

Studi Reologi Darah: Analisis Laju Endap Darah, Hematokrit, dan Distribusi Eritrosit Pada Demam Tifoid

Blood Rheological Studies: Analysis of Blood Sedimentation Rate, Hematocrit, and Erythrocyte Distribution in Typhoid Fever

Arshy Prodyanatasari¹, Anik Andayani^{2*}, Dwi Wahyuni³, Ana Musyafa'ah⁴

^{1,2,3,4} Institut Ilmu Kesehatan Bhakti Wiyata Kediri, Indonesia

* anik.andayani@iik.ac.id

ABSTRAK

Demam tifoid merupakan penyakit endemik di Indonesia yang menyebabkan gangguan sistemik, termasuk perubahan parameter reologi darah. Penelitian ini bertujuan menganalisis perubahan laju endap darah (LED), hematokrit (HCT), dan distribusi eritrosit pada pasien demam tifoid untuk memahami dampak inflamasi terhadap sifat reologi darah. Metode penelitian menggunakan desain observasional analitik dengan sampel 30 pasien demam tifoid di RSUD Lirboyo Kediri. Data diperoleh dari pemeriksaan laboratorium rutin dan dianalisis secara deskriptif serta korelasional. Hasil penelitian menunjukkan 80,6% sampel mengalami peningkatan LED (rata-rata 28 mm/jam), 71% memiliki HCT rendah (rata-rata 36%), dan 61,3% memiliki jumlah eritrosit normal. Analisis korelasi menemukan hubungan antara LED tinggi dengan HCT rendah (87,5% kasus), menunjukkan pengaruh inflamasi terhadap viskositas darah. Simpulan penelitian mengungkap bahwa demam tifoid menyebabkan perubahan signifikan pada parameter reologi darah akibat respons inflamasi sistemik. Rekomendasi penelitian mencakup perlunya pemantauan parameter reologi darah secara berkala pada pasien tifoid dan penelitian lanjutan dengan parameter inflamasi tambahan untuk pemahaman yang lebih komprehensif.

Kata kunci: demam tifoid, reologi darah, laju endap darah, hematokrit, inflamasi

ABSTRACT

Typhoid fever is an endemic disease in Indonesia that causes systemic disorders, including changes in blood rheological parameters. This study aims to analyse changes in ESR, haematocrit (HCT) and erythrocyte distribution in typhoid fever patients to understand the impact of inflammation on blood rheological properties. The research method used an analytical observational design with a sample of 31 typhoid fever patients at RSUD Lirboyo Kediri. Data were obtained from routine laboratory examinations and analysed descriptively and correlation. The results showed 80.6% of the sample had elevated ESR (mean 28 mm/hour), 71% had low HCT (mean 36%), and 61.3% had normal erythrocyte count. Correlation analysis found an association between high ESR and low HCT (87.5%

of cases), suggesting an inflammatory influence on blood viscosity. The conclusion of the study revealed that typhoid fever causes significant changes in blood rheological parameters due to a systemic inflammatory response. Recommendations include the need for regular monitoring of blood rheological parameters in typhoid patients and follow-up studies with additional inflammatory parameters for a more comprehensive understanding.

Keywords: *typhoid fever, blood rheology, erythrocyte sedimentation rate, haematocrit, inflammation*

