Jurnal Ilmu Kedokteran (Journal of Medical Science), Jilid 20, Nomor 1, Maret 2026, Hal. 39-49
https://doi.org/10.26891/JIK.v20i1.2026. 39-49

Tinjauan Pustaka

Epidemiologi dan Diagnosis Kasus Atypical Trypanosomiasis Pada Manusia dan Rodensia

Saulimita Risti[1*], Nurhadi Eko Firmansyah[2], Heri Wibowo[2]

ABSTRACT

Atypical human trypanosomiasis (AHT) is a zoonotic disease caused by animal trypanosomes, one of which is *Trypanosoma lewisi*, a parasite that naturally infects rodents and can be transmitted to humans. Cases of AHT have been reported in several Asian and African countries, particularly affecting infants and immunocompromised individuals. However, AHT remains underreported due to nonspecific clinical manifestations, limited public awareness, and the lack of sensitive diagnostic methods. This narrative review synthesizes recent scientific evidence on AHT caused by *T. lewisi*. A systematic literature search was conducted using PubMed, ScienceDirect, and Google Scholar, focusing on full-text articles published between 2016 and 2026. Relevant studies were qualitatively analyzed to address epidemiological distribution, zoonotic transmission mechanisms, and diagnostic approaches and their limitations. The review results indicate that *T. lewisi* is widely distributed among rodent populations and has the potential to infect humans. Microscopic examination remains the most commonly used diagnostic method but shows low sensitivity, particularly in cases of low parasitemia. In contrast, molecular methods such as PCR and LAMP demonstrate higher sensitivity and specificity, while serological methods such as ELISA show potential for epidemiological surveillance, although further standardization is required. In conclusion, AHT caused by *T. lewisi* is a neglected zoonotic disease that warrants increased public health attention through strengthened surveillance, improved diagnostic capacity, and the implementation of a One Health approach.

Keywords: Zoonosis, *Trypanosoma lewisi*, vector borne disease, diagnostic method

PENDAHULUAN

Trypanosomiasis merupakan penyakit yang disebabkan oleh *Trypanosoma* sp. yang merupakan parasit darah pada manusia dan hewan. Trypanosomiasis pada manusia umumnya ditemukan di Afrika dan Amerika Latin. Di Afrika, Trypanosomiasis dikenal sebagai penyakit tidur yang disebabkan oleh *Trypanosoma brucei rhodesiense* dan *Trypanosoma brucei gambiense*. Di Amerika Selatan, Trypanosomiasis disebabkan oleh *Trypanosoma cruzi* atau dikenal sebagai penyakit Chagas.[1] Selain menginfeksi manusia, *Trypanosoma* juga dapat menginfeksi hewan ternak seperti sapi, kerbau, kambing, dan kuda akibat infeksi *T. evansi* yang menyebabkan surra, serta pada populasi tikus akibat infeksi *Trypanosoma lewisi*.[1,2]

Trypanosoma lewisi termasuk dalam anggota subgenus Stercoraria. Infeksi *T. lewisi* sering ditemukan pada populasi *Rattus* spp. Selain itu, menurut Kumar et al,[2] *T. lewisi* telah dilaporkan sebagai patogen oportunistik pada manusia di Asia dan Afrika.[2] Penularan terjadi melalui dua spesies vektor artropoda yaitu *Ceratophyllus fasciatus* dan *Xenopsylla cheopis*. Meskipun *T. lewisi* bukan merupakan patogen terhadap rodensia, namun *T. lewisi* dapat sebagai parasite zoonotik. Infeksi *T. lewisi* pada manusia menyebabkan kasus fatal telah dilaporkan di Asia dan Afrika, yang dikenal sebagai *atypical human trypanosomiasis* (AHT).[3]

Meskipun *T. lewisi* tidak patogen pada rodensia, namun terdapat beberapa kasus infeksi *T. lewisi* pada manusia yang tergolong kasus langka dan hingga saat ini hanya terdapat sepuluh kasus yang telah dilaporkan di seluruh dunia.[4] Studi oleh

* *Corresponding Author*: nhefirmansyah@gmail.com
[1] Program Studi Magister Ilmu Biomedik, Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia, Jakarta, Indonesia
[2] Departement Parasitologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Indonesia, Jakarta, Indonesia

"©The author(s) 2026. This article is licensed under: Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License."

Truc P et al, pada tahun 2013 menjelaskan bahwa kemunculan AHT disebabkan oleh beberapa faktor seperti kondisi sanitasi yang buruk, perubahan iklim, pengendalian dan manajemen vektor yang tidak memadai, peningkatan mobilitas transportasi dan manusia, serta tidak terdapatnya standar karantina sehingga menjadikan AHT berpotensi sebagai ancaman penyakit *emerging*.[5] Selain itu deteksi AHT menjadi sulit karena kasusnya jarang ditemukan, tetapi juga menimbulkan gejala umum dan tidak spesifik, sehingga sering sulit dibedakan dari penyakit lain.[2]

Kasus AHT diduga masih banyak yang belum terdeteksi, terutama akibat rendahnya kesadaran masyarakat dan terbatasnya akses layanan diagnosis. Meskipun terdapat peningkatan kasus AHT di beberapa negara, penentuan prevalensi masih terhambat oleh keterbatasan metode diagnostik yang sensitif dan spesifik.[2] Pemahaman mengenai epidemiologi dan diagnosis AHT pada manusia dan hewan perlu diketahui untuk upaya antisipasi penyakit emerging dan zoonosis di masa mendatang, khususnya di Indoensia. Tinjauan pustaka ini memberikan gambaran umum tentang penelitian terbaru mengenai epidemiologi AHT serta diagnosisnya pada manusia, hewan dan vektornya.[6]

METODE

Artikel ini disusun dengan menelaah literatur ilmiah yang relevan mengenai *atypical human trypanosomiasis* (AHT), khususnya disebabkan oleh *T. lewisi*. Tinjauan literatur dilakukan menggunakan PubMed, ScienceDirect, dan Google Scholar menggunakan kata kunci "*Trypanosoma lewisi*", *Atypical human trypanosomiasis*", "Trypanosomiasis diagnosis", "Rodent-borne Trypanosome", "Case human *atypical human trypanosomiasis*", "PCR and "*Trypanosoma lewisi*", "serology and *Trypanosoma lewisi*". Literatur utama berupa publikasi teks lengkap dan dipilih sepuluh tahun terakhir, dari tahun 2016 hingga 2026. Artikel yang diperoleh kemudian disintesiskan yang membahas aspek epidemiologi, mekanisme penularan zoonotik, dan pendekatan diagnostik beserta keterbatasannya.

