

SKRIPSI

**HUBUNGAN KADAR HEMOGLOBIN DENGAN LAJU ENDAP
DARAH PADA PASIEN TUBERKULOSIS PARU DI
PUSKESMAS LIPAT KAIN KABUPATEN KAMPAR**



Oleh:

**FEBRIANI PUTRI
NIM: 2410263579**

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS/RPL
FAKULTAS ILMU KESEHATAN UNIVERSITAS PERINTIS INDONESIA
PADANG
2025**

SKRIPSI

HUBUNGAN KADAR HEMOGLOBIN DENGAN LAJU ENDAP DARAH PADA PASIEN TUBERKULOSIS PARU DI PUSKESMAS LIPAT KAIN KABUPATEN KAMPAR

Skripsi ini diajukan sebagai salah satu persyaratan
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains Terapan

Oleh:

FEBRIANI PUTRI

NIM: 2410263579

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN TEKNOLOGI LABORATORIUM MEDIS/RPL
FAKULTAS ILMU KESEHATAN UNIVERSITAS PERINTIS INDONESIA
PADANG
2025**

	No Alumni Universitas FEBRIANI PUTRI a). Tempat/Tgl: Lubuk Cimpur, 17 Februari 1997; b). Nama Orang Tua: (Ayah) Muhammad Akmal, SR (Ibu) Muspidawati; c). Program Studi: Sarjana Terapan TLM; d). Fakultas: Ilmu Kesehatan; e). No NIM: 2410263579; f). Tgl Lulus: 2025; g). Predikat Iulus: Pujiwan; h). IPK: 3,91; i). Lama Studi: 1 Tahun; j). Alamat: Jl. Lettu Abdurrahman, Suka Damai, Kel. Liput Kain, Kec. Kampar Kiri, Kab. Kampar, Prov. Riau	No Alumni
---	---	-----------

HUBUNGAN KADAR HEMOGLOBIN DENGAN LAJU ENDAP DARAH PADA PASIEN TUBERKULOSIS PARU DI PUSKESMAS LIPAT KAIN KABUPATEN KAMPAR

SKRIPSI

Oleh: Febriani Putri

Pembimbing 1: Dr. Almurdzi, DMM, M. Kes, Pembimbing 2: Vatra Susanto, S.S.T, M.K.M

ABSTRAK

Tuberkulosis paru (TB paru) merupakan penyakit kronis yang tidak hanya berdampak pada sistem pernapasan, tetapi juga menimbulkan perubahan pada parameter hematologi, khususnya hemoglobin (Hb) dan laju endap darah (LED). Proses inflamasi sistemik pada penderita TB menyebabkan peningkatan LED, sedangkan kadar Hb cenderung menurun akibat gangguan metabolisme zat besi, pengaruh sitokin proinflamasi, serta kondisi malnutrisi. Penelitian ini bertujuan untuk menilai hubungan antara kadar Hb dan LED pada pasien TB paru. Rancangan penelitian menggunakan metode potong lintang (cross-sectional) dengan jumlah sampel 30 pasien yang menjalani pengobatan di Puskesmas Lipat Kain, Kabupaten Kampar. Pengukuran kadar hemoglobin dilakukan dengan metode Point of Care Testing (POCT), sementara LED ditentukan melalui metode Westergren. Analisis data dilakukan menggunakan uji normalitas Shapiro-Wilk dan uji korelasi Pearson. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata kadar Hb sebesar $11,4 \pm 1,7$ g/dL dan rata-rata LED sebesar $25,7 \pm 4,8$ mm/jam. Berdasarkan uji korelasi Pearson diperoleh nilai $r = -0,615$ dengan $p = 0,001$, yang menandakan adanya hubungan negatif yang signifikan antara kadar Hb dan LED. Artinya, semakin rendah kadar hemoglobin, semakin tinggi nilai LED, yang menunjukkan adanya aktivitas inflamasi dalam tubuh. Penurunan kadar Hb diduga berkaitan dengan anemia akibat penyakit kronis, sedangkan peningkatan LED disebabkan oleh aktivasi protein fase akut selama proses infeksi. Kesimpulan: Terdapat hubungan negatif yang bermakna antara kadar Hb dan LED pada pasien tuberkulosis paru. Oleh karena itu, peramatan kedua parameter tersebut penting dilakukan sebagai indikator perkembangan penyakit serta evaluasi efektivitas pengobatan.