PENDAHULUAN

Demam tifoid, yang disebabkan oleh bakteri *Salmonella typhi*, merupakan penyakit endemik di daerah dengan sanitasi buruk dan masih menjadi beban kesehatan masyarakat (Gunawan, 2022; Khairunnisa, 2020). Infeksi ini memicu respons inflamasi sistemik yang berdampak pada komponen darah, termasuk peningkatan protein fase akut dan perubahan morfologi eritrosit (Nelwan, 2012). Perubahan tersebut dapat memengaruhi sifat reologi darah, yaitu kekentalan dan kemampuan aliran darah yang berperan penting dalam menjaga sirkulasi mikro dan oksigenasi jaringan (Masyitah, 2021; Sri Wahyuni, 2021; Rasyid, 2021). Parameter seperti laju endap darah (LED), hematokrit, dan lebar distribusi eritrosit (RDW) merupakan indikator tidak langsung dari reologi darah. LED yang meningkat menunjukkan inflamasi, hematokrit mencerminkan konsentrasi sel darah merah, sementara RDW mengindikasikan variasi ukuran eritrosit yang dapat memengaruhi viskositas darah (Fatahian, 2018; Rahardjo, 2015). Pada demam tifoid, gangguan reologi darah berpotensi menyebabkan komplikasi seperti gangguan mikrosirkulasi, trombosis, atau hipoksia organ (Nurmansyah, 2020). Namun, penelitian yang secara khusus menganalisis hubungan antara demam tifoid dan perubahan reologi darah masih terbatas. Oleh karena itu, Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan parameter reologi darah, khususnya LED, hematokrit, dan distribusi eritrosit (RDW), pada pasien demam tifoid. Selain itu, studi ini juga akan mengkaji korelasi antara parameter-parameter tersebut dengan tingkat keparahan penyakit untuk menilai apakah mereka dapat berperan sebagai penanda prognostik. Dengan memahami perubahan reologi darah pada tifoid, diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan dasar ilmiah bagi pendekatan terapi yang lebih tepat, seperti manajemen cairan atau terapi antikoagulan pada pasien dengan risiko gangguan hemodinamik.

Penelitian ini memiliki urgensi klinis yang tinggi karena gangguan reologi darah pada demam tifoid dapat berkontribusi terhadap komplikasi serius, seperti syok sepsis atau perdarahan usus. LED, hematokrit, dan RDW merupakan pemeriksaan hematologi rutin yang mudah diakses dan murah, sehingga jika terbukti berkaitan dengan gangguan reologi, mereka dapat dimanfaatkan sebagai alat pemantauan tambahan (Al-Windy, 2023; Li, 2021; India). Selain itu, hingga saat ini masih sedikit studi yang mengeksplorasi hubungan antara tifoid dan perubahan sifat aliran darah. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat mengisi gap pengetahuan tersebut dan memberikan panduan baru dalam penanganan pasien demam tifoid, terutama dalam hal pencegahan komplikasi terkait gangguan sirkulasi.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan komprehensif dalam menganalisis parameter reologi darah pada demam tifoid, yang selama ini lebih sering dipelajari secara terpisah. Studi ini tidak hanya melihat LED sebagai penanda inflamasi, tetapi juga mengaitkannya dengan hematokrit dan RDW untuk menilai dampak keseluruhan terhadap viskositas dan aliran darah. Selain itu, penelitian ini berpotensi mengungkap mekanisme baru di balik komplikasi tifoid yang berkaitan dengan gangguan hemodinamik.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji parameter hematologi pada demam tifoid. Studi yang dilakukan oleh Marcella (2024) menginvestigasi parameter hematologi pada 120 pasien demam tifoid yang dirawat di rumah sakit di Aceh, Indonesia. Penelitian ini menemukan bahwa LED dan hitung leukosit merefleksikan aspek berbeda dari respons inflamasi terhadap infeksi *Salmonella typhi*, dimana LED yang meningkat secara konsisten dapat menjadi penanda inflamasi sistemik yang lebih andal dibandingkan hitung leukosit yang bervariasi. Studi ini memberikan dasar penting untuk penelitian lebih lanjut mengenai hubungan antara parameter hematologi dengan komplikasi dan prognosis pasien demam tifoid (Marcella, 2024). Sementara itu, penelitian Siddique (2024) mengungkapkan bahwa 68% pasien menunjukkan abnormalitas hematokrit, dengan 42% mengalami peningkatan kadar ($>46\%$) akibat dehidrasi dan 26% mengalami penurunan ($<36\%$) terkait perdarahan usus atau sepsis. Selain itu, anemia berat ($Hb < 8 \text{ g/dL}$) ditemukan pada 31% kasus, terutama pada pasien anak, sementara trombositopenia ($<150.000/\mu\text{L}$) terjadi pada 39% subjek penelitian. Temuan unik lainnya adalah korelasi signifikan antara status sosioekonomi rendah dengan komplikasi hematologi—pasien dari kelompok ekonomi lemah memiliki risiko anemia 2,3 kali lebih tinggi (95% CI: 1,7–3,1) dan durasi rawat inap lebih panjang (rata-rata 8,2 hari vs. 5,6 hari pada kelompok ekonomi tinggi) (Siddique, 2024). Dalam konteks RDW, meta-analisis oleh Li *et al.* (2021) menemukan bahwa peningkatan RDW berkaitan dengan mortalitas pada pasien sepsis, meskipun belum ada studi spesifik pada tifoid (Li, 2021). Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Silva (2019) mengungkapkan perubahan signifikan pada morfologi eritrosit dan sifat reologi darah pada pasien dengan infeksi bakteri berat. Penelitian yang dilakukan terhadap 85 pasien sepsis bakterial dan 50 individu sehat sebagai kontrol ini menunjukkan bahwa deformabilitas eritrosit menurun drastis hingga 35% pada pasien sepsis ($p = 0,002$), yang berkaitan dengan peningkatan kekakuan membran sel darah merah. Selain itu, terjadi peningkatan ektosis (pembentukan vesikel membran) sebesar 3,5 kali lipat dibandingkan kelompok kontrol ($p < 0,001$), serta anisositosis (variasi ukuran eritrosit) 2,8 kali lebih tinggi. Dalam konteks hemoreologi, penelitian ini menemukan bahwa viskositas darah meningkat 25% pada pasien sepsis ($p = 0,01$), terutama akibat agregasi eritrosit dan peningkatan protein fase akut seperti fibrinogen. Temuan lain yang penting adalah korelasi kuat antara penurunan deformabilitas eritrosit dengan tingkat keparahan sepsis (skala SOFA; $r = -0,72$, $p < 0,001$), menunjukkan bahwa perubahan ini mungkin berkontribusi pada gangguan mikrosirkulasi dan hipoksia jaringan pada pasien kritis (Silva, 2019). Gap utama dari literatur yang ada adalah kurangnya studi yang mengintegrasikan LED, hematokrit, dan RDW untuk menilai reologi darah secara