HASIL

Sebanyak kurang lebih 24 artikel ilmiah yang relevan dianalisis, dengan sekitar 10 - 12 artikel utama yang membahas kasus atypical human trypanosomiasis akibat *Trypanosoma lewisi*, epidemiologi rodensia, dan metode diagnosis, serta artikel pendukung yang membahas aspek patogenesis, transmisi zoonotik, dan faktor risiko. Berikut tabel artikel utama dan relevan untuk review AHT akibat *T. lewisi.*

Tabel 1. Artikel Utama review AHT (*atypical human trypanosomiasis) T. lewisi*

No	Penulis	Judul Artikel	Tahun Penertiban
1.	Kumar R, Gupta S, Bhutia WD, Vaid RK, Kumar S.	Atypical human trypanosomosis: Potentially emerging disease with lack of understanding.	2022
2.	Jain P, Goyal V, Agrawal R.	An atypical *Trypanosoma lewisi* infection in a 22-day-old neonate from India: An emergent zoonosis	2023
3.	Wardhana AH, Sawitri DH, Wiedosari E, Susanti, Mulyadi A, Kurniawan A	Detection of *Trypanosoma lewisi* from rodents residing in the densely populated residential regions along the coastal areas of Banyuwangi Sub District, Indonesia	2024
4.	Verma A, Manchanda S, Kumar N, Sharma A, Goel M, Banerjee PS	Case report: *Trypanosoma lewisi* or *T. lewisi*-like infection in a 37-day-old Indian infan	2011
5.	Pumhom P, Morand S, Tran A, Jittapalapong S, Desquesnes M	Trypanosoma from rodents as potential source of infection in human-shaped landscapes of South-East Asia	2015
6.	Desquesnes M, Sazmand A, Gonzatti M, Boulangé A, Bossard G, Thévenon S	Compendium of Diagnostic Protocols of the OIE Reference Laboratory for Animal Trypanosomoses of African Origin OIE	2017

7.	Ortiz PA, Garcia HA, Lima L, da Silva FM, Campaner M, Pereira CL	Diagnosis and genetic analysis of the worldwide distributed Rattus-borne *Trypanosoma lewisi* and its allied species in blood and fleas of rodents.	2018
8.	Tang HJ, Lan YG, Wen YZ, Zhang XC, Desquesnes M, Yang TB, et al.	Detection of *Trypanosoma lewisi* from wild rats in Southern China and its genetic diversity based on the ITS1 and ITS2 sequences	2012
9.	Gao JM, Truc P, Desquesnes M, Vincendeau P, Courtois P, Zhang X	A preliminary serological study of Trypanosoma evansi and *Trypanosoma lewisi* in a Chinese human population	2018
10.	Yudhana A, Santosa GAIP, Wardhana AH, Putra FL, Edila R, Sawitri DH	Comparative evaluation of three polymerase chain reaction primer sets for accurate molecular detection of *Trypanosoma lewisi* in wild rodents in Indonesia	2025

PEMBAHASAN

Epidemiologi Atypical Human Trypanosomiasis pada Manusia dan Rodensia

Trypanosoma lewisi pertama kali ditemukan pada tikus hitam di Prancis namun saat ini telah tersebar di banyak negara.[7] Di Asia, *T. lewisi* dilaporkan ditemukan pada tikus di India, Thailand, Kamboja, Laos, Malaysia, dan Cina. Di Afrika, *T. lewisi* juga dilaporkan diisolasi dari tikus di Nigeria, Niger, Mali, Uganda, dan Mesir. Di Australia, *T. lewisi* juga telah dilaporkan menginfeksi pada beberapa spesies rodensia. Di Amerika, *T. lewisi* ditemukan di Amerika Serikat hingga Panama, Chile, Venezuela dan Brasil.[8–12]

Berbagai penelitian yang telah dilakukan untuk mengisolasi *T. lewisi* pada populasi rodentia di berbagai lokasi. Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan variasi prevalensi infeksi *T. lewisi* pada berbagai spesies tikus dan dan di berbagai wilayah geografis.[3] Di Italia, sebuah studi tahun 2010 oleh Rodríguez *et al*. mengungkapkan perbedaan signifikan tingkat infeksi *T. lewisi* antara dua spesies tikus. Tikus *Rattus rattus* menunjukkan prevalensi yang lebih tinggi (54%) dibandingkan dengan *R. norvegicus* (4%). Di Malaysia, Shafiyyah *et al*. tahun 2012, melakukan penelitian di pasar-pasar tradisional bahwa 1,5% dari populasi tikus yang diteliti terinfeksi oleh *T. lewisi*.[13] Pumhom *et al*.menjelaskan variasi prevalensi *T. lewisi* di tiga negara di Asia Tenggara,[14] Thailand menunjukkan tingkat prevalensi tertinggi (16,7%), diikuti oleh Myanmar (12,4%), dan Kamboja (9,5%).[14]

Infeksi *T. lewisi* pada manusia telah dilaporkan dalam jumlah sepuluh kasus, enam di antaranya terjadi pada bayi. Kasus pertama tercatat pada tahun 1933 di Malaysia pada bayi berusia empat bulan. Infeksi berikutnya ditemukan pada bayi usia 45 hari di Thailand pada tahun 2007 dan bayi usia 37 hari di India pada tahun 2011.[15] Gejala klinis infeksi *T. lewisi* yang umum muncul meliputi tubuh menjadi lesu selama tiga minggu, demam selama 11 hari dan anoreksia. Gejala klinis serupa juga ditemukan pada penderita bayi yang berada di Gambia, Thailand dan Bagpat, India. Gejala klinis yang nampak adalah demam, depresi, tidak nafsu makan dan batuk.[15]

Patogenesis Infeksi *Trypanosoma lewisi*

Penularan utama *T. lewisi* terjadi melalui pinjal tikus yaitu *Nosopsyllus fasciatus* dan *Xenopsylla cheopis*.[16] Mekanisme penularan terjadi ketika pinjal menghisap darah tikus yang terinfeksi sehingga ikut menelan parasit. Setelah masuk ke tubuh pinjal, *T. lewisi* berkembang biak di usus tengah (*midgut*) pinjal. Sekitar 6 jam setelah tertelan, *T. lewisi* masuk ke dalam sel epitel usus pinjal, berubah menjadi bentuk menyerupai buah pir (fase epimastigote), dan mulai membelah diri. Sel usus yang terinfeksi akan pecah dan melepaskan parasit. Kemudian parasit bergerak ke bagian belakang usus menuju rektum dan anus (fase *metacyclic trypomastigote*), sehingga akhirnya dikeluarkan melalui feses pinjal.[17]

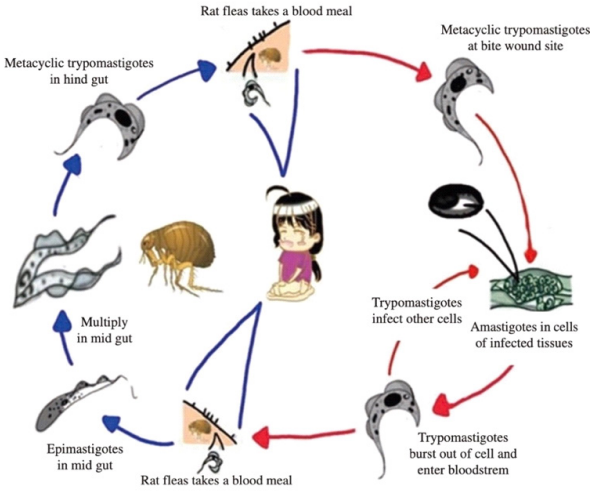
Pada manusia, *T. lewisi* bersifat sebagai hemoparasit oportunistik, dan penularannya diduga terjadi melalui kontaminasi luka terbuka oleh kotoran pinjal atau melalui gigitan pinjal.

