

HUBUNGAN JUMLAH SEL LEUKOSIT MONONUKLEAR (MONOSIT, LIMFOSIT) DENGAN HASIL UJI TUBEX TF TERHADAP PASIEN SUSPEK DEMAM TIFOID

Intan Kumahartati¹, Evy Diah Woelansari², Wisnu Istanto³, Suhariyadi⁴

Jurusan Teknologi Laboratorium Medis, Poltekkes Kemenkes Surabaya^{1,2,3,4}

Email : intankmh@gmail.com¹, evydw@poltekkes-surabaya.ac.id², Istantompi@gmail.com³

ABSTRAK

Diagnosis demam tifoid pada pasien suspek dapat dilakukan melalui uji Tubex TF yang menunjukkan sensitivitas dan spesifisitas yang relative tinggi, yaitu sebesar 73%. Demam tifoid dapat pula didiagnosis dengan pemeriksaan jumlah sel leukosit mononuklear, khususnya sel monosit dan sel limfosit yang akan menjadi indikator ketika terjadi infeksi akibat bakteri. Demam tifoid adalah penyakit yang disebabkan oleh infeksi bakteri *Salmonella typhi*. Kasus demam tifoid di Indonesia berkisar antara 350 hingga 810 per 100.000 penduduk, dengan prevalensi 1,6%. Tujuan penelitian ini, untuk mengetahui hubungan jumlah sel leukosit mononuklear (monosit, limfosit) dengan hasil Tubex TF pada pasien suspek demam tifoid. Penelitian ini merupakan penelitian observasional analitik dan juga teknik pengambilan sampelnya ialah dengan cara *Consecutive Sampling* yaitu semua subyek yang memenuhi kriteria pemilihan yaitu sebanyak 63 sampel. Jumlah sel leukosti mononuclear (monosit, limfosit) ditentukan dengan alat *Hematology Analyzer* dan uji Tubex TF ditentukan dengan metode IMBI. Uji korelasi Spearman digunakan untuk analisis statistik. Temuan menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara jumlah monosit dan hasil Tubex TF pada pasien yang diduga demam tifoid ($p = 0,006 < \alpha = 0,05$). Sebaliknya, tidak ditemukan korelasi yang signifikan antara jumlah limfosit dan hasil Tubex TF pada kelompok pasien yang sama ($p = 0,296 > \alpha = 0,05$).

Kata Kunci: Monosit, Limfosit, Tubex TF

ABSTRACT

Typhoid fever can be diagnosed in suspected patients through the Tubex TF test, which has a relatively high sensitivity and specificity of 73%. Typhoid fever can also be diagnosed by examining the number of mononuclear leukocytes, particularly monocytes and lymphocytes, which are indicators of bacterial infection. Typhoid fever is a disease caused by *Salmonella typhi*. Typhoid fever cases in Indonesia range from 350 to 810 per 100,000 people, with a prevalence of 1.6%. The purpose of this study was to determine the relationship between the number of mononuclear leukocytes (monocytes and lymphocytes) and Tubex TF results in patients suspected of typhoid fever. This study was an analytical observational study and the sampling technique used was consecutive sampling, with all subjects meeting the selection criteria, amounting to 63 samples. The number of mononuclear leukocytes (monocytes, lymphocytes) was determined using a Hematology Analyzer and the Tubex TF test was determined using the IMBI method. Spearman's correlation test was used for statistical analysis. The findings showed a significant correlation between the number of monocytes and the Tubex TF results in patients suspected of typhoid fever ($p = 0.006 < \alpha = 0.05$). In contrast, no significant correlation was found between the number of lymphocytes and the Tubex TF results in the same group of patients ($p = 0.296 > \alpha = 0.05$).

Keywords: Monocytes, Lymphocytes, Tubex TF

PENDAHULUAN

Demam tifoid, sebuah penyakit infeksi sistemik yang disebabkan oleh bakteri *Salmonella typhi*, tetap menjadi salah satu tantangan kesehatan masyarakat yang signifikan di Indonesia. Dengan angka insidensi yang diperkirakan mencapai 350 hingga 810 kasus per 100.000 penduduk, penyakit ini menempati posisi yang mengkhawatirkan dalam daftar penyakit menular di tanah air (Nur et al., 2022). Penularannya yang seringkali terjadi melalui konsumsi makanan atau air yang terkontaminasi membuat demam tifoid dapat menyebar dengan cepat, terutama di lingkungan dengan sanitasi yang kurang memadai (Tadesse et al., 2023). Kelompok usia muda, khususnya anak-anak dan remaja berusia 3 hingga 19 tahun, menunjukkan kerentanan yang lebih tinggi terhadap infeksi ini (Sefwan et al., 2024). Mengingat prevalensinya yang tinggi dan dampaknya terhadap produktivitas masyarakat, diagnosis yang cepat dan akurat menjadi kunci utama dalam penatalaksanaan dan pengendalian demam tifoid.