menyeluruh pada tifoid, serta belum adanya konsensus mengenai implikasi klinis perubahan parameter tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pemahaman dampak demam tifoid terhadap sifat reologi darah dan implikasinya dalam tata laksana pasien.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain observasional analitik dengan pendekatan *cross-sectional* untuk menganalisis parameter reologi darah pada pasien demam tifoid, meliputi: nilai Laju Endap Darah (LED), Hematokrit (HCT), dan jumlah eritrosit pada pasien demam tifoid di RSUD Lirboyo Kediri. Metode penelitian deskriptif yang digunakan bertujuan untuk mendefinisikan karakteristik parameter reologi darah pada populasi pasien tifoid tanpa melakukan intervensi atau membandingkan kelompok. Penelitian ini mengambil populasi berupa seluruh pasien yang terdiagnosis demam tifoid di RSUD Lirboyo Kediri selama periode 29 April hingga 18 Mei 2024. Penelitian ini menetapkan kriteria inklusi yang ketat untuk memastikan homogenitas sampel. Kriteria inklusi meliputi: (1) pasien dengan hasil pemeriksaan Widal positif untuk kedua antigen O dan H dengan titer $\geq 1/160$ sebagai konfirmasi diagnosis demam tifoid, (2) pasien tanpa riwayat penyakit penyerta seperti anemia, tuberkulosis, leukemia, atau penyakit jantung yang dapat memengaruhi parameter hematologi, serta (3) pasien perempuan yang tidak sedang menstruasi atau hamil untuk menghindari pengaruh perubahan fisiologis terhadap hasil pemeriksaan darah. Kriteria eksklusi ditetapkan untuk mengontrol variabel pengganggu, mencakup: (1) pasien yang telah menerima transfusi darah dalam 1 bulan terakhir, (2) pasien yang sedang mengonsumsi obat-obatan yang memengaruhi viskositas darah seperti antikoagulan, steroid, atau obat antiinflamasi nonsteroid, dan (3) pasien dengan kondisi imunokompromais seperti HIV/AIDS atau penerima terapi immunosupresan. Pemilihan kriteria ini didasarkan pada pertimbangan klinis untuk meminimalkan bias dalam pengukuran parameter reologi darah (LED, hematokrit, dan distribusi eritrosit). Pembatasan terhadap kondisi menstruasi dan kehamilan pada pasien perempuan dimaksudkan untuk meniadakan pengaruh fluktuasi hormon dan perubahan volume darah yang dapat mengganggu interpretasi hasil. Sementara itu, pengecualian pasien dengan penyakit kronis bertujuan untuk memastikan bahwa perubahan parameter darah yang teramati benar-benar berkaitan dengan infeksi tifoid.

