memerlukan sentrifugasi <p>Kerugian:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estimasi jumlah telur rata-rata lebih rendah - Masih sulit ditemukan di Makassar

Metode FLOTAC merupakan salah satu teknik pemeriksaan feses dengan sensitivitas tinggi dalam mendeteksi infeksi STH, terutama pada kondisi intensitas infeksi rendah, karena menggunakan sistem tertutup yang mampu meminimalkan kehilangan telur selama proses pemeriksaan. Pengembangan mini-FLOTAC menjadi keunggulan tersendiri karena tidak memerlukan proses sentrifugasi, sehingga secara teoritis lebih praktis dan aman digunakan di lapangan. Namun demikian, beberapa keterbatasan metode ini masih menjadi kendala, antara lain estimasi jumlah telur yang cenderung lebih rendah dibandingkan metode kuantitatif lainnya, yang berpotensi memengaruhi penilaian intensitas infeksi. Selain itu, penerapan FLOTAC di Makassar relatif sulit dilakukan karena keterbatasan ketersediaan alat khusus FLOTAC/mini-FLOTAC, kebutuhan bahan flotasi dengan spesifikasi tertentu, serta belum meratanya pelatihan tenaga laboratorium terhadap metode ini, sehingga penggunaannya belum dapat diimplementasikan secara luas pada fasilitas pelayanan kesehatan dan laboratorium rutin di daerah tersebut.

Sebuah preparasi tinja yang halus dan tipis dengan garam dan yodium diperiksa untuk larva atau telur cacing usus. Karakteristik dari berbagai telur atau larva STH diringkas dalam Tabel 1.2 (Khurana *et al.*, 2021).

Tabel 1. 2 Ringkasan Temuan Mikroskopik Langsung pada STH yang Berbeda.

Cacing	Pewarnaan	Morfologi	Keterangan	Mikroskopi
<i>Ascaris lumbricoides</i>				
Telur dibuahi	Diberi pewarnaan	Ukuran: 45–75 × 30-35 µm, lapisan luar tebal dengan lapisan mamillata eksternal yang menonjol	Pada telur yang didekortikasi, lapisan mamillata luar hilang	

Telur tidak dibuahi	Diberi pewarnaan	Ukuran: 85-95 × 43-47 μm, cangkang lebih tipis dan lapisan mamillata yang bervariasi		
Telur Cacing Tambang (Ancylostoma dan Necator)	Tidak diberi pewarnaan	Ukuran: 60–75 × 35–40 μm, cangkang tipis, tidak berwarna	Jika dibiarkan berdiri lebih dari 24 jam, larva dapat menetas dari telur; harus dibedakan dari larva <i>S. stercoralis</i>	
Telur Trichuris trichiura	Tidak diberi pewarnaan	Ukuran: 50–55 × 20–25 μm, cangkang tebal berbentuk tong, memiliki "mucus plugs" bipolar	Eosinofil dan kristal Charcot- Leyden mungkin ada di spesimen tinja	
Larva Strongyloides stercoralis	Tidak diberi pewarnaan	Larva rhabditiform tanpa cangkang berukuran 200–300 μm × 16 μm	Esofagus yang membulat dan rongga mulut yang pendek membedakannya dari larva cacing tambang	
		Larva filariform hingga 600 μm × 20 μm dapat terlihat pada hiperinfeksi	Ekor larva bergaris dengan rasio 1:1 dari esofagus: usus, dibandingkan dengan larva filariform cacing tambang yang memiliki ekor runcing dan esofagus pendek	

1.4.4 Pencegahan *Soil-Transmitted Helminths* (STH)

Pemberian obat-obatan seperti Albendazole dan Mebendazole sebagai antihelmintik dapat menjadi pilihan terapi infeksi STH. Pengobatan berlangsung antara satu hingga tiga hari dan sangat efektif, terlepas dari spesies cacing parasitnya. Dalam beberapa negara atau wilayah tropis atau subtropis, beberapa orang memiliki risiko lebih tinggi untuk infeksi cacing tanah (cacing tambang, *Ascaris*, dan cacing kremi). Orang-orang ini sering menerima pengobatan tanpa pemeriksaan tinja sebelumnya. Hal ini dikenal sebagai pengobatan preventif atau "kemoterapi preventif" (CDC, 2024a; CDC, 2019). Pengobatan ascariasis usus terdiri dari terapi anthelmintik, yang secara efektif mengurangi morbiditas tetapi tidak mencegah reinfeksi. Obat-obatan yang paling sering digunakan untuk mengobati cacing tambang dan *Ascaris* adalah albendazole dan mebendazole, dan untuk cacing kremi kombinasi albendazole plus ivermectin. Obat-obatan ini aman untuk anak-anak tetapi harus dihindari atau digunakan dengan hati-hati pada wanita hamil atau menyusui (Conterno *et al.*, 2020; Chai *et al.*, 2021).

Pencegahan infeksi STH sangat bergantung pada penerapan strategi WASH (*Water, Sanitation, and Hygiene*) yang mencakup akses terhadap air bersih, fasilitas sanitasi yang layak, dan perilaku kebersihan pribadi yang baik. Penggunaan air bersih dapat mencegah kontaminasi makanan dan tangan dengan telur cacing yang terdapat di tanah atau feses. Fasilitas sanitasi seperti toilet yang tertutup dan sistem pembuangan limbah yang aman dapat mencegah penyebaran telur cacing ke lingkungan. Sementara itu, kebiasaan mencuci tangan dengan sabun sebelum makan dan setelah buang air besar, tidak berjalan tanpa alas kaki di tanah, serta menjaga kebersihan kuku dan tubuh secara umum merupakan langkah penting untuk memutus rantai transmisi STH. Pendekatan WASH ini terbukti efektif dalam mengurangi prevalensi infeksi cacing, namun keberhasilannya sangat ditentukan oleh perubahan perilaku masyarakat secara berkelanjutan serta dukungan infrastruktur sanitasi yang memadai (Alifia, 2021).