Dalam praktik klinis, diagnosis demam tifoid didukung oleh berbagai pemeriksaan laboratorium yang idealnya harus cepat, akurat, dan spesifik. Salah satu pemeriksaan awal yang umum dilakukan adalah hitung darah lengkap. Pada banyak kasus infeksi *Salmonella typhi*, sering ditemukan adanya perubahan pada profil darah tepi, terutama penurunan jumlah sel darah putih atau *leukopenia*. Kondisi ini diyakini terjadi akibat supresi sumsum tulang yang dipicu oleh endotoksin bakteri (Khairunnisa et al., 2020). Selain pemeriksaan hematologi rutin, diagnosis juga ditegakkan melalui uji serologis yang lebih spesifik. Di antara berbagai uji yang tersedia, tes *Tubex TF* telah menunjukkan keunggulan karena memiliki tingkat sensitivitas dan spesifitas yang relatif tinggi, yaitu sekitar 73%, dalam mendeteksi infeksi akut (Ilham et al., 2017).

Kesenjangan dalam praktik diagnostik seringkali muncul karena setiap metode pemeriksaan memiliki kelebihan dan keterbatasan. Pemeriksaan hitung darah lengkap, meskipun mudah dan cepat, memberikan gambaran yang bersifat umum dan tidak spesifik untuk demam tifoid. Di sisi lain, uji serologis seperti *Tubex TF*, meskipun lebih spesifik, berfokus pada deteksi respon imun tubuh. Uji *Tubex TF* secara khusus mengidentifikasi keberadaan antibodi IgM yang menargetkan antigen lipopolisakarida (LPS) O-9 dari *Salmonella typhi*, yang merupakan penanda infeksi akut (Lelei et al., 2019; Masuet-Aumatell & Atouguia, 2020; Sofia et al., 2023). Kesenjangan antara gambaran hematologis umum dengan hasil serologis spesifik ini membuka sebuah pertanyaan penelitian: adakah hubungan antara perubahan jumlah sel-sel imun tertentu dengan hasil tes serologis, yang dapat memberikan pemahaman diagnostik yang lebih komprehensif?

Secara biologis, terdapat hubungan yang erat antara infeksi bakteri dengan respon sel-sel imun. Ketika terjadi infeksi *Salmonella typhi* dan bakteri menyebar melalui aliran darah (*bakteremia*), sistem imun tubuh akan merespons dengan mengaktifkan berbagai jenis sel, termasuk leukosit mononuklear. Kelompok sel ini, yang terdiri dari monosit dan limfosit, memegang peranan krusial dalam pertahanan tubuh (Khairunnisa et al., 2020). Monosit dan makrofag berperan dalam fase awal sebagai sel fagosit yang menelan dan menghancurkan bakteri (Situmorang & Aprian, 2022). Sementara itu, sel limfosit, khususnya limfosit B, akan terstimulasi untuk memproduksi antibodi, termasuk antibodi IgM yang dideteksi oleh tes *Tubex TF*. Keterkaitan fungsional inilah yang melandasi hipotesis bahwa perubahan jumlah monosit dan limfosit mungkin berkorelasi dengan hasil uji *Tubex TF*.

Meskipun beberapa penelitian telah mulai mengeksplorasi hubungan ini, masih terdapat celah dalam literatur yang perlu diisi. Sebuah studi sebelumnya yang dilakukan oleh Sofia et al. (2023) telah menunjukkan adanya korelasi antara hasil positif *Tubex TF* dengan jumlah leukosit secara total. Namun, belum banyak penelitian yang menggali lebih dalam untuk melihat hubungan antara hasil *Tubex TF* dengan masing-masing komponen sel leukosit

mononuklear, yaitu monosit dan limfosit, secara terpisah. Terlebih lagi, penelitian semacam ini belum pernah dilakukan di wilayah Kota Ponorogo. Kesenjangan inilah yang menjadi justifikasi utama bagi penelitian ini, yaitu untuk menganalisis hubungan yang lebih spesifik antara respon seluler (jumlah monosit dan limfosit) dengan respon humorai (hasil *Tubex TF*).