Instrumen pengumpulan data meliputi pengambilan sampel darah vena untuk pemeriksaan laboratorium (LED, hematokrit, dan RDW), lembar observasi klinis (suhu tubuh, frekuensi nadi, dan gejala), serta kuesioner data demografis (usia, jenis kelamin, riwayat penyakit). Teknik pengumpulan data dilakukan secara prospektif dengan prosedur standar pengambilan darah menggunakan tabung EDTA dan pengukuran LED metode *Westergren*, hematokrit melalui mikrohematokrit, serta RDW dengan analisis otomatis (alat hematology analyzer). Analisis data menggunakan analisis deskriptif dan studi literatur.

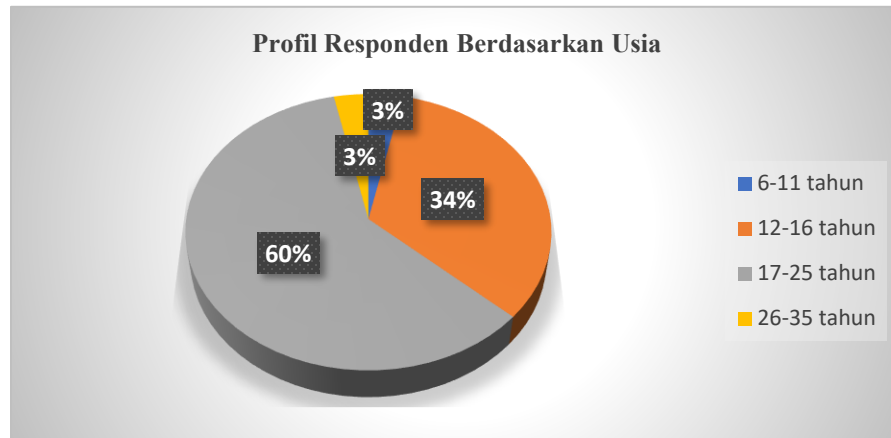
HASIL DAN PEMBAHASAN

Demam tifoid, penyakit sistemik yang disebabkan oleh *Salmonella typhi*, tidak hanya menimbulkan manifestasi klinis berupa demam dan gangguan gastrointestinal, tetapi juga memicu perubahan signifikan pada sifat reologi darah. Perubahan ini mencerminkan respons tubuh terhadap proses inflamasi sistemik dan dapat menjadi penanda penting dalam memahami patofisiologi penyakit serta potensi komplikasinya. Berikut profil responden berdasarkan usia dan jenis kelamin.



Gambar 1 Profil Responden Berdasarkan Jenis Kelamin

Data dari 30 responden menunjukkan disparitas yang signifikan dalam distribusi kasus demam tifoid berdasarkan jenis kelamin. Perempuan mendominasi dengan 23 kasus (76,7%), sementara laki-laki hanya menyumbang 7 kasus (23,3%). Perbedaan mencolok ini dapat dijelaskan melalui beberapa faktor potensial. Pertama, aspek biologis seperti perbedaan respons imun antara perempuan dan laki-laki, meskipun memerlukan penelitian lebih lanjut untuk konfirmasi. Kedua, faktor perilaku dan sosial seperti peran gender dalam persiapan makanan dan aktivitas domestik dapat meningkatkan paparan perempuan terhadap sumber infeksi. Ketiga, dalam konteks budaya tertentu, perempuan lebih sering mencari pengobatan ketika sakit, sehingga terdata dalam penelitian, sementara laki-laki cenderung mengabaikan gejala awal. Namun, temuan ini bertolak belakang dengan beberapa literatur yang justru melaporkan insidensi lebih tinggi pada laki-laki karena faktor pekerjaan dan mobilitas. Oleh karena itu, diperlukan studi lebih mendalam untuk memahami determinan sosial-budaya dan biologis yang mendasari disparitas gender dalam kasus demam tifoid di lokasi penelitian ini.