Kelompok berisiko tinggi yang diidentifikasi oleh WHO adalah anak-anak prasekolah dan usia sekolah, wanita usia subur (termasuk wanita hamil pada trimester kedua dan ketiga serta wanita yang menyusui), dan orang dewasa dalam pekerjaan di mana terdapat risiko tinggi infeksi berat. Program kesehatan sekolah seringkali memberikan pengobatan kepada siswa. Beberapa fasilitas kesehatan melakukan perawatan khusus bagi wanita hamil dan anak-anak yang lebih muda yang terinfeksi STH. Pengobatan STH dan *neglected tropical disease* (NTD) lainnya terkadang menggunakan pemberian obat secara massal atau *mass drug administration* (MDA) (Hoefle-Bénard and Salloch, 2024). MDA mengobati seluruh komunitas sekaligus dan obat-obatan yang digunakan dalam MDA aman dan murah atau disumbangkan dan ditawarkan kepada seluruh kelompok berisiko untuk pencegahan penyakit ini (CDC, 2024a).

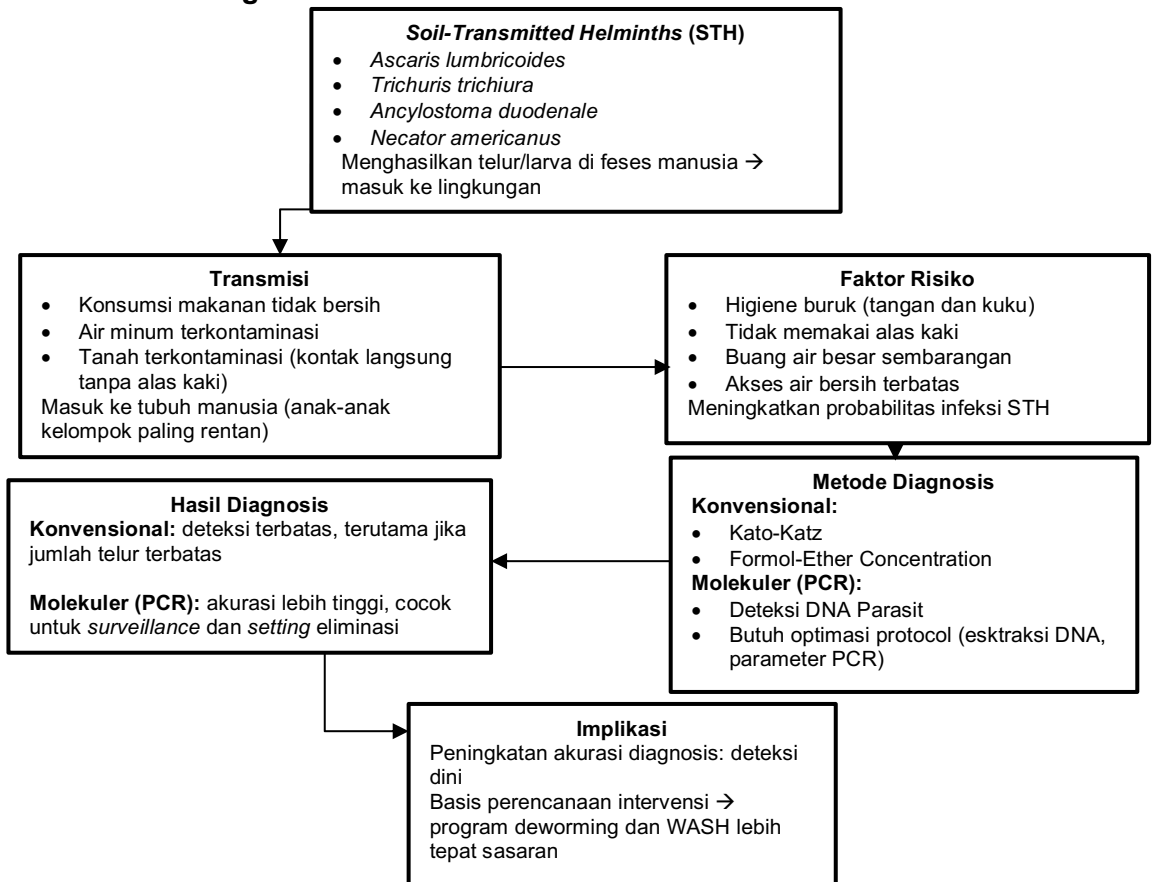
Untuk menurunkan risiko terkena infeksi cacing tanah (CDC, 2024a; CDC, 2019):

- a. Cuci tangan sebelum menyentuh makanan.