Menjawab kesenjangan tersebut, penelitian ini menawarkan sebuah nilai kebaruan melalui pendekatan analisis yang lebih terperinci dan kontekstual. Inovasi dari studi ini terletak pada keputusannya untuk mereplikasi penelitian sebelumnya di lokasi baru, yaitu RS Aisyiyah Ponorogo, dengan fokus yang lebih tajam. Berbeda dari studi sebelumnya yang hanya melihat jumlah leukosit total, penelitian ini akan secara spesifik menganalisis korelasi antara hasil *Tubex TF* dengan jumlah absolut sel monosit dan sel limfosit secara terpisah. Lebih jauh lagi, penelitian ini juga menambahkan variabel demografis dengan mengkategorikan sampel ke dalam tiga kelompok usia yang berbeda (anak, remaja, dan remaja dewasa), untuk melihat apakah ada perbedaan respon imun pada rentang usia yang berbeda.

Berdasarkan latar belakang masalah mengenai tingginya prevalensi demam tifoid, adanya berbagai pendekatan diagnostik, serta celah penelitian mengenai hubungan spesifik antara respon seluler dan humorai, maka tujuan dari penelitian ini menjadi sangat jelas. Studi ini bertujuan untuk mengetahui hubungan antara jumlah sel leukosit mononuklear (monosit dan limfosit) dengan hasil uji *Tubex TF* pada pasien suspek demam tifoid di RS Aisyiyah Ponorogo. Dengan menganalisis korelasi ini, penelitian diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai dinamika respon imun selama infeksi tifoid akut dan mengeksplorasi potensi sel monosit dan limfosit sebagai parameter pendukung dalam interpretasi hasil tes serologis.

METODE PENELITIAN

Kajian ini merupakan penelitian observasional analitik. Penelitian dilakukan pada Januari 2025–Februari 2025 di Rumah Sakit Umum Aisyiyah Ponorogo. Sampel diambil dari pasien suspek demam tifoid dengan kriteria tiga kelompok usia yaitu usia 5–10 tahun (anak), usia 11–15 tahun (remaja), serta usia 16–20 tahun (remaja dewasa) dan pasien dengan demam akut lebih dari 3 hari. Besar sampel penelitian yaitu 63 sampel. Alat dan bahan uji *Tubex TF* diantaranya *Tubex Kit*, reagen A (*brown reagent*) berisi partikel magnetik berlapis antigen O9 *S. typhi*, dan reagen B (*blue reagent*) berisi partikel lateks biru berlapis antibodi monoklonal spesifik terhadap antigen O9. Serum pasien, mikropipet, tip kuning, stopwatch. Pemeriksaan sel leukosit dengan *hematology analyzer* Mindray 5150, sampel darah *whole blood* dari tabung ungu, reagen yang mengandung asam asetat glasial, gentian violet, aquadest.

Cara kerja pemeriksaan *Tubex TF*, Tambahkan 45 μ l partikel magnetik berlapis antigen (reagen Cokelat) ke dalam wadah reaksi yang berisi enam tabung reaksi berbentuk V. Tambahkan 45 μ l sampel serum bening ke dalam wadah dan aduk perlahan menggunakan pipet. Inkubasi campuran selama 2 menit, lalu tambahkan 90 μ l partikel indikator berlapis antibodi (reagen Biru). Tutup wadah reaksi dengan strip, lalu miringkan tabung reaksi dari posisi vertikal ke horizontal dengan sudut 90°. Goyangkan tabung reaksi maju mundur selama 2 menit untuk memperluas permukaan reaksi. Letakkan tabung reaksi berbentuk V di atas rak magnetik dan diamkan selama 5 menit agar terjadi proses pemisahan atau pengendapan. Interpretasikan hasil dengan membandingkan warna akhir dalam tabung reaksi dengan skala warna yang tersedia untuk menentukan skor reaksi (Kusumaningrat & Yasa, 2014).