Namun, mekanisme pasti penularan *T. lewisi* pada manusia masih belum jelas. Pada kasus bayi di India, ditemukan beberapa bekas gigitan pinjal pada dahi dan dagu bayi. Infeksi sering dilaporkan pada masyarakat dengan kondisi sosial ekonomi rendah dan area yang dipadati tikus.[4]

Infeksi *T. lewisi* pada manusia maupun tikus umumnya bersifat s*elf-limiting* atau dapat sembuh tanpa terapi khusus. Meski demikian, beberapa kasus berat hingga fatal yang menyerang sistem saraf pusat dilaporkan pada bayi dan orang dewasa. Penelitian oleh Verma A et al, menjelaskan hingga kini belum ada terapi pengobatan yang baku, beberapa pasien pernah diterapi dengan obat trypanocidal seperti Suramin, tetapi sebagian besar kasus justru pulih tanpa pengobatan spesifik sehingga penggunaan antimikroba non-toksik lebih disarankan.[15]

Gejala infeksi *T. lewisi* biasanya tidak spesifik, seperti demam, kurang nafsu makan, lesu serta hepatomegali atau splenomegali kadang muncul. Penelitian Kundu K et al, tahun 2013 menyatakan sebelumnya, diperkirakan bahwa infeksi trypanosoma hewan pada manusia jarang terjadi karena adanya apolipoprotein L1 dalam serum yang bersifat trypanolytic. Namun, individu dengan kadar HDL rendah diduga lebih rentan terhadap infeksi ini. Pada kasus bayi di India, kadar HDL bayi tercatat normal.[18] Tercatat 19 kasus *atypical human trypanosomiasis*, dan enam di antaranya terjadi pada bayi, kemungkinan karena sistem imun bayi yang belum matang sehingga lebih rentan terinfeksi.[4]

Siklus hidup *T. lewisi* dijelaskan pada (Gambar 1). Prosesnya diawali dengan pinjal tikus yang menghisap darah dari inang vertebrata yang terinfeksi, kemudian trypomastigot metacyclic (bentuk infektif parasit) memasuki sel-sel inang. Di dalam sel-sel tersebut, amastigot berkembang biak dengan cara pembelahan biner di dalam sel yang terinfeksi dan membentuk pseudocyst. Ketika pseudokista pecah, trypomastigot akan dilepaskan ke dalam aliran darah, yang kemudian dapat menginfeksi sel-sel lain atau dihisap kembali oleh pinjal tikus saat mereka mengisap darah. Di dalam tubuh pinjal, parasit berubah menjadi bentuk epimastigot dan berkembang biak di usus tengah pinjal. Kemudian, parasit bergerak ke usus belakang dan berubah menjadi trypomastigot metacyclic, yang merupakan fase infektif yang bisa menginfeksi inang baru saat pinjal menghisap darah lagi.[19]



Gambar 1. Siklus Hidup *T. lewisi*[19]

Berdasarkan penelitian Zhang xuan tahun 2019 menjelaskan bahwa siklus sel *T. lewisi* memiliki karakteristik yang berbeda dari *Trypanosoma* lain seperti *T. brucei* dan *T. cruzi*. Dalam aliran darah tikus yang terinfeksi, *T. lewisi* memperlihatkan berbagai bentuk morfologi, termasuk bentuk ramping (*slender forms*) dan formasi roset (seperti bunga), namun sel yang sedang membelah relatif jarang ditemukan.[20] Melalui pengembangan sistem kultur *in vitro* dan analisis morfologi yang rinci, penelitian tersebut menunjukkan bahwa *T. lewisi* memiliki pola pembelahan sel yang tidak konvensional. Pada kinetoplastida umumnya, replikasi dan pembelahan DNA kinetoplast terjadi lebih dahulu dibandingkan pembelahan inti, sehingga sering ditemukan sel dengan dua kinetoplast dan satu inti.[21]

T. lewisi terjadi pola pembelahan satu kinetoplast dan dua inti (1K2N), yang menunjukkan bahwa pembelahan inti terjadi sebelum duplikasi kinetoplast. Temuan tersebut menjelaskan bahwa urutan peristiwa siklus sel *T. lewisi* berbeda secara fundamental dari model klasik trypanosoma.[20] Selama infeksi pada tikus, *T. lewisi* menghasilkan dua varian antigen. Varian pertama adalah parasit yang aktif bereproduksi, dan varian kedua adalah populasi yang tidak bereproduksi. Bentuk reproduktif ini ditekan oleh antibodi *ablastin*. Kemampuan *T. lewisi* untuk menghindari antibodi trypanocidal, ablastin, serta sistem komplemen merupakan faktor penting untuk keberlangsungan infeksi.[2]

Beberapa *T. lewisi* berasal dari Tiongkok dan Thailand diketahui resisten terhadap *normal human serum* (NHS) maupun apolipoprotein L1 rekombinan

(rhApoL1). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa *T. lewisi* tidak dapat lagi dianggap sebagai parasit yang spesifik pada tikus saja, melainkan harus dipandang sebagai ancaman zoonotik potensial di masa mendatang terhadap manusia.[22] Hingga saat ini, lima kasus infeksi *T. lewisi* pada manusia dilaporkan terjadi pada bayi. Kumar R et al, (2022) sistem imun yang belum matang atau imun mengalami penurunan memungkinkan *T. lewisi* berperan sebagai parasit oportunistik. Pada kasus di Baghpat, ditemukan bekas gigitan pada kaki bayi dengan kadar HDL yang normal, namun peneliti belum dapat disimpulkan secara pasti peran pinjal dalam penularan infeksi tersebut.[2]