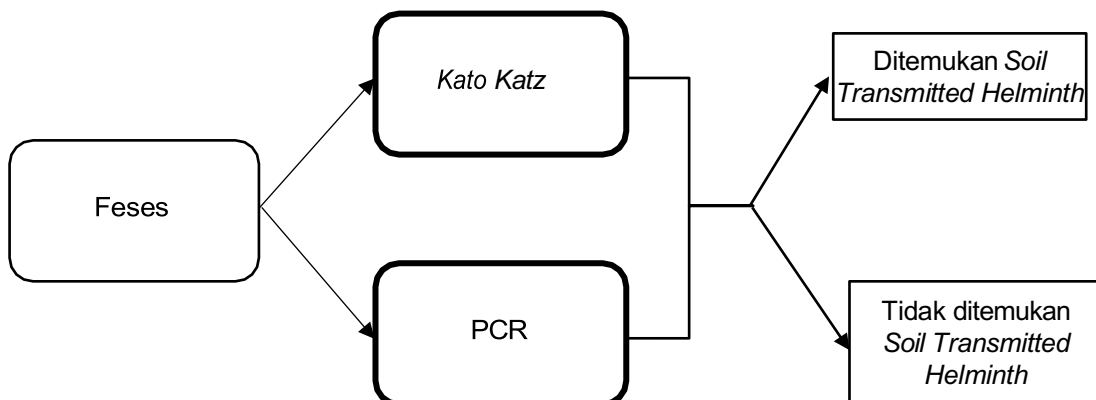
- b. Cuci, kupas, dan masak buah-buahan serta sayuran mentah.
- c. Hindari tanah dan air minum yang terkontaminasi dengan kotoran manusia.
- d. Kenakan sepatu saat berjalan di tanah yang mungkin terkontaminasi dengan kotoran manusia untuk mencegah infeksi cacing tambang.

Tidak ada vaksin atau obat yang tersedia untuk mencegah infeksi STH. Pelancong dapat meminimalkan risiko infeksi dengan menggunakan langkah-langkah pencegahan yang bertujuan mengurangi konsumsi atau paparan tanah yang terkontaminasi dengan kotoran manusia (Delahoy *et al.*, 2018). Langkah-langkah pencegahan termasuk kebersihan tangan yang cermat; mencuci, mengupas, dan memasak sayuran dan buah mentah; serta merebus atau mengolah air. Untuk menghindari infeksi cacing tambang, pelancong harus menghindari berjalan tanpa alas kaki di daerah di mana cacing tambang umum atau di mana tanah mungkin terkontaminasi oleh kotoran manusia (Kamb and Roy, 2024).

1.4.5 Kerangka Teori



Gambar 1. 4 Kerangka Teori



Gambar 1. 5 Kerangka Konsep

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini, antara lain:

1. Manfaat Akademik
 - a. Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan metode diagnostik perbandingan sensitivitas dan spesifisitas metode *Kato-Katz* dan *Polymerase Chain Reaction (PCR)*.
 - b. Menambah referensi ilmiah terkait prevalensi infeksi STH di lingkungan sekolah dasar di Indonesia, khususnya di wilayah Makassar.
2. Manfaat Praktis
 - a. Memberikan data yang dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan metode diagnostik yang lebih akurat dan efisien untuk deteksi infeksi STH di fasilitas kesehatan.
 - b. Mendukung upaya pengendalian dan pencegahan infeksi STH pada anak usia sekolah melalui identifikasi infeksi dengan metode diagnostik yang lebih sensitif dan spesifik.
3. Manfaat Kebijakan Kesehatan
 - a. Menjadi acuan bagi pembuat kebijakan kesehatan dalam memilih pendekatan diagnostik yang sesuai untuk surveilans dan intervensi terhadap infeksi parasit usus di Indonesia.
 - b. Meningkatkan kualitas program kesehatan berbasis sekolah dengan mendeteksi dan menanggulangi infeksi STH secara lebih efektif.

1.6. Penelitian Terdahulu

Tabel 1. 3 Penelitian Terdahulu.

No.	Penulis	Judul Penelitian	Tahun	Lokasi	Hasil Penelitian
1.	Brandon Le et al	<i>Using quantitative PCR to identify opportunities to</i>	2022	Sidney, Australia	Spesimen feses dari 830 penduduk desa menunjukkan prevalensi STH

		<p><i>strengthen soil-transmitted helminth control in Solomon Islands: A cross-sectional epidemiological survey</i></p>			<p>sebesar 63,3% (rentang 27,5–91,5%). Spesies dominan: <i>Necator americanus</i> (54,5%), diikuti <i>Ancylostoma ceylanicum</i> (15,5%), <i>Trichuris trichiura</i> (9,1%), dan <i>Strongyloides</i> spp. (3,2%). Mayoritas infeksi tergolong ringan. Kepemilikan jamban dikaitkan dengan risiko infeksi <i>N. americanus</i> yang lebih rendah (AOR 0,41), sementara curah hujan tinggi dikaitkan dengan infeksi <i>T. trichiura</i> yang lebih umum (AOR 1,14).</p>
2.	Vivornpun Sanprasert et al.	<p><i>Development of Conventional Multiplex PCR: A Rapid Technique for Simultaneous Detection of Soil-Transmitted Helminths</i></p>	2019	Bangkok, Thailand	<p>Multiplex PCR dapat mendeteksi DNA STH pada konsentrasi gen target sangat rendah (<1 pg) tanpa amplifikasi silang. Sensitivitasnya 5× lebih tinggi daripada FECT untuk infeksi ganda, dan 2× lebih tinggi untuk <i>S. stercoralis</i>. Sensitivitas serupa dengan FECT untuk <i>A. lumbricoides</i> dan <i>N. americanus</i>. Efektif terutama untuk deteksi <i>S. stercoralis</i>.</p>