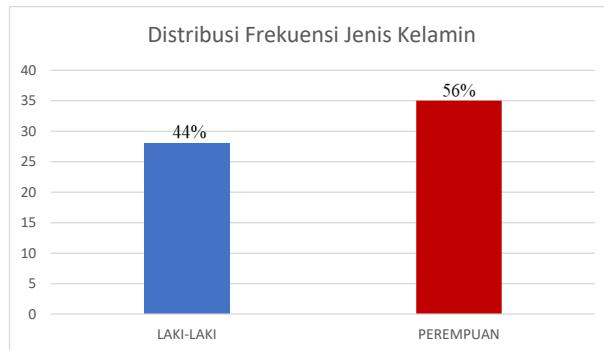
Cara kerja pemeriksaan darah lengkap, Untuk *running* sampel dengan metode sampler, memastikan terlebih dahulu bahwa alat benar dalam kondisi sampler. Kemudian meletakkan tabung sampel darah EDTA pada rak sampel yang terdapat pada alat sesuai dengan urutan balonko pemeriksaan. Tekan sampler dan sesuaikan posisi rak tepat pada posisi sampel pertama, Copyright (c) 2025 CENDEKIA : Jurnal Ilmu Pengetahuan

kemudian klik OK. Lalu klik tombol *start* berwarna biru yang berada pada bagian depan alat dan tunggu hasil keluar dalam bentuk print-out. Nilai normal limfosit adalah 20-40% dan monosit adalah 2-8%. Dengan kadar leukosit normal adalah 4.000-11.000/uL, maka kadar limfosit normal adalah 800/uL – 4.400/uL dan kadar monosit normal adalah 80 – 880/uL (Bakhri, 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Menurut hasil kajian yang telah dilaksanakan di RSU Aisyiyah Ponorogo terdapat 63 sampel individu diduga mmenderita demam tifoid yang menjalani pemeriksaan Tubex TF dan pengujian hitung darah lengkap, termasuk pemeriksaan leukosit mononuklear, yaitu limfosit dan monosit. Pemeriksaan tersebut dilakukan di Laboratorium RSU Aisyiyah Ponorogo pada bulan Januari hingga Februari 2025.



Gambar 1. Karakteristik Sampel

Gambar 1 menyajikan distribusi frekuensi sampel penelitian berdasarkan jenis kelamin, yang pemeriksannya dilakukan di Laboratorium RSU Aisyiyah Ponorogo pada periode Januari hingga Februari 2025. Grafik tersebut menunjukkan bahwa mayoritas responden dalam penelitian ini adalah perempuan, dengan persentase mencapai 56%. Sementara itu, responden laki-laki mencakup sisa 44% dari total sampel. Komposisi ini memberikan gambaran demografis dasar dari populasi yang menjadi subjek penelitian, dengan proporsi yang sedikit lebih dominan pada sisi perempuan.

Tabel 1. Angka Sel Leukosit Mononuklear Pada Pasien Suspek Demam Tifoid

Kategori	Kelompok Umur			Frekuensi	Percentase (%)
	5-10 th	11-15 th	16-20 th		
Sel Limfosit					
<1000	6	7	7	20	32%
1000-4800	16	13	12	41	65%
>4800	2	-	-	2	3%
Total	63			100%	
Sel Monosit					
<200	3	3	-	6	10%
200-800	14	15	16	45	71%
>800	7	2	3	12	19%
Total	63			100%	

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 1 menyajikan data angka sel leukosit mononuklear, yang terbagi menjadi limfosit dan monosit, pada 63 pasien suspek demam tifoid. Mayoritas besar pasien (65%) menunjukkan jumlah sel limfosit dalam rentang normal (1000-4800 sel/ μ L). Demikian pula, jumlah sel monosit juga didominasi oleh rentang normal (200-800 sel/ μ L) pada 71% pasien. Temuan ini mengindikasikan bahwa meskipun ada kecurigaan demam tifoid, sebagian besar profil sel darah putih mononuklear pasien masih berada dalam batas fisiologis normal, meskipun ada beberapa kasus limfopenia, limfositosis, dan monositosis.