Kata kunci: Hemoglobin, Laju Endap Darah, Tuberkulosis Paru

Skripsi ini telah dipertahankan di depan sidang penguji dan dinyatakan lulus pada 26 Agustus 2025.
Abstrak telah disetujui oleh pengaji

Tanda Tangan	1	2	3
Nama Terang	Dr. Almurdzi, DMM, M. Kes	Vatra Susanto, S.S.T, M.K.M	dr. Donalazarri, M. Kes, Sp.PK

Mengetahui
Ketua Program Studi:

Dr. apt. Devi Yudiana Shinta., M. Si

**THE RELATIONSHIP BETWEEN HEMOGLOBIN LEVELS AND
ERYTHROCYTE SEDIMENTATION RATE IN PULMONARY
TUBERCULOSIS PATIENTS AT LIPAT KAIN PUBLIC
HEALTH CENTER, KAMPAR REGENCY**

ABSTRACT

Pulmonary tuberculosis (TB) is a chronic infectious condition that impacts not only the respiratory tract but also various hematological parameters, notably hemoglobin (Hb) and the erythrocyte sedimentation rate (ESR). The systemic inflammatory response associated with TB generally results in an elevated ESR, whereas Hb levels tend to decline due to disturbances in iron metabolism, cytokine-mediated effects, and nutritional deficiencies. This study sought to analyze the correlation between hemoglobin levels and ESR among patients with pulmonary TB. A cross-sectional design was employed, involving 30 patients diagnosed with pulmonary tuberculosis at the Lipat Kain Health Center, Kampar District. Measurement of Hb concentration was performed using the Point of Care Testing (POCT) method, while ESR determination utilized the Westergren technique. Data analysis included the Shapiro-Wilk test to assess normality and the Pearson correlation test to evaluate associations between variables. The findings revealed that the mean hemoglobin concentration was 11.4 ± 1.7 g/dL, and the mean ESR was 25.7 ± 4.8 mm/h. Statistical analysis indicated a significant negative correlation between Hb and ESR ($r = -0.615$; $p = 0.001$), suggesting that lower hemoglobin levels correspond to higher ESR values, consistent with the presence of active inflammation. The reduction in Hb is presumed to be associated with anemia of chronic disease, whereas elevated ESR values are linked to the production of acute-phase proteins during the inflammatory process. In summary, this study demonstrates a significant inverse relationship between hemoglobin and ESR in pulmonary TB patients, emphasizing the importance of routine monitoring of these parameters as biological indicators of disease activity and therapeutic response.

Keywords: *Hemoglobin, Erythrocyte Sedimentation Rate, Pulmonary Tuberculosis*

DAFTAR LAMPIRAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Tuberkulosis (TB) merupakan penyakit menular kronis yang disebabkan oleh bakteri *Mycobacterium tuberculosis*. Bakteri ini menyerang jaringan paru dan memicu respons imun tubuh secara kompleks, menyebabkan inflamasi sistemik yang berlangsung dalam jangka panjang. Proses tersebut berdampak terhadap parameter hematologis, terutama kadar hemoglobin (Hb) dan laju endap darah (LED). LED meningkat akibat aktivitas inflamasi, sedangkan kadar Hb menurun karena gangguan metabolisme zat besi, efek sitokin terhadap sumsum tulang, serta asupan nutrisi yang terganggu.

Laporan *World Health Organization* (WHO) menyebutkan bahwa pada tahun 2022 terdapat 10,6 juta kasus TB secara global, dengan angka kematian mencapai 1,6 juta jiwa (WHO, 2023). Indonesia menjadi salah satu negara dengan beban TB tertinggi, menempati peringkat kedua setelah India, dengan jumlah kasus sebanyak 845.000 (Kemenkes RI, 2023). Situasi ini memperlihatkan bahwa TB masih menjadi isu kesehatan masyarakat yang mendesak untuk ditangani, tidak hanya secara klinis tetapi juga secara epidemiologis.

Wilayah Provinsi Riau menunjukkan beban kasus TB yang cukup tinggi berdasarkan laporan Dinas Kesehatan Provinsi Riau tahun 2023. Jumlah kasus TB aktif tercatat lebih dari 11.000. Kabupaten Kampar menjadi salah satu daerah dengan jumlah kasus TB yang tinggi, khususnya di wilayah kerja Puskesmas Lipat

Kain yang terletak di Kecamatan Kampar Kiri. Data internal Puskesmas Lipat Kain selama satu tahun terakhir ditemukan hasil *Mycobacterium Tuberculosis* terkonfirmasi sebanyak 50 kasus, sebagian besar mengalami gejala sistemik seperti penurunan berat badan, batuk kronis, dan mudah lelah. Hasil pemeriksaan laboratorium mencatat banyak pasien mengalami kadar Hb di bawah normal dan LED melebihi ambang batas, yang menandakan adanya proses inflamasi aktif dan kemungkinan besar anemia yang menyertai infeksi.