Faktor Risiko

Saba N, et al (2021), menjelaskan bahwa sebagian besar penyakit infeksi yang menyerang manusia memiliki potensi zoonosis. Jumlah kasus yang berkaitan dengan parasit zoonosis terus meningkat di beberapa wilayah dunia.[23] Faktor yang menyebabkan peningkatan kasus antara lain perubahan habitat, pertambahan populasi, dan migrasi penduduk.[24] Area permukiman urban menjadi perhatian besar terkait kemunculan penyakit zoonosis. Wilayah ini menyediakan habitat yang sesuai bagi beberapa spesies satwa liar, yang pada akhirnya menyebabkan meningkatnya kontak antara hewan dan manusia. Di antara berbagai hewan yang ditemukan di daerah perkotaan yaitu tikus liar (*Rattus* spp.) dianggap paling berbahaya karena jumlahnya yang tinggi, potensi sumber zoonosis, dan kecenderungan tinggal dekat dengan manusia.[24]

Penelitian Tijjani et al, (2020) menyatakan bahwa faktor perilaku tidak sehat, kemiskinan, dan kepadatan penduduk berhubungan dengan munculnya habitat tikus di kawasan urban. Hal ini tidak hanya meningkatkan risiko penyebaran penyakit, tetapi juga juga menciptakan lingkungan yang cocok untuk berkembangnya vektor penyakit seperti pinjal tikus.[24]

Pengaruh perubahan iklim terhadap penularan *vector borne disease* bersifat kompleks, meliputi secara langsung dan tidak langsung pada vektor serangga. Secara langsung, kenaikan suhu mempercepat siklus hidup vektor, mempersingkat waktu inkubasi ekstrinsik patogen, dan meningkatkan intensitas gigitan vektor sehingga meningkatkan potensi penularan.[25] Secara tidak langsung, perubahan iklim dapat memengaruhi kondisi habitat, ketersediaan inang, dan kompetisi antar spesies yang pada akhirnya memengaruhi dinamika populasi vektor dan kemampuan patogen untuk bertahan.[26]

Perubahan tata guna lahan juga berdampak pada siklus hidup pinjal, melalui perubahan yang mempengaruhi populasi tikus dan kondisi habitat mereka. Tikus biasanya menjadi inang bagi banyak spesies pinjal dan sering membawa patogen yang bisa menular ke manusia (zoonosis). Situasi ini sangat penting untuk dipahami karena berhubungan dengan penyebaran *T. lewisi* dan beresiko terjadi penularan penyakit dari tikus ke manusia (zoonosis). Risiko ini menjadi lebih tinggi di kawasan urban dengan kedekatan habitat antara tikus dan manusia.[11]

Kasus *Atypical Human Trypanosomiasis* (AHT) pada Manusia

Hingga saat ini kasus Trypanosomiasis pada manusia sebanyak 21 kasus yang telah dilaporkan dalam literatur. Dari 21 kasus tersebut, sebagian besar kasus yaitu 10 kasus (47,61%) disebabkan oleh *T. lewisi* ditunjukkan pada Tabel 1, diikuti oleh 5 kasus (23,81%) *T. evansi*, 4 kasus (19,04%) *T. brucei*, serta masing-masing 1 kasus (4,76%) oleh *T. vivax* dan *T. congolense*. India mencatat 13 kasus *atypical human trypanosomiasis*, di mana 9 kasus dilaporkan dari India, terdiri atas 7 kasus *T. lewisi* dan 2 kasus *T. evansi*. Di negara bagian Maharashtra, dilaporkan 1 kasus *T. evansi* dan 2 kasus *T. lewisi* dalam kurun waktu tiga tahun.[2]

Laporan pertama *atypical human trypanosomiasis* yang disebabkan oleh *T. lewisi* di Asia adalah kasus seorang bayi berusia 4 bulan di Malaysia pada tahun 1933, dengan riwayat kehilangan nafsu makan, kelelahan, dan kasus pertama infeksi *T. evansi* yang terkonfirmasi terjadi pada seorang penggembala pria di Desa Seoni, Blok Shindevahi, Chandrapur, Maharashtra, pada tahun 2004. Pasien tersebut mengalami demam hilang timbul disertai menggigil dan keringat selama 15 hari sebelum dirawat di rumah sakit pedesaan, serta menunjukkan gangguan sensorik dan perilaku agresif.[2,4]

Tabel 2. Kasus AHT yang dilaporkan di benua Asia & Afrika

No	Lokasi	Tahun	Umur & Kelamin Pasien	*Trypanosoma* spp.	Metode Diagnostik
1.	Federasi Negara-Negara Melayu (Malaysia)	1933	Bayi 4,5 bulan, laki-laki	*T. lewisi*	Pemeriksaan Apusan Darah
2.	Raipur, Madhya Pradesh, india	1974	40 tahun, laki-laki	*T. lewisi-like*	Apusan Darah, IFAT, uji gel formol
3.	Raipur, Madhya Pradesh, india	1974	35 tahun, perempuan	*T. lewisi-like*	Apusan Darah, IFAT, uji gel formol test
4.	Andheri, Mumbai, Maharashtra, India	2006	Bayi 1,5 bulan, perempuan	*T. lewisi*	Pemeriksaan Apusan Darah
5.	Distrik Chhindwara, Madhya Pradesh, India	2014	40 tahun, laki-laki	*T. lewisi*	Pemeriksaan Apusan Darah
6.	Thailand	2003	Bayi 1,5 bulan, laki-laki	*T. lewisi-like*	Apusan Darah & PCR
7.	Pune, Magarashta, India	2006	57 tahun, laki-laki	*T. lewisi*	PCR
8.	Bagpat, Uttar Pradesh, India	2010	Bayi 37 hari, laki-laki	*T. lewisi*	Apusan Darah & PCR
9.	Desa Dhari, Amreli, Gujarat, India	2015	Bayi 2 bulan	*T. lewisi*	PCR (ITS-1)
10.	Gambia	2003	Bayi 2 bulan, perempuan	*T. lewisi-like*	Apusan Darah & PCR
11.	Colombo, Srilanka	1999	Laki-laki	*T. evansi*	Apusan Darah
12.	Mumbai, Maharashtra, India	2015	23 tahun, perempuan	*T. evansi*	Apusan Darah & kultur in vitro
13.	Desa Seoni, Taluka Shindevahi, Distrik Chandrapur, Maharashtra, India	2004	45 tahun, laki-laki	*T. evansi*	Pemeriksaan Apusan Darah & PCR
14.	Vietnam	2015	38 tahun, perempuan	*T. evansi*	Pemeriksaan Apusan Darah & PCR
15.	Greater, cairo, Egypt	2010	Laki-laki	*T. evansi*	Pemeriksaan Apusan Darah
16.	Gold coast (Ghana)	1917	Data tidak tersedia	*T. vivax*	Pemeriksaan Apusan Darah
17.	Pasteur Institute, Congo	1930	Data tidak tersedia	*T. b. brucei*	Pemeriksaan Apusan Darah
18.	Congo	1947	Data tidak tersedia	*T. b. brucei*	Pemeriksaan Apusan Darah
19.	Lembah Anger–Didessa, Ethiopia Barat	1987	Data tidak tersedia	*T. b. brucei*	Pemeriksaan Apusan Darah & *Buffy coat*
20.	Cote, D Ivorie	1998	50 tahun, perempuan	*T. congolense*	Pemeriksaan Apusan Darah & PCR
21.	Ghana	2003	Bayi 10 bulan, laki-laki	*T. b. brucei*	Pemeriksaan Apusan Darah & PCR