Tabel 2. Derajat Hasil Positif Uji Tubex TF pada Pasien Suspek Tifoid

Skala Derajat Tubex TF	Kelompok Usia			Frekuensi	Percentase (%)
	5-10 thn	11-15 thn	16-20 thn		
Positif 4	22	19	16	57	90%
Positif 6	2	1	3	6	10%
Total	63			100%	

Sumber: Data Primer, 2025

Tabel 2 menampilkan derajat hasil positif dari uji Tubex TF pada 63 pasien. Hasilnya menunjukkan bahwa mayoritas absolut pasien, yaitu sebanyak 57 orang atau 90%, memiliki hasil positif dengan skala derajat 4. Hanya sebagian kecil pasien, yaitu 6 orang atau 10%, yang menunjukkan hasil positif dengan skala derajat 6, yang mengindikasikan respons imun yang lebih kuat. Dominasi hasil positif pada skala 4 ini memberikan gambaran umum mengenai tingkat respons antibodi IgM terhadap antigen *Salmonella typhi* O9 pada populasi pasien yang diteliti.

Tabel 3. Uji Korelasi Spearman

Variable 1	Variable 2	Korelasi (rho)	Sig.	Kesimpulan
Monosit	Limfosit	0,460	<0,001	Signifikansi positif
Monosit	Tubex TF	0,342	0,006	Signifikansi positif
Limfosit	Tubex TF	0,134	0,296	Tidak signifikansi

Tabel 3 merangkum hasil uji korelasi Spearman antara tiga variabel kunci. Ditemukan adanya hubungan positif yang signifikan secara statistik antara jumlah monosit dan limfosit ($\rho=0,460$; $p<0,001$), serta antara jumlah monosit dan hasil uji Tubex TF ($\rho=0,342$; $p=0,006$). Namun, tidak ditemukan adanya hubungan yang signifikan antara jumlah limfosit dengan hasil uji Tubex TF ($p=0,296$). Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan monosit berkorelasi dengan respons imun yang terdeteksi oleh Tubex TF, namun hal yang sama tidak berlaku untuk limfosit.

Pembahasan

Temuan kunci dari penelitian ini adalah adanya korelasi positif yang signifikan secara statistik antara jumlah sel monosit dengan hasil derajat positif uji *Tubex TF*, sementara korelasi serupa tidak ditemukan pada sel limfosit. Implikasi langsung dari hasil ini adalah bahwa dalam konteks pasien suspek demam tifoid, peningkatan jumlah monosit tampaknya berjalan selaras dengan intensitas respons imun humoral akut yang terdeteksi oleh *Tubex TF*. Hal ini menempatkan monosit sebagai indikator hematologis yang lebih relevan dibandingkan limfosit untuk dianalisis bersamaan dengan hasil uji serologis ini. Penemuan ini menunjukkan bahwa aktivasi komponen sistem imun bawaan, khususnya sel-sel fagositik seperti monosit, memainkan peran yang terukur dan dapat diamati selama fase awal infeksi *Salmonella typhi*. Dengan demikian, sel monosit berpotensi menjadi parameter pendukung yang berguna dalam

memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai respons imun pasien terhadap infeksi.

Hubungan erat antara monosit dan hasil *Tubex TF* dapat dijelaskan melalui fungsi biologis fundamental sel ini dalam melawan infeksi bakteri. Monosit merupakan prekursor makrofag, yaitu sel fagosit utama yang berperan sebagai lini pertahanan pertama dalam menelan dan menghancurkan patogen seperti *Salmonella*. Peningkatan jumlahnya, atau *monositosis*, yang teramat pada 19% sampel, merupakan respons fisiologis terhadap infeksi. Sebagaimana dijelaskan oleh Situmorang dan Aprian (2022), infeksi yang disebabkan oleh bakteri intraselular seperti *Salmonella* memang dapat memicu peningkatan kadar monosit. Korelasi positif dengan skala *Tubex TF* mengindikasikan bahwa semakin kuat respons antibodi IgM terhadap antigen bakteri, semakin aktif pula mobilisasi monosit dalam sirkulasi darah (Ariyani et al., 2025; Laupland et al., 2019). Aktivitas fagositik yang meningkat ini merupakan mekanisme pertahanan esensial tubuh untuk mengeliminasi mikroba, sehingga menjadikan jumlah monosit cerminan langsung dari pertempuran yang sedang berlangsung antara sistem imun dan patogen.