Anemia pada pasien TB disebabkan oleh inflamasi kronis yang menghambat eritropoiesis, defisiensi zat besi akibat penurunan asupan dan absorpsi, serta pengaruh pengobatan jangka panjang. LED meningkat karena terjadinya peningkatan protein fase akut seperti fibrinogen dan globulin dalam plasma darah. Kombinasi kadar Hb rendah dan LED tinggi menjadi indikator klinis penting yang dapat mencerminkan tingkat keparahan infeksi dan status nutrisi pasien. Pemeriksaan kedua parameter tersebut dapat membantu dalam pemantauan kondisi pasien TB selama masa pengobatan, terutama pada tingkat pelayanan dasar seperti puskesmas. Nilai normal kadar Hb berkisar antara 13–18 g/dL untuk pria dan 12–16 g/dL untuk wanita (Schmidt *et al.*, 2023). LED yang berada di atas 20 mm/jam pada orang dewasa biasanya menunjukkan adanya proses inflamasi aktif. Kedua parameter ini tergolong mudah diakses melalui pemeriksaan laboratorium dasar, sehingga cocok digunakan sebagai indikator pemantauan di fasilitas kesehatan primer.

Beberapa penelitian sebelumnya menyebutkan bahwa terdapat hubungan antara kadar Hb dan LED pada pasien TB. Penelitian oleh Rahman *et al.* (2023)

menunjukkan bahwa kadar Hb yang rendah berkorelasi dengan LED yang tinggi. Hasil yang serupa juga ditemukan oleh Adlanta *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa pasien TB dengan status gizi buruk memiliki kadar Hb yang rendah dan LED yang meningkat. Ayu RS *et al.* (2022) melaporkan bahwa pasien TB yang mengalami anemia cenderung menunjukkan LED yang lebih tinggi dibandingkan dengan pasien yang tidak anemia. Penelitian oleh Gladis P dan Winarti (2024) membuktikan bahwa pengobatan TB yang adekuat dapat meningkatkan kadar Hb serta menurunkan LED secara signifikan. Temuan ini memperkuat anggapan bahwa kedua parameter tersebut saling terkait dalam perjalanan penyakit TB.

Namun, tidak semua penelitian menemukan adanya hubungan yang signifikan antara Hb dan LED pada pasien TB. Penelitian oleh Aslam *et al.* (2021) yang dilakukan di Pakistan tidak menunjukkan korelasi bermakna antara kadar hemoglobin dan laju endap darah pada pasien TB aktif maupun laten. Hasil tersebut menunjukkan bahwa hubungan antara dua parameter ini dapat dipengaruhi oleh banyak faktor lain seperti status gizi, usia, komorbiditas, dan variasi imunologis individu. Ketidaksesuaian temuan tersebut membuka ruang untuk penelitian lebih lanjut dalam konteks lokal yang berbeda.

Pemantauan kadar Hb dan LED dapat menjadi langkah awal dalam mengevaluasi kondisi pasien TB secara hematologis. Penggunaan parameter ini sangat relevan bagi pelayanan kesehatan primer, karena tidak memerlukan teknologi laboratorium yang kompleks. Pemeriksaan ini dapat menjadi bagian dari penapisan awal sebelum dilakukan evaluasi lanjutan. Puskesmas Lipat Kain merupakan salah satu fasilitas kesehatan yang memiliki peran penting dalam

deteksi dini, penanganan, serta pemantauan pasien TB paru. Pemanfaatan parameter hematologis sederhana seperti Hb dan LED dapat mendukung efektivitas layanan. Penelitian yang dilakukan di wilayah ini diharapkan mampu memberikan kontribusi ilmiah yang aplikatif, tidak hanya sebagai bahan evaluasi tetapi juga sebagai dasar pengambilan keputusan klinis.