Gambar 2 Profil Responden Berdasarkan Usia

Data dari 30 responden menunjukkan pola distribusi usia yang menarik pada kasus demam tifoid. Kelompok usia 17-25 tahun mendominasi dengan 18 kasus (60%), mengindikasikan bahwa populasi dewasa muda merupakan kelompok paling rentan terhadap infeksi *Salmonella typhi*. Tingginya angka pada kelompok ini berkaitan dengan faktor perilaku seperti mobilitas tinggi, kebiasaan makan di tempat umum, dan kesadaran higiene yang belum optimal. Kelompok remaja (12-16 tahun) menempati posisi kedua dengan 10 kasus (33.3%), dimana faktor lingkungan seperti lingkungan tempat tinggal atau sekolah dengan sanitasi terbatas berperan penting. Sementara itu, kelompok usia ekstrem menunjukkan angka yang jauh lebih rendah, yaitu hanya 1 kasus (3.3%) masing-masing untuk anak-anak 6-11 tahun dan dewasa 26-35 tahun. Pada anak kecil, meskipun sistem imun belum matang, angka yang rendah ini mencerminkan pengawasan orang tua yang lebih ketat terhadap kebersihan makanan dan sanitasi lingkungan. Sedangkan pada kelompok dewasa 26-35 tahun, imunitas spesifik melalui paparan sebelumnya serta gaya hidup yang lebih terkontrol berperan dalam menekan angka infeksi. Pola distribusi ini menggarisbawahi pentingnya intervensi kesehatan masyarakat yang spesifik usia, terutama pada populasi remaja dan dewasa muda yang merupakan kelompok berisiko tinggi.

Tabel 1. Data Hasil Pemeriksaan Hematologi Responden

Kode Sampel	P/L	Usia (Tahun)	Hasil Pemeriksaan Hematologi					
			LED (mm/Jam)	Keterangan	HCT (%)	Keterangan	Jumlah Eritrosit (Juta/ μ l)	Keterangan
1	P	18	76	Tinggi	33.9	Rendah	4.8	Normal
2	L	31	11	Normal	45.7	Normal	5.06	Normal
3	L	23	3	Rendah	36.3	Rendah	4.67	Normal
4	L	15	2	Rendah	45.2	Normal	5.66	Tinggi
5	P	11	5	Rendah	35.9	Rendah	4.79	Normal
6	P	15	55	Tinggi	34	Rendah	4.91	Normal
7	P	14	18	Tinggi	38.3	Rendah	5.93	Tinggi
8	P	19	19	Tinggi	31.3	Rendah	4.22	Rendah

Kode Sampel	P/L	Usia (Tahun)	Hasil Pemeriksaan Hematologi					
			LED (mm/Jam)	Keterangan	HCT (%)	Keterangan	Jumlah Eritrosit (Juta/ μ L)	Keterangan
9	P	17	23	Tinggi	35.2	Rendah	4.85	Normal
10	P	18	1	Rendah	44.7	Normal	6.04	Tinggi
11	P	18	49	Tinggi	39.2	Rendah	4.77	Normal
12	P	18	22	Tinggi	37.8	Rendah	5.6	Tinggi
13	P	16	41	Tinggi	35.4	Rendah	4.59	Normal
14	P	14	54	Tinggi	36	Rendah	4.59	Normal
15	L	21	12	Normal	29.5	Rendah	5.43	Normal
16	P	19	13	Normal	32.2	Rendah	5.85	Tinggi
17	P	19	18	Tinggi	31.2	Rendah	5.21	Normal
18	L	22	3	Rendah	48.8	Tinggi	6.04	Tinggi
19	P	15	50	Tinggi	35.1	Rendah	4.87	Normal
20	P	15	17	Tinggi	42.8	Normal	5.33	Normal
21	P	16	14	Normal	34.1	Rendah	4.37	Normal
22	P	18	29	Tinggi	38.7	Rendah	4.65	Normal
23	P	17	29	Tinggi	27.3	Rendah	4.86	Normal
24	P	14	121	Tinggi	33.5	Rendah	4.19	Rendah
25	P	13	21	Tinggi	42.7	Normal	5.29	Normal
26	P	17	5	Rendah	35.3	Rendah	4.59	Normal
27	P	13	24	Tinggi	36.5	Rendah	4.84	Normal
28	P	17	58	Tinggi	32.4	Rendah	4.01	Rendah
29	L	20	30	Tinggi	29.9	Rendah	4.6	Normal
30	L	21	46	Tinggi	29	Rendah	4.73	Normal