Sebaliknya, ketiadaan korelasi signifikan antara jumlah limfosit dan hasil *Tubex TF* memerlukan interpretasi yang lebih mendalam. Meskipun 65% pasien memiliki jumlah limfosit dalam rentang normal, tidak adanya hubungan statistik bukan berarti sel limfosit tidak berperan dalam respons imun terhadap demam tifoid. Limfosit adalah aktor utama dalam sistem imun adaptif yang bertanggung jawab atas produksi antibodi dan memori imunologis jangka panjang. Namun, jumlah total limfosit dalam sirkulasi mungkin bukan merupakan indikator yang sensitif untuk mengukur respons imun akut yang spesifik terhadap satu antigen (Cronkite & Strutt, 2018; Schonhoff et al., 2019). Respons adaptif yang kompleks mungkin melibatkan perubahan proporsi subtipe limfosit, seperti sel T penolong atau sel B spesifik, yang tidak akan tercermin dalam hitung limfosit total. Oleh karena itu, jumlah limfosit secara keseluruhan tidak dapat dijadikan parameter tunggal untuk menginterpretasikan hasil *Tubex TF* yang secara spesifik mengukur IgM (Hu et al., 2021; Martini et al., 2019; Musteikienė et al., 2021).

Temuan ini harus dipahami dalam konteks mekanisme kerja tes *Tubex TF* itu sendiri, yang merupakan metode diagnostik imunologis yang dirancang untuk mendeteksi antibodi *Immunoglobulin M* (IgM) yang spesifik terhadap antigen O9 dari *Salmonella typhi*. Kehadiran IgM merupakan penanda serologis kunci untuk infeksi akut atau yang baru terjadi, karena IgM adalah kelas antibodi pertama yang diproduksi secara masif oleh sistem imun saat pertama kali terpapar oleh patogen baru. Menurut Loeffler dan Hart (2018), deteksi IgM spesifik ini menunjukkan bahwa tubuh pasien sedang berada dalam fase respons imun primer terhadap infeksi *Salmonella typhi* yang aktif. Dengan demikian, dominasi hasil positif pada skala derajat 4 dan 6 pada seluruh 63 sampel penelitian secara kuat mengindikasikan bahwa populasi yang diteliti memang sedang mengalami respons imun aktif terhadap bakteri penyebab demam tifoid.

Proses produksi IgM yang terdeteksi oleh *Tubex TF* merupakan puncak dari serangkaian interaksi kompleks dalam sistem imun adaptif. Ketika *Salmonella typhi* masuk ke dalam tubuh, antigen O9 miliknya akan dikenali sebagai entitas asing. Sel penyaji antigen (*Antigen Presenting Cells* atau APC), seperti makrofag yang berasal dari monosit, akan memproses antigen ini dan menyajikannya kepada limfosit T penolong. Limfosit T yang teraktivasi kemudian akan memberikan sinyal stimulasi kepada limfosit B yang spesifik untuk antigen O9 tersebut. Setelah mendapatkan aktivasi, limfosit B akan berdiferensiasi dan berkembang biak menjadi sel plasma. Sel plasma inilah yang berfungsi sebagai pabrik antibodi, yang pada fase awal infeksi akan memproduksi dan melepaskan IgM dalam jumlah besar ke dalam aliran darah untuk menetralisir dan mengagglutinasi patogen (Frenet & Scaradavou, 2018; Laier, 2018; Lenti et al., 2020; Loeffler & Hart, 2018).

Interaksi antara sistem imun bawaan dan adaptif menjadi sangat jelas dalam konteks ini. Peran monosit tidak hanya terbatas pada fagositosis langsung terhadap bakteri. Sebagai APC, makrofag yang berasal dari monosit berfungsi sebagai jembatan krusial yang menghubungkan deteksi awal patogen oleh sistem imun bawaan dengan aktivasi respons spesifik oleh sistem imun adaptif. Dengan menyajikan antigen ke sel T, monosit secara tidak langsung memulai seluruh kaskade yang berujung pada produksi antibodi IgM oleh sel B. Keterkaitan inilah yang dapat menjelaskan secara biologis mengapa terdapat korelasi positif antara jumlah monosit dan hasil *Tubex TF*. Peningkatan jumlah monosit tidak hanya mencerminkan upaya fagositosis, tetapi juga menandakan intensitas penyajian antigen yang pada gilirannya akan mendorong respons antibodi yang lebih kuat, yang kemudian terdeteksi oleh tes *Tubex TF* (Loeffler & Hart, 2018).