Fokus penelitian ini adalah untuk menganalisis hubungan antara kadar hemoglobin dan laju endap darah pada pasien tuberkulosis paru. Kajian dilakukan pada pasien yang menjalani pengobatan di Puskesmas Lipat Kain Kabupaten Kampar. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan gambaran nyata terhadap status hematologis pasien TB dalam konteks pelayanan dasar. Pemahaman hubungan antara kedua parameter ini penting untuk mendukung manajemen TB yang lebih terarah, khususnya dalam penguatan fungsi pemantauan terapi pada lini pertama.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah untuk penelitian ini adalah “Bagaimana Hubungan kadar Hemoglobin dengan Laju Endap Darah Pada Pasien Tuberkulosis Paru di Puskesmas Lipat Kain Kabupaten Kampar”?

1.3. Tujuan Penelitian

1.3.1. Tujuan Umum

Untuk mengetahui hubungan kadar hemoglobin dan laju endap darah pada pasien Tuberkulosis Paru di Puskesmas Lipat Kain Kabupaten Kampar.

1.3.2. Tujuan Khusus

1. Menentukan rerata kadar hemoglobin pada pasien Tuberkulosis Paru di Puskesmas Lipat Kain Kabupaten Kampar
2. Menentukan rerata kadar laju endap darah pada pasien Tuberkulosis Paru di Puskesmas Lipat Kain Kabupaten Kampar
3. Menganalisis hubungan antara kadar hemoglobin dengan laju endap darah pada pasien tuberkulosis di Paru Puskesmas Lipat Kain Kabupaten Kampar

1.4. Manfaat Penelitian

1.4.1. Bagi Peneliti

Penelitian ini memberi peneliti pemahaman lebih dalam tentang hubungan antara kadar hemoglobin dan laju endap darah pada pasien TB paru, serta melatih kemampuan analisis data laboratorium secara ilmiah dan sistematis.

1.4.2. Bagi Institusi Pendidikan

Bagi institusi pendidikan, hasil penelitian ini menambah referensi ilmiah di bidang analisis kesehatan, memperkaya bahan ajar, dan mendukung pengembangan penelitian berbasis bukti.

1.4.3. Bagi Tenaga Teknis Laboratorium

Penelitian ini membantu tenaga teknis laboratorium dalam memahami makna klinis hasil pemeriksaan hemoglobin dan LED, meningkatkan ketelitian kerja, serta memperkuat peran dalam pemantauan kondisi pasien TB paru

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Kadar Hemoglobin (HB) pada Pasien Tuberkulosis Paru

Berdasarkan hasil penelitian yang disajikan pada Tabel 4.3, diketahui bahwa rerata kadar hemoglobin (Hb) pada 30 pasien tuberkulosis paru di Puskesmas Lipat Kain adalah sebesar $11,4 \pm 1,7$ g/dL, dengan nilai minimum 8,0 g/dL dan maksimum 13,9 g/dL. Nilai rata-rata ini berada di bawah batas normal kadar hemoglobin untuk populasi dewasa sehat, yaitu $\geq 13,0$ g/dL untuk laki-laki dan $\geq 12,0$ g/dL untuk perempuan, sesuai dengan kriteria World Health Organization (WHO, 2021). Kondisi ini menunjukkan bahwa sebagian besar pasien TB paru dalam penelitian ini mengalami penurunan kadar hemoglobin yang mengarah pada anemia ringan hingga sedang.

Selain itu, mempertimbangkan bahwa mayoritas responden berjenis kelamin laki-laki (86,7%), hasil ini memperkuat dugaan bahwa infeksi tuberkulosis berkontribusi terhadap penurunan kadar hemoglobin, baik akibat proses inflamasi kronis maupun gangguan metabolisme zat besi. Inflamasi yang terjadi pada TB paru dapat meningkatkan kadar sitokin proinflamasi seperti interleukin-6 (IL-6) yang memengaruhi regulasi hepsidin, sehingga menghambat pelepasan zat besi dari jaringan penyimpanan dan menurunkan eritropoiesis (produksi sel darah merah) (Sari dkk., 2022). Dengan demikian, kadar Hb yang rendah pada pasien TB paru dalam penelitian ini dapat diinterpretasikan sebagai manifestasi anemia anemia inflamasi atau anemia penyakit kronis yang umum dijumpai pada penderita