Keterangan:**Laju Endap Darah (LED)**Pria: usia <50 tahun: 0-15 mm/jam; $\geq$ 50 tahun: 0-20 mm/jamWanita: usia <50 tahun: 0-20 mm/jam; $\geq$ 50 tahun: 0-30 mm/jam**Hematokrit (HCT)**

Pria: 38,8 – 50,0%

Wanita: 34,9 – 44,5%

EritrositPria: 4,5 – 5,9 juta/ μ LWanita: 4,1 – 5,1 juta/ μ L

Sumber: Data hasil penelitian peneliti (2024)

Studi terhadap 30 pasien demam tifoid menunjukkan perubahan signifikan pada parameter reologi darah. Sebanyak 80,6% sampel mengalami peningkatan Laju Endap Darah (LED) di atas nilai normal (10-15 mm/jam), dengan rata-rata 28 mm/jam dan kasus ekstrem mencapai 121 mm/jam. Temuan ini sesuai dengan karakteristik inflamasi sistemik pada tifoid, di mana peningkatan protein fase akut seperti fibrinogen dan globulin memicu agregasi eritrosit. Hasil tersebut sejalan dengan berbagai literatur yang menyatakan LED

sebagai penanda sensitif untuk infeksi bakteri sistemik. Analisis hematokrit (HCT) menunjukkan 71% sampel berada di bawah rentang normal (40-48%), dengan rata-rata 36%, mengindikasikan anemia inflamasi akibat supresi eritropoesis oleh sitokin pro-inflamasi (IL-6, TNF- α) atau perdarahan intestinal mikroskopis. Namun, tiga kasus menunjukkan HCT >48%, diduga terkait dehidrasi berat. Sementara itu, 61,3% sampel memiliki jumlah eritrosit normal (4,5-5,5 juta/ μ l), dengan enam kasus eritropenia (<4,5 juta/ μ l) dan enam kasus eritrositosis (>5,5 juta/ μ l).

Terdapat pola menarik dimana 87,5% kasus dengan LED tinggi berkorelasi dengan HCT rendah, meski tidak ditemukan hubungan linier sederhana antarparameter. Misalnya, pasien dengan LED tertinggi (121 mm/jam) justru menunjukkan jumlah eritrosit terendah (4,19 juta/ μ l), menegaskan kompleksitas mekanisme patofisiologis yang melibatkan inflamasi dan gangguan hematopoiesis. Temuan ini menekankan pentingnya pemantauan serial parameter reologi darah untuk deteksi dini komplikasi seperti perdarahan atau hemolisis. Studi ini memiliki beberapa keterbatasan, termasuk rentang usia sampel yang sempit (11-31 tahun) dan kurangnya data klinis pendukung seperti skor SOFA atau kadar fibrinogen.