Case report Jain, P et al (2023) menyatakan bahwa pada tahun 2015, seorang bayi berusia 2 bulan dengan demam di Distrik Amreli, Gujarat, didiagnosis terinfeksi *T. lewisi* berdasarkan karakter morfologi pada apusan darah dan amplifikasi PCR pada daerah *internal transcribed spacer* 1 (ITS-1), 18S, dan 5.8S rRNA. Investigasi lanjutan menemukan adanya bekas gigitan serangga di daerah aksila sekitar dua minggu sebelum timbulnya demam. Pasien yang terinfeksi *T. lewisi* menunjukkan gejala

umum seperti demam, kehilangan selera makan, dan kelelahan, yang sesuai dengan laporan sebelumnya.[4]

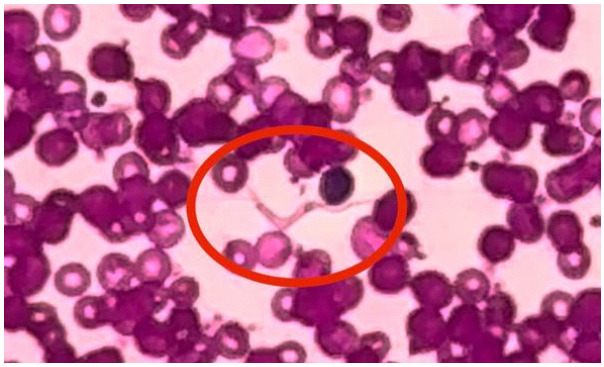
Meskipun kasus-kasus terdahulu melaporkan adanya hepatomegali dan splenomegali pada dua pasien. Teori sebelumnya menyatakan bahwa infeksi trypanosoma hewan pada manusia jarang terjadi karena adanya apolipoprotein L1 dalam serum yang bersifat tripanolitik. Namun, individu dengan kadar HDL rendah mungkin lebih rentan terhadap infeksi ini. Perlu dicatat bahwa bayi dalam kasus ini memiliki kadar HDL serum yang normal.[18] Kerentanan bayi terhadap infeksi ini kemungkinan besar disebabkan oleh sistem kekebalan tubuh mereka yang belum sepenuhnya berkembang.[4]

Metode Diagnostik

Miksroskopik

Pemeriksaan mikroskopik apusan darah saat ini masih menjadi *gold standard* yang cukup baik untuk diagnosis rutin karena bersifat cepat, murah, dan spesifik. Namun, metode ini memiliki sensitivitas rendah. Selain itu, apabila tingkat parasitemia dalam darah inang rendah, parasit menjadi sulit terdeteksi dengan metode ini. *Trypanosoma* memiliki keragaman spesies yang tinggi, pengamatan morfologi di bawah mikroskop menunjukkan variasi bentuk yang terbatas. [27]

Pemeriksaan mikroskopis masih merupakan salah satu metode dasar yang banyak digunakan dalam diagnosis parasit darah, termasuk infeksi *Trypanosoma*. Keberhasilan pemeriksaan ini sangat bergantung pada kualitas preparat yang dibuat, khususnya pada pembuatan apusan darah tipis. Teknik pembuatan apusan yang tepat diperlukan untuk menghasilkan gambaran morfologi sel dan parasit yang optimal sehingga dapat diamati dengan jelas di bawah mikroskop.[28]



Gambar 2. Morfologi *T. lewisi* pada Pemeriksaan Mikroskopis

Serologi

Uji serologis untuk mendeteksi antibodi terbukti bermanfaat dalam survei epidemiologi, tetapi memiliki keterbatasan utama berupa reaktivitas silang dengan antibodi nonspesifik serta persistensi antibodi spesifik selama berminggu-minggu hingga berbulan-bulan setelah pengobatan berhasil, sehingga tidak selalu mencerminkan infeksi aktif. Habeeba S, et al (2022) menyatakan, upaya pengembangan ELISA (*Enzyme-Linked Immunosorbent Assay*) untuk *T. lewisi* juga telah dilakukan, namun demikian hingga kini masih belum tersedia serum rujukan manusia yang diperlukan untuk standardisasi uji ELISA untuk diagnosis infeksi *T. lewisi* tersebut.[27]

Metode ELISA adalah metode berbasis serologi yang diakui oleh Organisasi Kesehatan Hewan Dunia untuk mendeteksi antibodi terhadap antigen parasit *Trypanosoma*. Metode ELISA mendeteksi antibodi IgG dalam serum hewan yang terinfeksi. Antigen parasit (biasanya larut) dilapiskan pada pelat mikrotiter, kemudian sampel serum dari hewan yang diduga terinfeksi ditambahkan ke pelat. Jika serum tersebut mengandung antibodi IgG spesifik terhadap *Trypanosoma*, antibodi tersebut akan berikatan dengan antigen pada pelat.[29]

Selanjutnya, antibodi sekunder yang terkonjugasi atau telah dilabeli dengan enzim ditambahkan. Antibodi akan mengenali dan berikatan dengan antibodi IgG dari hewan yang telah terikat pada antigen.[30] Substrat enzim ditambahkan, yang mana akan menghasilkan perubahan warna jika reaksi antigen-antibodi terjadi. Intensitas perubahan warna ini kemudian diukur untuk menentukan keberadaan antibodi.[29]

Berdasarkan penelitian Gao et al. 2018, deteksi serologi *T. lewisi* pada manusia dilakukan menggunakan ELISA yang masih berada pada tahap pengembangan dan belum terstandarisasi. Dalam penelitian ini, antigen *T. lewisi* diperoleh dari parasit hidup yang dimurnikan dari darah tikus yang diinfeksi secara eksperimental, kemudian digunakan untuk melapisi sumur mikrotiter.[31] Hasil ELISA menunjukkan reaktivitas terhadap antigen *T. lewisi*, yang mengindikasikan adanya paparan atau infeksi sementara yang mungkin tidak terdeteksi secara klinis. Namun, peneliti menekankan bahwa interpretasi hasil harus berhati-hati karena *T. lewisi* diketahui mengekspresikan reseptor Fc imunoglobulin yang dapat menyebabkan ikatan nonspesifik, sehingga pengembangan

dan standardisasi ELISA dengan serum positif manusia dari kasus aktif sangat diperlukan untuk meningkatkan reliabilitas surveilans serologi *T. lewisi* pada manusia.[22,31]