3.	Angus Hughes et al.	<i>Epidemiology of soil-transmitted helminths using quantitative PCR and risk factors for hookworm and Necator americanus infection in school children in Dak Lak province, Vietnam</i>	2023	Dak Lak, Vietnam	Spesies dominan: <i>N. americanus</i> (prevalensi klaster 13,7%, rentang 0–56,3%). Spesies STH lainnya <1%. Risiko lebih tinggi pada anak-anak dari etnis minoritas, yang buang air besar sembarangan di sekolah (AOR 1,42), dan yang menggunakan sumber air tidak layak di rumah (AOR 1,28). Risiko lebih rendah pada anak-anak dengan toilet berflush (AOR 0,58) dan pengasuh perempuan berpendidikan menengah (AOR 0,65) atau tinggi (AOR 0,39).
4.	Sze Fui et al.	<i>Development and Evaluation of a Multiplex Quantitative Real-Time PCR for Hookworm Species in Human Stool..</i>	2018	Kamboja Utara	Prevalensi cacing tambang berdasarkan qPCR: 43,8% (84/192), lebih tinggi dibanding mikroskopis (25,5%). Tingkat kesesuaian tinggi dengan multiplex STH qPCR untuk <i>N. americanus</i> (Kappa 0,943) dan <i>Ancylostoma</i> spp. (Kappa 0,936). Korelasi kuat hingga sedang antara nilai Ct dan EPG: $R^2 \geq 0,9004$ (sampel ditambahkan), $R^2 = 0,6848$ (infeksi

					alami). Cocok untuk uji efikasi obat dan pemantauan program pemberantasan massal.
5.	Christian N, et al.	<i>Performance of real-time polymerase chain reaction and Kato-Katz for diagnosing soil-transmitted helminth infections and evaluating treatment efficacy of emodepside in randomized controlled trials</i>	2025	Tanzania	Studi kami mengonfirmasi bahwa qPCR merupakan metode diagnostik yang sensitif untuk mendeteksi infeksi STH dibandingkan dengan metode <i>Kato-Katz</i> , serta berfungsi sebagai alat yang berharga untuk mengevaluasi efektivitas pengobatan dalam uji klinis. Selain itu, qPCR juga mengonfirmasi bahwa efektivitas pengobatan dengan emodepside lebih baik dibandingkan dengan albendazole, meskipun menunjukkan angka kesembuhan yang lebih rendah dibandingkan dengan hasil dari metode <i>Kato-Katz</i> .
6.	Beatrice Barda, et al	<i>Comparison of real-time PCR and the Kato-Katz method for the diagnosis of soil-transmitted helminthiasis and assessment of cure in a randomized</i>	2020	Swiss	Studi ini menunjukkan bahwa PCR lebih sensitif daripada <i>Kato-Katz</i> dalam mendeteksi infeksi cacing usus (STH), terutama pada cacing tambang. Meskipun angka

		<i>controlled trial</i>			kesembuhan (cure rate) yang diukur dengan PCR cenderung lebih rendah dibanding <i>Kato-Katz</i> , PCR memberikan gambaran yang lebih akurat terhadap efektivitas pengobatan.
7.	Jade Benjamin, et al	<i>Comparison of Multi-Parallel qPCR and Double-Slide Kato-Katz for Detection of Soil-Transmitted Helminth Infection Among Children in Rural Bangladesh</i>	2020	California	qPCR menunjukkan sensitivitas yang jauh lebih tinggi dibandingkan <i>Kato-Katz</i> , khususnya untuk <i>hookworm</i> dan <i>T. trichiura</i> . Studi ini juga menemukan bahwa <i>Kato-Katz</i> menghasilkan banyak positif palsu untuk <i>A. lumbricoides</i> . Hasil ini menyoroti keterbatasan <i>Kato-Katz</i> dan mendukung penggunaan qPCR sebagai metode diagnosis yang lebih akurat dalam upaya eliminasi STH.
8.	Gabriela Matamoros, et al	<i>A comparison of the diagnostic capability of Kato-Katz and real-time PCR for the assessment of treatment efficacy of ivermectin and albendazole combination against T. trichiura infections</i>	2024	Honduras	Studi ini menunjukkan bahwa real-time PCR memiliki kesesuaian diagnostik yang tinggi (88,7%) dengan <i>Kato-Katz</i> dalam menilai keberhasilan pengobatan <i>Trichuris trichiura</i> dalam uji klinis. PCR juga lebih

					andal untuk mendeteksi infeksi ringan, di mana Kato-Katz sering meleset. Hasil ini mendukung penggunaan PCR sebagai metode yang lebih akurat untuk estimasi cure rate dalam penelitian klinis, meskipun metode diagnosis untuk surveilans epidemiologis mungkin tetap berbeda.
9.	Sanely Risti	Perbandingan Metode <i>Kato-Katz</i> dengan PCR untuk Mendiagnosis Infeksi <i>Soil Transmitted Helminths</i>	2025	Palembang, Indonesia	Studi di Palembang membandingkan akurasi metode Kato-Katz dan PCR pada 34 pasien HIV. Kato-Katz mendeteksi infeksi STH pada 94,12% sampel, sementara PCR mendeteksi 70,59%, termasuk infeksi ganda (<i>A. lumbricoides</i> dan <i>N. americanus</i>). PCR lebih sensitif terhadap infeksi ringan, namun kurang andal dalam mendeteksi kasus negatif. Nilai kesepakatan antar metode rendah (Kappa 0,761). Disimpulkan bahwa kombinasi Kato-Katz dan PCR dianjurkan untuk meningkatkan akurasi diagnosis pada populasi imunokompromais.
10.	Jade	<i>Comparison of</i>	2020	Bangladesh	Pada 2.799 sampel