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan implikasi klinis bahwa hitung jenis sel monosit dapat menjadi parameter hematologis tambahan yang informatif untuk dipertimbangkan bersamaan dengan hasil uji *Tubex TF* pada pasien suspek demam tifoid. Namun, perlu diakui bahwa penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Desain studi yang bersifat potong lintang (*cross-sectional*) hanya dapat menunjukkan adanya asosiasi, bukan hubungan sebab-akibat. Ukuran sampel yang relatif kecil (63 pasien) dan lokasi penelitian yang terbatas pada satu rumah sakit juga membatasi generalisasi hasil ke populasi yang lebih luas. Penelitian di masa depan disarankan untuk menggunakan desain longitudinal untuk mengamati perubahan profil leukosit seiring dengan perkembangan penyakit, serta melibatkan sampel yang lebih besar dan beragam. Validasi lebih lanjut dengan membandingkan hasil ini dengan metode diagnosis baku emas (*gold standard*) seperti kultur darah akan semakin memperkuat signifikansi temuan ini.

KESIMPULAN

Penelitian ini menyajikan kesimpulan utama bahwa jumlah sel monosit, tidak seperti sel limfosit, memiliki korelasi positif yang signifikan secara statistik dengan derajat hasil positif uji *Tubex TF* pada pasien suspek demam tifoid. Temuan ini menempatkan monosit sebagai indikator hematologis yang lebih relevan untuk dianalisis bersamaan dengan hasil serologis ini. Secara biologis, hubungan ini dapat dijelaskan melalui peran ganda monosit sebagai prekursor makrofag. Peningkatan jumlahnya mencerminkan respons fagositik lini pertama dari sistem imun bawaan. Selain itu, sebagai *Antigen Presenting Cells (APC)*, monosit berfungsi sebagai jembatan krusial yang mengaktifkan sistem imun adaptif, yang pada akhirnya memicu produksi antibodi *Immunoglobulin M (IgM)* oleh sel B. Karena *Tubex TF* secara spesifik mendeteksi *IgM*, korelasi ini secara logis menunjukkan bahwa mobilisasi monosit yang lebih aktif berjalan selaras dengan respons antibodi akut yang lebih kuat.