Diagnosis Molekuler

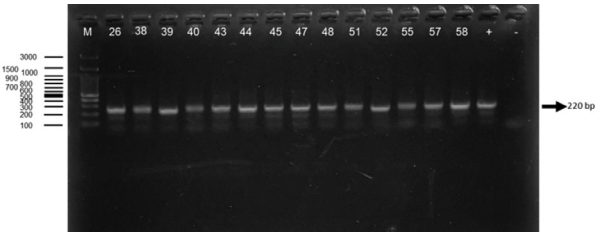
Berbagai pendekatan diagnostik tersedia untuk mendeteksi *T. lewisi* pada rodensia, masing-masing dengan kelebihan dan keterbatasannya. Namun, teknik berbasis molekuler kini menjadi pilihan utama karena memberikan tingkat spesifisitas dan sensitifitas diagnosis yang lebih baik.[8] Beberapa primer yang sering digunakan antara lain TRYP1, yang menargetkan wilayah *internal transcribed spacer 1* (ITS1) pada DNA ribosom berbagai spesies *Trypanosoma* dan LEW1, yang dirancang untuk mendeteksi daerah ITS1 khusus pada *T. lewisi*.[32]

Deteksi infeksi *Trypanosoma* juga dapat dilakukan melalui metode tidak langsung yang mengidentifikasi keberadaan protein atau DNA spesifik parasit. Deteksi DNA parasit umumnya dapat diasosiasikan dengan infeksi aktif, terutama jika tidak ada riwayat pengobatan trypanosida dalam waktu dekat. Berdasarkan pertimbangan tersebut, baik metode deteksi protein maupun DNA dapat dianggap sebagai teknik yang efektif untuk mengidentifikasi infeksi trypanosom aktif.[28]

Amplifikasi daerah ITS1 dari DNA inti telah dikembangkan untuk memungkinkan identifikasi seluruh spesies *Trypanosoma*, baik pada infeksi tunggal maupun campuran, hanya dengan satu jenis uji PCR. Marc D et al, (2011) menyatakan identifikasi tersebut didasarkan pada perbedaan ukuran produk PCR yang dihasilkan. Metode molekuler berguna sebagai alat skrining, namun penentuan ukuran fragmen PCR pada gel elektroforesis terkadang kurang andal.[8]

Sekuensing sering kali diperlukan untuk memastikan spesies spesifik, meskipun prosedur sekuensing tidak praktis untuk diagnosis rutin. Desquesnes et al, (2022) menyatakan sebagai alternatif, amplifikasi ITS1 dapat digunakan untuk skrining awal, kemudian dilanjutkan dengan PCR monospecific untuk identifikasi spesies bila diperlukan. Primer TRYP1, yang dirancang dari daerah konservatif ITS1, memungkinkan deteksi semua *Trypanosoma* patogen Afrika, termasuk *T. lewisi*, bahkan *T. cruzi* dan *Leishmania* spp.[1]

Kemampuan PCR untuk menargetkan sekuens DNA spesifik juga mengurangi kemungkinan hasil positif palsu, yang sering menjadi keterbatasan pada uji serologi akibat reaktivitas silang.[1] Secara teoritis, spesifisitas PCR sangat tinggi, mulai dari tingkat subgenus hingga subspesies, tergantung primer yang digunakan. PCR juga dapat diterapkan untuk mendeteksi *Trypanosoma* pada vektor dan tikus. Namun, hasil positif palsu dapat terjadi akibat kontaminasi DNA dari sampel positif lain, sedangkan hasil negatif palsu dapat muncul pada kondisi parasitemia sangat rendah, penggunaan DNA berlebih, adanya inhibitor PCR, atau kualitas DNA yang buruk. Ngaira JM, et al (2005) menjelaskan bahwa primer yang terlalu spesifik dapat gagal mendeteksi seluruh strain suatu spesies, seperti pada *T. evansi* tipe B yang tidak memiliki gen RoTat 1.2 dan tidak terdeteksi oleh primer berbasis gen tersebut.[33]



Gambar 3. Hasil elektroforesis DNA dari sampel darah tikus yang menunjukkan adanya pita DNA pada ukuran 220 bp yang merujuk *T. lewisi*.[32]

Selain PCR konvensional, teknik *Loop-Mediated Isothermal Amplification* (LAMP) juga telah dikembangkan untuk diagnosis trypanosomiasis. Namun, penggunaan teknik ini masih terbatas dan belum sepenuhnya tervalidasi untuk aplikasi veteriner secara luas.[34] Metode PCR sendiri memerlukan peralatan laboratorium dengan fasilitas memadai serta tenaga teknis yang terlatih. Kualitas hasil uji sangat bergantung pada mutu dan jumlah DNA yang diekstraksi, pemilihan primer yang tepat, serta biaya yang relatif lebih tinggi dibandingkan metode PCR konvensional.

Keunggulan utama LAMP adalah tidak memerlukan fasilitas laboratorium yang kompleks serta memungkinkan pembacaan hasil amplifikasi secara visual. Akan tetapi, dalam praktiknya, interpretasi hasil visual sering kali tidak meyakinkan, sehingga analisis melalui elektroforesis gel tetap

diperlukan.[1] Hal ini pada akhirnya menghilangkan kelebihan utama metode LAMP. Kuboki et al, 2003 menyatakan bahwa LAMP juga sering menghasilkan hasil positif palsu. Oleh karena itu, hingga saat ini, metode LAMP belum banyak digunakan secara luas untuk diagnosis trypanosomiasis.[1,34]

Penelitian Tang et al, 2012 menunjukkan hasil bahwa metode LAMP yang dikembangkan berbasis sekuens ITS (ITS1 dan ITS2) *T. lewisi* mampu mendeteksi DNA *T. lewisi* secara cepat, sensitif, dan spesifik. Uji sensitivitas memperlihatkan bahwa LAMP dapat mendeteksi jumlah DNA target yang sangat rendah, sebanding atau bahkan lebih sensitif dibandingkan PCR konvensional. Reaksi amplifikasi berlangsung optimal pada suhu 60–65 °C dan dapat diselesaikan dalam waktu kurang dari satu jam tanpa memerlukan thermocycler.[35]

Uji spesifisitas menunjukkan bahwa primer LAMP hanya bereaksi dengan *T. lewisi* dan tidak menunjukkan reaksi silang dengan spesies *Trypanosoma* lain, sehingga menegaskan akurasi metode ini. Selain itu, analisis filogenetik berdasarkan sekuens ITS1 dan ITS2 dari isolat *T. lewisi* asal Tiongkok dan Thailand menunjukkan kedekatan genetik antar isolat, sekaligus mengonfirmasi identitas spesies yang terdeteksi. Secara keseluruhan LAMP berpotensi menjadi metode diagnostik alternatif yang cepat dan sensitif untuk deteksi *T. lewisi*, terutama untuk surveilans epidemiologi, meskipun penerapannya di lapangan masih memerlukan evaluasi lebih lanjut terkait validasi dan standardisasi.[35]