	Benjamin, et al	<p><i>multi-parallel qPCR and double-slide Kato-Katz for detection of soil-transmitted helminth infection among children in rural Bangladesh</i></p>		<p>feses anak di daerah endemik Bangladesh, prevalensi STH yang terdeteksi oleh qPCR jauh lebih tinggi dibanding Kato-Katz, terutama untuk <i>hookworm</i> (3 kali lipat) dan <i>T. trichiura</i> (2 kali lipat). Sensitivitas qPCR juga lebih tinggi untuk semua jenis cacing, sementara Kato-Katz menghasilkan 26% positif palsu untuk <i>A. lumbricoides</i> yang tidak terkonfirmasi oleh PCR. qPCR lebih sensitif dan akurat dibanding Kato-Katz dalam mendeteksi infeksi STH intensitas ringan. Temuan ini menyoroti keterbatasan Kato-Katz dan mendukung penggunaan qPCR dalam strategi eliminasi STH.</p>
--	-----------------	--	--	---

BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian dengan pendekatan *cross-sectional* digunakan untuk membandingkan prevalensi infeksi STH berdasarkan hasil pemeriksaan *Kato-Katz* dengan *Polymerase Chain Reaction*.

2.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SD Laniang Makassar dan Panti Asuhan Y yang terletak di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar Provinsi Sulawesi Selatan. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada tingginya prevalensi infeksi STH di wilayah ini serta ketersediaan populasi yang relevan untuk dijadikan subjek penelitian. Selain itu, lingkungan sekolah dan panti asuhan ini juga merupakan representasi dari kondisi sanitasi dan perilaku kebersihan yang sering kali berkaitan erat dengan risiko terpapar STH.

Penelitian ini direncanakan dilaksanakan selama enam bulan, dimulai pada Februari hingga Juli 2025. Rentang waktu ini dipilih untuk memastikan adanya cukup waktu dalam pengumpulan data, pemeriksaan feses, dan analisis hasil. Waktu tersebut juga mempertimbangkan aksesibilitas subjek penelitian (siswa dan anak asuh panti) yang dapat dimonitor selama periode sekolah berlangsung.

2.3 Populasi Penelitian

Populasi penelitian ini terdiri dari siswa Kelas 1 hingga 6 yang bersekolah di Sekolah Dasar Laniang Makassar dan anak asuh Panti Asuhan Y di Kecamatan Tamalanrea Kota Makassar. Subjek penelitian mencakup seluruh siswa yang hadir secara reguler selama periode pengambilan sampel penelitian, yaitu dari bulan Februari 2025 hingga Juli 2025.

2.4 Sampel Penelitian

2.4.1 Sampel dan Teknik Pengambilan Sampel

Sampel dalam penelitian ini adalah siswa yang berada di kelas 1 hingga 6 di Sekolah Dasar Laniang Makassar dan anak asuh Panti Asuhan Y selama periode pengambilan sampel penelitian dari Februari 2025 hingga Juli 2025 dan memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Pemilihan sampel siswa dari kelas-kelas ini dan anak asuh panti asuhan didasarkan pada pertimbangan bahwa usia mereka, yang berkisar antara 2 hingga 13 tahun, merupakan kelompok usia yang lebih rentan terhadap infeksi STH. Anak-anak pada rentang usia ini umumnya aktif berinteraksi dengan lingkungan, sering kali dengan perilaku kebersihan yang belum memadai sehingga meningkatkan risiko paparan terhadap infeksi cacing yang ditularkan melalui tanah. Dengan menggunakan pendekatan *purposive sampling*, penelitian akan memastikan bahwa sampel yang dipilih relevan dengan tujuan penelitian, yaitu untuk mengidentifikasi dan membandingkan prevalensi infeksi STH dengan kedua metode pemeriksaan.

2.4.2 Perkiraan Sampel

Berdasarkan populasi yang ditetapkan, sampel penelitian akan diambil dari

siswa SD Laniang Makassar dan anak asuh Panti Asuhan Y. Total populasi berjumlah 142 siswa dan 25 anak asuh. Untuk memastikan hasil penelitian yang representatif dan valid secara statistik dengan mempertimbangkan keterbatasan sumber daya, peneliti akan menggunakan metode proporsi prevalensi (Lemeshow). Apabila perkiraan prevalensi STH berdasarkan studi sebelumnya adalah 30%, maka rumusnya (Lemeshow, 1997):

$$n = \frac{Z^2 P(1 - P)}{d^2}$$
$$n = \frac{(1.96)^2 (0.3)(0.7)}{(0.15)^2}$$
$$n = \frac{0.8067}{0.0225} = 35.8$$

Dibulatkan ke atas = 36 sampel

Di mana:

Z = 1.96 (untuk tingkat kepercayaan 95%) P = prevalensi STH (estimasi 30% = 0,3)

d = batas ketepatan (estimasi 15% = 0.15)

Jumlah sampel dihitung berdasarkan estimasi prevalensi kecacangan dari penelitian sebelumnya, tingkat kepercayaan 95%, serta batas ketepatan yang ditetapkan. Sampel akhir akan dipilih secara acak dari populasi yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi.

2.5 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

2.5.1 Kriteria inklusi

1. Siswa yang hadir secara reguler dan anak asuh yang tinggal menetap di panti asuhan selama periode penelitian.
2. Siswa atau anak asuh yang diberikan izin oleh orang tua/wali dan bersedia mengisi lembar persetujuan (*informed consent*)
3. Siswa dan anak asuh yang membawa atau menyerahkan feses serta bersedia mengisi kuesioner dibantu oleh orang tua/wali.

2.5.2 Kriteria eksklusi

1. Siswa yang memiliki penyakit gastrointestinal lain yang tidak terkait dengan infeksi STH.
2. Siswa yang tidak mendapatkan izin dari orang tua atau wali untuk mengikuti penelitian.