Darah sebagai fluida non-Newtonian menunjukkan perilaku aliran kompleks selama inflamasi sistemik. Peningkatan LED mencerminkan perubahan viskositas akibat agregasi eritrosit yang diperantarai protein fase akut, sesuai hukum Stokes. Secara fisika, fenomena ini meningkatkan densitas relatif eritrosit terhadap plasma, mempercepat sedimentasi. Agregasi juga mengubah sifat *shear-thinning* darah, di mana viskositas meningkat pada aliran lambat di pembuluh kecil akibat pembentukan *rouleaux*, mengganggu mikrosirkulasi. Penurunan HCT secara teori seharusnya mengurangi viskositas berdasarkan hukum Einstein, namun dalam tifoid, efek ini diimbangi peningkatan viskositas plasma akibat inflamasi. Secara hemodinamik, terjadi paradoks: darah dengan HCT rendah seharusnya mengalir lebih lancar (hukum Poiseuille), tetapi agregasi eritrosit justru meningkatkan resistensi di pembuluh kecil. Sebaliknya, kasus dengan HCT tinggi (>48%) menunjukkan peningkatan viskositas eksponensial yang berpotensi menyebabkan *sludging* darah di kapiler. Variasi jumlah eritrosit memperumit gambaran reologi: (a) Peningkatan (>5,5 juta/ μ l) meningkatkan *packing density*, berpotensi memperbesar *shear stress* pada dinding pembuluh dan (b) Penurunan (<4,5 juta/ μ l) menyebabkan ketidakseimbangan antara viskositas plasma dan komponen seluler. Dampak klinisnya meliputi gangguan distribusi aliran darah heterogen, stasis mikro, dan hipoksia jaringan, yang pada akhirnya meningkatkan beban kerja jantung.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis parameter reologi darah pada 30 pasien demam tifoid di RSUD Lirboyo Kediri, penelitian ini mengungkap perubahan signifikan yang mencerminkan respons sistemik terhadap infeksi *Salmonella typhi*. Temuan utama menunjukkan peningkatan Laju Endap Darah (LED) pada 80,6% kasus dengan nilai ekstrem mencapai 121

mm/jam, mengindikasikan proses inflamasi aktif yang diperantarai oleh peningkatan protein fase akut. Sejalan dengan itu, penurunan hematokrit (HCT) ditemukan pada 71% sampel dengan rata-rata 36%, menegaskan karakteristik anemia inflamasi yang disebabkan oleh supresi eritropoesis dan perdarahan intestinal mikroskopis. Distribusi jumlah eritrosit yang bervariasi (61,3% dalam rentang normal) serta korelasi negatif antara LED tinggi dan HCT rendah (87,5% kasus) memperlihatkan kompleksitas mekanisme patofisiologis yang melibatkan gangguan hematopoiesis dan perubahan viskositas darah. Secara klinis, temuan ini menekankan pentingnya pemantauan parameter reologi darah secara serial untuk deteksi dini komplikasi dan optimalisasi tata laksana. Keterbatasan studi, terutama pada rentang usia sampel yang sempit dan kurangnya data marker inflamasi pendukung, membuka peluang untuk penelitian lanjutan dengan desain lebih komprehensif guna mengeksplorasi hubungan kausal antara perubahan reologi darah dengan *outcome* klinis pasien demam tifoid.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang tulus kepada berbagai pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini. Ungkapan terima kasih yang mendalam kami sampaikan kepada Direksi dan staf medis RSUD Lirboyo Kediri yang telah memberikan izin dan fasilitas dalam pengumpulan data pasien. Kami juga berterima kasih kepada tim laboratorium yang telah membantu dalam proses analisis sampel darah dengan ketelitian tinggi. Penghargaan khusus kami sampaikan kepada seluruh pasien yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Windy, S. (2023). Variations of blood viscosity in acute typhoid fever: A cross-sectional study. *Journal of Medicine and Life*, 16(10), 1448. Diakses pada: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10835560/>.
- Fatahian, E. K. (2018). A review on rheology of non-newtonian properties of blood. *IJUM Engineering Journal*, 19(1), 237-250. Diakses pada: <https://journals.iium.edu.my/ejournal/index.php/iiumej/article/view/826>.
- Gunawan, A. R. (2022). Hubungan Personal Hygiene Dengan Kejadian Demam Typhoid Pada Remaja Di Wilayah Kerja Puskesmas Imbanagara Kabupaten Ciamis. *Healthcare Nursing Journal*, 4(2), 404-412. Diakses pada: <https://journal.umtas.ac.id/healthcare/article/download/2418/1169>.
- India, A. o. (n.d.). *Update on Tropical Fever*. India: India College of Physicians. Diakses pada: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44502587/Viral_hemorrhagic_fever_in_India_a20160407-30463-1hrnlyf-libre.pdf?1460027018=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DViral_hemorrhagic_fever_in_India.pdf.
- Khairunnisa, S. H. (2020). Hubungan Jumlah Leukosit dan Persentase Limfosit terhadap Tingkat Demam pada Pasien Anak dengan Demam Tifoid di RSUD Budhi Asih