SIMPULAN

Trypanosoma lewisi merupakan parasit zoonotik yang menyebabkan *atypical human trypanosomiasis* (AHT). Saat ini, AHT masih tergolong penyakit terabaikan, terutama di wilayah dengan kepadatan rodensia tinggi serta paparan pinjal yang signifikan. Meskipun dikenal sebagai parasit non patogen pada rodensia, berbagai laporan kasus menunjukkan bahwa *T. lewisi* mampu menginfeksi manusia, khususnya bayi dan individu dengan sistem imun yang belum matang atau mengalami gangguan. Pemeriksaan mikroskopik masih menjadi *gold standard diagnosis*, tetapi memiliki sensitivitas rendah, terutama pada kondisi parasitemia rendah. Sebaliknya, metode PCR berbasis sekuens *internal transcribed spacer* (ITS) dan LAMP menunjukkan sensitivitas dan spesifisitas lebih tinggi dalam mendeteksi *T. lewisi*. Metode serologi, khususnya ELISA, juga berpotensi dimanfaatkan untuk surveilans epidemiologi, meskipun masih memerlukan standardisasi lebih lanjut dan evaluasi terhadap reaktivitas silang.

DAFTAR PUSTAKA

1. Desquesnes M, Gonzatti M, Sazmand A, Thévenon S, Bossard G, Boulangé A, et al. A review on the diagnosis of animal trypanosomoses. Parasites and Vectors. BioMed Central Ltd; 2022. doi:10.1186/s13071-022-05190-1 PubMed PMID: 35183235.
2. Kumar R, Gupta S, Bhutia WD, Vaid RK, Kumar S. Atypical human trypanosomosis: Potentially emerging disease with lack of understanding. Zoonoses and Public Health. John Wiley and Sons Inc; 2022. p. 259–76. doi:10.1111/zph.12945 PubMed PMID: 35355422.
3. Wardhana A, Putra F, Yudhana A, Sawitri D, Wiedosari E, Mujiyanto M, et al. Detection of *Trypanosoma lewisi* from rodents residing in the densely populated residential regions along the coastal areas of Banyuwangi Sub District, Indonesia. Open Vet J. 2024;14(8):1808. doi:10.5455/OVJ.2024.v14.i8.9
4. Jain P, Goyal V, Agrawal R. An atypical Trypanosoma lewisi infection in a 22-day-old neonate from India: An emergent zoonosis. Indian J Pathol Microbiol. 2023 Jan 1;66(1):199–201. doi:10.4103/ijpm.ijpm_449_22 PubMed PMID: 36656242.
5. Truc P, Büscher P, Cuny G, Gonzatti MI, Jannin J, Joshi P, et al. Atypical human infections by animal Trypanosomes. PLoS Negl Trop Dis. 2013;7(9). doi:10.1371/journal.pntd.0002256 PubMed PMID: 24069464.
6. Votýpka J, Stříbrná E, Modrý D, Bryja J, Bryjová A, Lukeš J. Unexpectedly high diversity of trypanosomes in small sub-Saharan mammals. Int J Parasitol. 2022 Sep 1;52(10):647–58. doi:10.1016/j.ijpara.2022.06.002 PubMed PMID: 35882298.
7. Ortiz PA, Garcia HA, Lima L, da Silva FM, Campaner M, Pereira CL, et al. Diagnosis and genetic analysis of the worldwide distributed Rattus-borne Trypanosoma (Herpetosoma)

lewisi and its allied species in blood and fleas of rodents. Infection, Genetics and Evolution. 2018 Sep 1;63:380–90. doi:10.1016/j.meegid.2017.09.001 PubMed PMID: 28882517.

8. Marc D, Ketsarin K, Sarawut Y, Cristina M, Sophie R, Wang MH, et al. Specific primers for PCR amplification of the ITS1 (ribosomal DNA) of Trypanosoma lewisi. Infection, Genetics and Evolution. 2011 Aug;11(6):1361–7. doi:10.1016/j.meegid.2011.04.030 PubMed PMID: 21570489.
9. Jittapalapong S, Inpankaew T, Sarataphan N, Herbreteau V, Hugot JP, Morand S, et al. Molecular detection of divergent trypanosomes among rodents of Thailand. Infection, Genetics and Evolution. 2008 Jul;8(4):445–9. doi:10.1016/j.meegid.2007.08.002 PubMed PMID: 17904918.
10. Milocco C, Kamyingkird K, Desquesnes M, Jittapalapong S, Herbreteau V, Chaval Y, et al. Molecular demonstration of *Trypanosoma evansi* and *Trypanosoma lewisi* DNA in Wild Rodents from Cambodia, Lao PDR and Thailand. Transbound Emerg Dis. 2013 Feb;60(1):17–26. doi:10.1111/j.1865-1682.2012.01314.x PubMed PMID: 22321449.
11. Pumhom P, Morand S, Tran A, Jittapalapong S, Desquesnes M. *Trypanosoma* from rodents as potential source of infection in human-shaped landscapes of South-East Asia. Vet Parasitol. 2015 Mar 15;208(3–4):174–80. doi:10.1016/j.vetpar.2014.12.027 PubMed PMID: 25613476.
12. Dobigny G, Poirier P, Hima K, Cabaret O, Gauthier P, Tatard C, et al. Molecular survey of rodent-borne *Trypanosoma* in Niger with special emphasis on *T. lewisi* imported by invasive black rats. Acta Trop. 2011 Mar;117(3):183–8. doi:10.1016/j.actatropica.2010.11.004 PubMed PMID: 21126503.
13. Shafiyyah S, Rohela CO, Lau M, Aminah S. Prevalence of intestinal and blood parasites among wild rats in Kuala Lumpur, Malaysia. Tropical Biomedicine. 2012. Report.
14. Pumhom P, Pognon D, Yangtara S, Thaprathorn N, Milocco C, Douangboupha B, et al. Molecular prevalence of *Trypanosoma spp*. in wild rodents of Southeast Asia: Influence of human settlement habitat. Epidemiol Infect. 2014;142(6):1221–30. doi:10.1017/S0950268813002161 PubMed PMID: 24025128.
15. Verma A, Manchanda S, Kumar N, Sharma A, Goel M, Banerjee PS, et al. Case report: *Trypanosoma lewisi* or *T. lewisi*-like infection in a 37-day-old Indian infant. American Journal of Tropical Medicine and Hygiene. 2011 Aug;85(2):221–4. doi:10.4269/ajtmh.2011.11-0002 PubMed PMID: 21813838.
16. Alias SN, Sahimin N, And Mohd-Zain MA. Epidemiology of blood parasitic infections in the urban rat population in peninsular Malaysia. Tropical Biomedicine. 2014. Report.
17. Mohd-Qawiem F, Nur-Fazila SH, Ain-Fatin R, Yong QH, Nur-Mahiza MI, Yasmin AR. Detection of zoonotic-borne parasites in Rattus spp. In Klang Valley, Malaysia. Vet World. 2022 Apr 1;15(4):1006–14. doi:10.14202/vetworld.2022.1006-1014
18. Kundu K, Tewari AK, Kurup SP, Baidya S, Rao JR, Joshi P. Sero-surveillance for surra in cattle using native surface glycoprotein antigen from Trypanosoma evansi. Vet Parasitol. 2013 Sep 23;196(3–4):258–64. doi:10.1016/j.vetpar.2013.04.013 PubMed PMID: 23648283.
19. Molee P, Sakulsak N, Saengamnatdej S. Detection of *Trypanosoma spp*. In Bandicota indica from the Thai-Myanmar border area, Mae Sot District Tak Province, Thailand. Asian Pac J Trop Med. 2019 Oct 1;12(10):457–62. doi:10.4103/1995-7645.269907
20. Zhang X, Li SJ, Li Z, He CY, Hide G, Lai DH, et al. Cell cycle and cleavage events during in vitro cultivation of bloodstream forms of *Trypanosoma lewisi*, a zoonotic pathogen. Cell Cycle. 2019 Mar 4;18(5):552–67. doi:10.1080/15384101.2019.1577651 PubMed PMID: 30712435.
21. Ashraf M, Nesbitt RA, Humphrey PA, Siewe M, Lee CM. Comparative positions of kinetoplasts in *Trypanosoma musculi* and *Trypanosoma lewisi* during development in vitro. Cell Prolif. 2002. Report.
22. Lun ZR, Wen YZ, Uzureau P, Lecordier L, Lai DH, Lan YG, et al. Resistance to normal