2.6 Izin Penelitian dan Ethical Clearance

1. Ijin penelitian diperoleh dengan persetujuan Komite Etik Penelitian Biomedik pada Manusia, Pascasarjana, Universitas Hasanuddin, Makassar.
2. Kerahasiaan data setiap subjek penelitian dijaga ketat.

2.7 Alokasi Subjek dan Prosedur Penelitian

2.7.1 Alokasi Subjek

Dari jumlah populasi tersebut, sebanyak 41 sampel (34 sampel dari SD Laniang Makassar dan tujuh sampel dari Panti Asuhan Y) yang diperiksa menggunakan metode *Kato-Katz* dan PCR untuk mendeteksi infeksi STH guna

mengevaluasi perbedaan sensitivitas dan spesifisitas antara kedua teknik pemeriksaan.

Ukuran sampel ini didasarkan pada pertimbangan metodologis dan kebutuhan untuk memperoleh hasil yang memiliki tingkat kepercayaan tinggi. Dengan menggunakan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih luas tentang prevalensi STH di SD Laniang Makassar dan Panti Asuhan Y sekaligus menilai efektivitas metode PCR dibandingkan dengan *Kato-Katz* dalam mendeteksi infeksi STH.

2.7.2 Prosedur Penelitian

Berikut adalah prosedur penelitian ini, antara lain:

1. **Pemberian Informasi dan Persetujuan:** Pada awal penelitian, peneliti akan memberikan penjelasan rinci kepada siswa, anak asuh, dan orang tua/wali mengenai tujuan dan prosedur penelitian, termasuk pentingnya pemeriksaan feses rutin untuk mengidentifikasi infeksi STH. Setelah itu, persetujuan tertulis akan dikumpulkan dari siswa yang bersedia berpartisipasi.
2. **Pengambilan Sampel Feses:** Pemeriksaan feses akan dilakukan secara rutin selama penelitian di mana sampel feses siswa akan diambil dengan prosedur yang sesuai standar laboratorium. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mendeteksi adanya telur cacing *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, dan *Hookworm*, yang merupakan jenis-jenis utama dari STH.
3. **Pemeriksaan Laboratorium:** Sampel feses yang telah diambil akan diperiksa di laboratorium menggunakan metode *Kato-Katz* dan PCR, untuk mengidentifikasi telur cacing. Hasil pemeriksaan akan mencatat apakah siswa terinfeksi STH atau tidak (positif atau negatif).

a. Langkah-langkah pemeriksaan *Kato-Katz*

Pemeriksaan telur cacing STH dalam sampel feses dilakukan dengan metode ***Kato-Katz***, menggunakan bahan dan alat sebagai berikut:

Bahan dan Alat:

- Aqua destilata (Aquadest)
- Gliserin
- Malachite green
- Kertas selofan (*cellophane*)
- Kaca objek (object glass)
- Karton tebal berukuran standar dengan lubang diameter 6 mm (template)/aluminium cetak
- Kawat kasa
- Pot plastik untuk sampel feses
- Aplikator kayu/plastik
- Tisu
- Spidol permanen
- Gunting
- Baskom plastik kecil
- Sarung tangan (handscoon)

- Penghitung telur (counter)
- Mikroskop

Prosedur Pemeriksaan:

- 1) Persiapan Kertas Selofan Berwarna
 - Kertas selofan dipotong persegi kira-kira 3 × 4 cm.
 - Direndam dalam larutan pewarna yang terdiri dari **glycerin dan malachite green** (biasanya konsentrasi malachite green 1–3%) selama minimal 24 jam sebelum digunakan.
- 2) Pengambilan Sampel Feses
 - Pasien diberikan pot plastik untuk mengumpulkan sampel feses segar.
 - Gunakan sarung tangan saat menangani sampel.
- 3) Pembuatan Preparat
 - Letakkan **kaca objek** di atas meja kerja.
 - Tempelkan **template karton berlubang/aluminium cetak** di tengah kaca objek.
 - Ambil feses dengan **aplikator**, kemudian tekan feses melalui **kawat kasa** agar hanya bagian halus yang masuk ke dalam lubang template.
 - Ratakan feses hingga memenuhi seluruh lubang dengan permukaan rata.
 - Angkat template karton secara perlahan dan hati-hati.
- 4) Penutupan dengan Selofan
 - Ambil selembar **kertas selofan** yang telah direndam dalam larutan pewarna, letakkan di atas feses.
 - Gunakan **baskom kecil** atau alat lain untuk menekan perlahan agar feses tersebar merata dan membentuk lapisan tipis di antara kaca objek dan selofan.
- 5) Pemeraman (*Clearing*)

Diamkan preparat selama ±30–60 menit agar gliserin menyerap air dari feses dan membuat telur cacing tampak lebih jelas.
- 6) Pemeriksaan Mikroskopik
 - Periksa preparat di bawah **mikroskop cahaya** dengan pembesaran 100× dan 400×.
 - Hitung jumlah telur cacing per jenis yang terlihat, menggunakan **alat penghitung (counter)**.
 - Hasil dinyatakan dalam bentuk *egg per gram* (EPG) dengan mengalikan jumlah telur dengan faktor pengali (biasanya 24, sesuai berat sampel ±41,7 mg).
- 7) Pencatatan dan Dokumentasi

Tulis identitas sampel pada kaca objek menggunakan **spidol permanen**. Catat hasil pengamatan sesuai jenis dan jumlah telur yang ditemukan.

b. Langkah-langkah pemeriksaan PCR

Dalam pelaksanaan uji *multiplex* PCR, setiap pasangan primer spesifik-spesies disusun untuk mengamplifikasi segmen spesifik DNA genom dari masing-masing spesies *A. Lumbricoides*, *T. Trichiura*, *N. Americanus*, dan *A. Duodenale* berdasarkan sekuens yang telah dipublikasikan sebelumnya (nomor akses GenBank: AJ000895.1, AM992981.1, AJ001599.1, dan AJ001594.1). Setiap spesies memiliki satu pasang primer yang dirancang secara terpisah (Hassan *et al.*, 2022).