Implikasi klinis dari temuan ini adalah bahwa hitung jenis sel monosit dapat menjadi parameter pendukung yang informatif dalam mengevaluasi respons imun pada demam tifoid. Namun, mengingat keterbatasan studi yang berdesain *cross-sectional* dengan sampel kecil, penelitian di masa depan perlu diperluas untuk memperkuat validitas temuan. Disarankan untuk menggunakan desain *longitudinal* guna mengamati dinamika perubahan profil leukosit seiring dengan progresi penyakit dan respons terhadap terapi. Selain itu, penelitian dengan sampel yang lebih besar dan multi-pusat akan meningkatkan generalisasi hasil. Yang terpenting, untuk mengonfirmasi signifikansi klinis dari korelasi ini, studi selanjutnya harus memvalidasi temuan ini dengan membandingkannya terhadap metode diagnosis baku emas (*gold standard*), yaitu kultur darah, untuk memastikan bahwa peningkatan monosit memang berkorelasi dengan infeksi *Salmonella typhi* yang terkonfirmasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariyani, A. F., et al. (2025). Korelasi leukosit dan IgM anti-salmonella sebagai penunjang diagnosis pasien suspek demam tifoid. *HEALTHY Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan*, 4(2), 73. <https://doi.org/10.51878/healthy.v4i2.5826>
- Bakhri, S. (2018). Analisis jumlah leukosit dan jenis leukosit pada individu yang tidur dengan lampu menyala dan yang dipadamkan. *Jurnal Media Analis Kesehatan*, 1(1), 83–91. <https://doi.org/10.32382/mak.v1i1.176>
- Cronkite, D. A., & Strutt, T. M. (2018). The regulation of inflammation by innate and adaptive lymphocytes. *Journal of Immunology Research*, 2018, 1467538. <https://doi.org/10.1155/2018/1467538>
- Frenet, E. M., & Scaradavou, A. (2018). Human leukocyte antigens. In A. Scaradavou & P. G. Roecklein (Eds.), *Cellular therapy: A new approach to disease treatment* (p. 191). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813726-0.00032-5>
- Hu, Z., et al. (2021). Elevated SARS-CoV-2-specific IgM levels indicate clinically unfavorable outcomes in patients with COVID-19: A retrospective cohort study. *International Journal of General Medicine*, 14, 10429–10438. <https://doi.org/10.2147/ijgm.s322971>
- Ilham, I., et al. (2017). Deteksi IgM anti Salmonella enterica serovar Typhi dengan pemeriksaan Tubex TF dan Typhidot-M. *Jurnal Biosains Pascasarjana*, 19(2), 127. <https://doi.org/10.20473/jbp.v19i2.2017.127-142>
- Khairunnisa, S., et al. (2020). Hubungan jumlah leukosit dan persentase limfosit terhadap tingkat demam pada pasien anak dengan demam tifoid di RSUD Budhi Asih Tahun 2018 – Oktober 2019. *Prosiding Seminar Nasional Riset Kedokteran (SENSORIK)*, 60–69. <https://conference.upnvj.ac.id/index.php/sensorik/article/download/434/196>
- Laier, C. von H. (2018). *Microcontainers for oral vaccine delivery* [Disertasi doktoral, Technical University of Denmark]. Research Portal Denmark. <https://local.forskningsportal.dk/local/dki-cgi/ws/cris-link?src=dtu&id=dtu-9ec5f501-017c-4e7b-89db-4830479b44c1>
- Laupland, K. B., et al. (2020). Population-based risk factors for community-onset bloodstream infections. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*, 39(4), 753–761. <https://doi.org/10.1007/s10096-019-03786-y>
- Lelei, W., et al. (2019). Performance of TUBEX® TF IgM antibody test against culture to detect typhoid fever among hospitalized patients in Nairobi County. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 9(4). <https://doi.org/10.7176/jbah/9-4-08>
- Lenti, M. V., et al. (2020). Depletion of circulating IgM memory B cells predicts unfavourable outcome in COVID-19. *Scientific Reports*, 10(1), 20857. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77945-8>
- Martini, V., et al. (2019). Blood lymphocyte subpopulations in healthy water buffaloes (*Bubalus bubalis*, Mediterranean lineage): Reference intervals and influence of age and reproductive history. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 211, 58–63. <https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2019.04.007>
- Masuet-Aumatell, C., & Atouguia, J. (2021). Typhoid fever infection – Antibiotic resistance and vaccination strategies: A narrative review. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 40, 101946. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101946>
- Musteikienė, G., et al. (2021). Is analysis of inflammatory biomarkers and lymphocyte subpopulations useful in prediction of tuberculosis treatment outcomes? *Journal of*

Clinical Tuberculosis and Other Mycobacterial Diseases, 25, 100275.
<https://doi.org/10.1016/j.jctube.2021.100275>

Nur, R. M., et al. (2022). Antibacterial activity of methanol extract *Rhizophora mucronata* leaves toward *Salmonella typhi*: Leading the typhoid fever. *Pharmaciana*, 12(3), 364. <https://doi.org/10.12928/pharmaciana.v12i3.22475>

Schonhoff, A. M., et al. (2020). Innate and adaptive immune responses in Parkinson's disease. In *Progress in Brain Research* (Vol. 252, pp. 169–218). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2019.10.006>

Sefwan, et al. (2024). Studi korelasi tubex positif dengan indeks eritrosit pada penderita demam tifoid di RSUD Aceh tahun 2023. *Jurnal SAGO*, 5(2), 393–399. <http://dx.doi.org/10.30867/sago.v5i2.1554>

Situmorang, R., & Aprian, A. (2022). Gambaran jenis leukosit pada penderita suspek demam tifoid. *Jurnal Sehat Indonesia (JUSINDO)*, 4(2), 64–69. <https://doi.org/10.36418/jsi.v4i02.45>

Sofia, R., et al. (2023). Korelasi Tubex Tf dengan angka leukosit pada penderita demam tifoid di Rumah Sakit Umum Cut Meutia Aceh Utara. *Jurnal Medika Malahayati*, 7(2), 607–613. <https://doi.org/10.33024/jmm.v7i2.9865>

Tadesse, B. T., et al. (2023). Association among household water, sanitation, and hygiene (WASH) status and typhoid risk in urban slums: Prospective cohort study in Bangladesh. *JMIR Public Health and Surveillance*, 9, e41207. <https://doi.org/10.2196/41207>