human serum reveals *Trypanosoma lewisi* as an underestimated human pathogen. Mol Biochem Parasitol. 2015 Jan 1;199(1–2):58–61. doi:10.1016/j.molbiopara.2015.03.007 PubMed PMID: 25858024.

23. Saba N, Khawar Balwan W. Potential Threat of Emerging and Re-Emerging Zoonotic Diseases [Internet]. Vol. 25. 2021. Report. Available from: http://annalsofrscb.ro
24. Tijjani M, Majid RA, Abdullahi SA, Unyah NZ. Detection of rodent-borne parasitic pathogens of wild rats in Serdang, Selangor, Malaysia: A potential threat to human health. Int J Parasitol Parasites Wildl. 2020 Apr 1;11:174–82. doi:10.1016/j.ijppaw.2020.01.008
25. Caminade C, Turner J, Metelmann S, Hesson JC, Blagrove MSC, Solomon T, et al. Global risk model for vector-borne transmission of Zika virus reveals the role of El Niño 2015. Proc Natl Acad Sci U S A. 2017 Jan 3;114(1):119–24. doi:10.1073/pnas.1614303114 PubMed PMID: 27994145.
26. Abbasi E. Climate Change and Vector-Borne Disease Transmission: The Role of insect behavioral and physiological adaptations. Integrative Organismal Biology. Oxford University Press; 2025. doi:10.1093/iob/obaf011
27. Habeeba S, Khan RA, Zackaria H, Yammahi S, Mohamed Z, Sobhi W, et al. Comparison of microscopy, card agglutination test for Trypanosoma evansi, and real-time PCR in the diagnosis of trypanosomosis in dromedary camels of the Abu Dhabi Emirate, UAE. Journal of Veterinary Research (Poland). 2022 Mar 1;66(1):125–9. doi:10.2478/jvetres-2022-0002
28. Trypanosomoses A, Desquesnes M, Bengaly Z, Berthier D, Bossard G, Cene B, et al. Compendium of diagnostic protocols of the OIE Reference Laboratory for Animal Trypanosomoses of African Origin OIE Reference Laboratory for Animal Trypanosomoses of African origin COMPENDIUM OF STANDARD DIAGNOSTIC PROTOCOLS FOR. 2017. Report.
29. Desquesnes M, Sazmand A, Gonzatti M, Boulangé A, Bossard G, Thévenon S, et al. Diagnosis of animal trypanosomoses: proper use of current tools and future prospects. Parasites and Vectors. BioMed Central Ltd; 2022. doi:10.1186/s13071-022-05352-1 PubMed PMID: 35761373.
30. Camoin M, Kocher A, Chalermwong P, Yangtarra S, Thongtip N, Jittapalapong S, et al. Adaptation and evaluation of an ELISA for Trypanosoma evansi infection (surra) in elephants and its application to a serological survey in Thailand. Parasitology. 2018 Mar 1;145(3):371–7. doi:10.1017/S0031182017001585 PubMed PMID: 28942737.
31. Gao JM, Truc P, Desquesnes M, Vincendeau P, Courtois P, Zhang X, et al. A preliminary serological study of Trypanosoma evansi and Trypanosoma lewisi in a Chinese human population. Agriculture and Natural Resources. 2018 Dec 1;52(6):612–6. doi:10.1016/j.anres.2018.11.024
32. Yudhana A, Santosa GAIP, Wardhana AH, Putra FL, Edila R, Sawitri DH, et al. Comparative evaluation of three polymerase chain reaction primer sets for accurate molecular detection of Trypanosoma lewisi in wild rodents in Indonesia. Vet World. 2025 Aug;2395–405. doi:10.14202/vetworld.2025.2395-2405
33. Ngaira JM, Olembo NK, Njagi ENM, Ngeranwa JJN. The detection of non-RoTat 1.2 *Trypanosoma evansi*. Exp Parasitol. 2005;110(1):30–8. doi:10.1016/j.exppara.2005.01.001 PubMed PMID: 15804376.
34. Kuboki N, Inoue N, Sakurai T, Di Cello F, Grab DJ, Suzuki H, et al. Loop-Mediated Isothermal Amplification for detection of African Trypanosomes. J Clin Microbiol. 2003 Dec;41(12):5517–24. doi:10.1128/JCM.41.12.5517-5524.2003 PubMed PMID: 14662933.
35. Tang HJ, Lan YG, Wen YZ, Zhang XC, Desquesnes M, Yang TB, et al. Detection of *Trypanosoma lewisi* from wild rats in Southern China and its genetic diversity based on the ITS1 and ITS2 sequences. Infection, Genetics and Evolution. 2012 Jul;12(5):1046–51. doi:10.1016/j.meegid.2012.02.018 PubMed PMID: 22449774.