Tabel 2. 1 Urutan oligonukleotida dan pasangan basa target untuk setiap spesies STH

Spesies	Nomor Akses	Urutan	Pasangan basa (bp)
<i>Ancylostoma duodenale</i>	AJ001594.1 Internal Transcribed Spacer 2 (ITS 2)	Ancylostoma-F: ACTGTTTGTCGAACGGCACT Ancylostoma-R: GCCGAAACGTTCTAAAGTCG	156
<i>Necator americanus</i>	AJ001599.1 Internal Transcribed Spacer 2 (ITS 2)	Necator-F: GTGTTTCAGCAATTCCCGTTT Necator-R: TTGCAAATGACACATCCACA	225
<i>Ascaris lumbricoides</i>	AJ000895.1 Internal Transcribed Spacer 1 (ITS 1)	Ascaris-F: GTCTCCGAACGTGCACATAA Ascaris-R: CTCCAAGCTGAGGCTCATTG	334
<i>Trichuris trichiura</i>	AM992981.1 ITS 1 (parsial), gen 5.8S rRNA, dan ITS 2 (parsial)	Trichuris-F: AGGCAGCAGCAATTTTCACT Trichuris-R: CGTAGGCTGACATCTTTGA	518

Kontrol positif untuk *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Necator americanus*, dan *Ancylostoma duodenale* diperoleh dari spesimen sisa yang tidak terpakai dan telah diarsipkan dari penelitian sebelumnya. Spesimen ini diambil dari laboratorium Departemen Parasitologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin. Spesimen ini sebelumnya dilakukan pemeriksaan dengan teknik *Kato-Katz*. Spesimen yang terdeteksi positif secara mikroskopis kemudian dianalisis menggunakan PCR (Hassan *et al.*, 2022).

Untuk optimasi awal primer, dilakukan *gradient* PCR menggunakan metode PCR konvensional dengan berbagai rentang DNA STH yang telah terverifikasi untuk memperoleh suhu *annealing* yang optimal. Produk amplifikasi positif kemudian dimurnikan sesuai instruksi pabrikan dengan modifikasi volume elusi akhir (Hassan *et al.*, 2022).

Berikut adalah langkah-langkah pemeriksaan PCR, antara lain:

- 1) Isolasi DNA
 - Sampel feces terlebih dahulu diekstraksi menggunakan *kit* ekstraksi DNA sesuai protokol pabrik (misalnya QIAamp DNA Stool Mini Kit).

- Prosedur meliputi lisis sel, pemisahan protein dan kontaminan lainnya, serta pemurnian DNA hingga diperoleh eluate DNA murni.
- 2) **Penyiapan Master Mix**
Campuran reaksi (Master Mix) disiapkan dalam tabung PCR yang terdiri dari: ddH₂O (air bebas nuklease); Buffer PCR 10×; MgCl₂; dNTP mix; Primer forward dan reverse spesifik untuk genus/jenis STH target (misalnya *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, *Necator americanus*); dan Taq DNA Polymerase.
 - 3) **Penambahan DNA Template**
DNA hasil ekstraksi dari sampel feses ditambahkan ke dalam masing-masing tabung PCR yang telah berisi master mix.
 - 4) **Amplifikasi DNA (PCR *Termocycling*)**
Reaksi PCR dijalankan dalam mesin thermocycler dengan program sebagai berikut (contoh umum):
 - **Denaturasi awal:** 94°C selama 3 menit
 - **Siklus PCR (35–40 siklus):**
 - Denaturasi: 94°C selama 30 detik
 - Annealing: 55–60°C selama 30 detik (tergantung suhu spesifik primer)
 - Elongasi: 72°C selama 1 menit
 - **Elongasi akhir:** 72°C selama 5–10 menit
Setelah selesai, tabung disimpan di suhu 4°C.
 - 5) **Visualisasi Hasil PCR**
 - Produk PCR dianalisis menggunakan elektroforesis gel agarosa 1,5% yang diwarnai dengan EtBr atau SYBR Safe.
 - Sampel dimuat dalam gel bersama marker DNA (DNA ladder) dan dijalankan pada 100V selama ±45–60 menit.
 - Hasil diamati di bawah sinar UV, dan keberadaan pita DNA sesuai ukuran target menunjukkan hasil positif.
4. **Analisis Data:** Data yang diperoleh dari hasil pemeriksaan feses akan dianalisis untuk melihat perbedaan prevalensi infeksi STH dari kedua metode.

Sensitivitas analitis dievaluasi menggunakan pengenceran berseri 10 kali lipat dari DNA genom kontrol positif, mulai dari 10⁻¹ hingga 10⁻⁵, untuk mendeteksi konsentrasi DNA terendah yang dapat terdeteksi pada multiplex PCR. Hasil pemeriksaan mikroskopik, *Kato-Katz*, digunakan sebagai acuan untuk keberadaan spesies STH.

2.8 Identifikasi dan Klasifikasi Variabel

1. **Variabel Bebas (Independen):** Variabel ini mencakup jenis pemeriksaan berupa *Kato-Katz* dan PCR. Variabel ini menentukan hasil yang akan diperoleh dari sampel feses.
2. **Variabel Terikat (Dependen):** Variabel ini merupakan hasil deteksi STH, yaitu apakah ditemukan atau tidak ditemukan STH pada sampel feses.