- Tahun 2018–Oktober 2019. In *Seminar Nasional Riset Kedokteran*, 1 (1), 60-69. Diakses pada: <https://conference.upnvj.ac.id/index.php/sensorik/article/view/434>.
- Li, Y. S. (2021). Association between red cell distribution width and hospital mortality in patients with sepsis. . *Journal of International Medical Research*, 49(4), 03000605211004221. Diakses pada: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/03000605211004221>.
- Marscella, N. A. (2024). Description Of Leukocyte Count And Erythrocyte Sedimentation Rate (LED) Values In Typhoid Fever Patients. In *AICH: Aceh International Conference on Health*, 1 (1), 1-8. Diakses pada: <https://journal.poltekkesaceh.ac.id/index.php/aich/article/view/694>.
- Masyitah, C. &. (2021). Analisa Laju Endap Darah (:ED) pada Penderita Demam Tifoid di RSUD Bandung Medan Tahun 2021 . *Jurnal Teknologi Kesehatan dan Ilmu Sosial (TEKESNOS)*, 3(2), 220-224. Diakses pada: <https://e-journal.sari-mutiara.ac.id/index.php/tekesnos/article/download/2672/1797>.
- Nelwan, R. H. (2012). Tata laksana terkini demam tifoid. *Continuing Medical Education*, 39(4), 247-250. Diakses pada: <https://repository.deepublish.com/publications/588466/kenali-demam-tifoid-dan-mekanismenya>.
- Nurmansyah, D. &. (2020). Patogenesis Dan Diagnosa Laboratorium Demam Tifoid. *Klinikal Sains: Jurnal Analis Kesehatan*, 8(2), 51-61. Diakses pada: <https://jurnal.univrab.ac.id/index.php/klinikal/article/view/1409>.
- Rahardjo, T. M. (2015). Reologi Darah dan Efeknya pada Berbagai Kondisi Klinis. *Majalah Anestesia & Critical Care*, 33(1), 311-317. Diakses pada: <https://macc.perdatin.org/index.php/my-journal/article/view/53>.
- Rasyid, A. (2021). Peran parameter hemoreologi dan hemostasis sebagai faktor prognosis stroke iskemik akut dengan COVID-19. *Neurona*, 38(4), 308-314. Diakses pada: <https://ejournal.neurona.web.id/index.php/neurona/article/download/270/207>.
- Siddique, A. M. (2024). Hematological Variation and Assesment of Socioeconomic Status in Human Typhoid Patients. *African Journal of Biological Sciences*, 6(13), 4183-4194. Diakses pada: https://www.researchgate.net/profile/Muhammad-Ali-904/publication/390582302_HEMATOLOGICAL_VARIATIONS_AND_ASSESSMENT_OF_SOCIOECONOMIC_STATUS_IN_HUMAN_TYPHOID_PATIENTS/links/67f4efb803b8d7280e2efb81/HEMATOLOGICAL-VARIATIONS-A.
- Silva, A. F.-F. (2019). Erythrocytes morphology and hemorheology in severe bacterial infection. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 114, e190326. Diakses pada: <https://www.scielo.br/j/mioc/a/G3QK4jDPYG9CtnsXY3pDQsb/>.
- Sri Wahyuni, S. (2021). *Hubungan Jumlah Limfosit, Monosit, dan Laju Endap Darah pada Penderita Suspek Tifoid di RSUD Rokan Hulu (Doctorak Disertation)*. Padang: Universitas Perintis Indonesia. Diakses pada: <http://repo.upertis.ac.id/2161/>.