2.9 Definisi Operasional dan Kriteria Objektif

1. Sampel Feses

Definisi Operasional: Materi biologis berupa tinja yang diambil dari siswa SD sebagai bahan analisis dalam pemeriksaan STH.

Kriteria Objektif: Volume sampel minimal 1 gram untuk *Kato-Katz* dan minimal 0.5 gram untuk PCR. Kondisi penyimpanan (suhu, medium pengawet disesuaikan dengan prosedur). Waktu pengambilan hingga di analisis maksimal 48 jam untuk *Kato-Katz*.

Alat Ukur: Observasi.

Skala Ukur: Kategorik (Memenuhi syarat dan tidak memenuhi syarat).

2. *Kato-Katz*

Definisi Operasional: Metode mikroskopis berbasis sediaan tinja yang digunakan untuk mendeteksi telur STH dengan cara pewarnaan dan perhitungan telur.

Kriteria Objektif: Siswa dengan hasil positif menunjukkan adanya telur cacing dalam sampel feses, sedangkan siswa dengan hasil negatif menunjukkan tidak adanya telur cacing.

Alat Ukur: *Kato-Katz*

Skala Ukur: Nominal.

3. PCR (*Polymerase Chain Reaction*)

Definisi Operasional: Metode berbasis deteksi DNA untuk mengidentifikasi keberadaan material genetik parasit dalam sampel feses.

Kriteria Objektif: Dilakukan menggunakan metode standar (misalnya kit ekstraksi DNA komersial seperti Qiagen QIAamp DNA Stool Kit) dengan kontrol kualitas untuk memastikan keberhasilan ekstraksi.

Alat Ukur: PCR

Skala Ukur: Nominal.

4. Infeksi *Soil-Transmitted Helminths* (STH)

Definisi Operasional: Infeksi yang ditandai dengan adanya telur cacing dalam sampel feses siswa, seperti *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, dan Hookworms.

Kriteria Objektif: Siswa dengan hasil positif menunjukkan adanya telur cacing dalam sampel feses, sedangkan siswa dengan hasil negatif menunjukkan tidak adanya telur cacing.

Alat Ukur: Pemeriksaan feses rutin *Kato-Katz* dan PCR.

Skala Ukur: Nominal.

2.10 Pengolahan dan Analisis Data

2.10.1 Pengolahan Data

Data yang digunakan adalah data primer yang diperoleh melalui pengambilan feses dari murid-murid SD Laniang Makassar dan anak asuh Panti Asuhan Y kemudian feses diperiksa di Laboratorium Parasitologi Fakultas Kedokteran Universitas Hasanuddin dengan cara pemeriksaan *Kato-Katz* dan di Laboratorium HUM-RC Rumah Sakit Universitas Hasanuddin dengan pemeriksaan PCR.

2.10.2 Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan diolah dengan software *Statistica Product dan Service Solution* (SPSS). Data dianalisis secara deskriptif yang kemudian disajikan dalam bentuk tabel distribusi frekuensi.

2.11 Alur Penelitian

Berikut alur penelitian yang akan dilakukan secara formal:

1. Persiapan dan Koordinasi:

Peneliti akan memulai dengan melakukan koordinasi dengan pihak sekolah dan panti asuhan, khususnya dengan kepala sekolah, guru wali kelas, dan wali untuk mendapatkan izin dan menjelaskan tujuan serta prosedur penelitian. Peneliti juga akan memberikan informasi kepada orang tua siswa melalui surat pemberitahuan yang mencakup tujuan penelitian, prosedur pengambilan sampel feses, serta persetujuan untuk partisipasi siswa dalam penelitian.

2. Seleksi dan Identifikasi Sampel:

Sampel penelitian terdiri dari siswa kelas 1 hingga kelas 6 di SD Laniang Makassar dan anak asuh Panti Asuhan Y. Siswa yang berpartisipasi akan disesuaikan dengan kriteria inklusi dan eksklusi.

3. Pengumpulan Data Primer (Pemeriksaan Feses):

Setiap siswa yang menjadi subjek penelitian diminta untuk memberikan sampel feses mereka. Pengumpulan feses dilakukan secara individual dengan alat yang telah disediakan oleh peneliti yang kemudian akan dikumpulkan dan dianalisis di laboratorium. Pemeriksaan feses akan dilakukan untuk mengidentifikasi keberadaan telur cacing STH, seperti *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura*, dan *Hookworms*.

4. Analisis Laboratorium:

Sampel feses yang telah dikumpulkan akan diperiksa di laboratorium untuk mengidentifikasi telur cacing STH. Pemeriksaan ini dilakukan menggunakan metode standar pemeriksaan mikroskopik yang direkomendasikan untuk deteksi telur cacing. Hasil pemeriksaan akan dikategorikan sebagai positif (jika ditemukan telur cacing) atau negatif (jika tidak ditemukan telur cacing).

5. Pengolahan dan Analisis Data:

Setelah pengumpulan data selesai, hasil pemeriksaan feses akan dianalisis

secara statistik untuk membandingkan kedua metode.

6. Penyusunan Laporan Penelitian:

Hasil dari penelitian ini akan disusun dalam laporan penelitian yang berisi analisis data, kesimpulan, dan rekomendasi. Laporan ini nantinya akan dipresentasikan kepada pihak sekolah dan dipublikasikan dalam jurnal atau forum ilmiah yang relevan dengan tujuan memberikan kontribusi dalam upaya pencegahan infeksi STH di kalangan siswa sekolah dasar.