tuberkulosis aktif. Fenomena anemia pada pasien tuberkulosis paru bukanlah hal baru. Penelitian oleh Mawuntu dkk. (2022) menunjukkan bahwa sebanyak 78,6% pasien TB paru mengalami anemia, dengan rerata kadar hemoglobin sebesar 10,9 g/dL. Temuan tersebut sejalan dengan hasil studi ini, yang mengindikasikan bahwa tuberkulosis paru secara nyata berkontribusi terhadap penurunan kadar hemoglobin. Dalam studi lain oleh Syahputra dkk. (2023), rerata kadar hemoglobin pada pasien TB paru adalah 11,3 g/dL, mendekati hasil penelitian ini, yang mengukuhkan bahwa kejadian anemia pada pasien TB merupakan pola yang konsisten dan perlu mendapat perhatian klinis. Secara patofisiologis, penurunan kadar hemoglobin pada pasien tuberkulosis erat kaitannya dengan anemia penyakit kronik (anemia of chronic disease/AoCD). AoCD merupakan kondisi yang ditandai oleh produksi eritrosit yang terganggu akibat aktivasi sistem imun yang berkepanjangan. Tuberkulosis sebagai infeksi kronik menyebabkan produksi sitokin inflamatori seperti interleukin-6 (IL-6), tumor necrosis factor-alpha (TNF- α), dan interferon-gamma (IFN- γ), yang menekan aktivitas sumsum tulang dalam memproduksi eritrosit dan menghambat pemanfaatan zat besi oleh tubuh. Selain itu, IL-6 meningkatkan produksi hepsidin, hormon hati yang menghambat absorpsi dan mobilisasi zat besi, sehingga meskipun simpanan besi cukup, tubuh tidak dapat menggunakanannya secara efektif (Putri dkk., 2021).

Penelitian oleh Kartika dkk. (2024) menyebutkan bahwa pasien TB dengan kadar hemoglobin rendah cenderung mengalami perburukan klinis dan memiliki waktu konversi sputum BTA yang lebih lama dibanding pasien dengan kadar hemoglobin normal. Ini menunjukkan bahwa hemoglobin bukan hanya sekadar

indikator hematologi, melainkan juga dapat menjadi prediktor efektivitas terapi antituberkulosis. Oleh karena itu, pemantauan kadar hemoglobin perlu dijadikan bagian dari penilaian rutin pasien TB, terutama di fase intensif pengobatan.

Selain karena infeksi kronik, pengobatan tuberkulosis itu sendiri juga dapat menyebabkan penurunan hemoglobin, terutama karena efek samping dari isoniazid dan rifampisin yang dapat memicu hemolisis atau gangguan pada sumsum tulang (Syahputra dkk., 2023). Hal ini semakin memperkuat pentingnya evaluasi berkala terhadap parameter hematologis selama terapi berlangsung. Dari sisi kondisi sosial dan status gizi, banyak pasien TB berasal dari kelompok ekonomi menengah ke bawah, yang menyebabkan mereka berisiko lebih tinggi mengalami defisiensi mikronutrien penting, termasuk zat besi, asam folat, dan vitamin B12. Kekurangan asupan makanan bergizi berkontribusi pada penurunan sintesis hemoglobin dan memperburuk anemia yang sudah ada akibat infeksi. Dalam konteks Puskesmas Lipat Kain, yang notabene melayani masyarakat pedesaan, faktor ini patut dipertimbangkan sebagai bagian dari penyebab multifaktorial turunnya kadar hemoglobin.

Dari sisi teori keperawatan komunitas, anemia yang tidak ditangani dengan baik pada pasien TB dapat mengurangi energi dan daya tahan tubuh pasien, memperburuk kepatuhan terhadap pengobatan, dan meningkatkan angka drop-out terapi. Hal ini sejalan dengan teori Orem tentang *self-care*, yang menyatakan bahwa ketercukupan biologis menjadi fondasi dari kemampuan individu untuk menjalani perawatan diri secara optimal. Secara keseluruhan, temuan bahwa rerata

hemoglobin pasien TB paru adalah 11,4 g/dL memperkuat fakta bahwa anemia merupakan komplikasi umum dan penting pada tuberkulosis aktif.

5.2 Pembahasan Kadar Laju Endap Darah (LED) pada Pasien Tuberkulosis Paru

Berdasarkan hasil analisis dalam Tabel 4.3, diperoleh rerata laju endap darah (LED) pada 30 pasien tuberkulosis paru di Puskesmas Lipat Kain sebesar 25,7 mm/jam, dengan simpangan baku 4,8 mm/jam. Nilai minimum LED tercatat 15 mm/jam, dan maksimum 34 mm/jam. Data ini menunjukkan bahwa sebagian besar pasien memiliki LED dalam kisaran sedang hingga tinggi, yang secara klinis mencerminkan adanya proses inflamasi aktif dalam tubuh. LED merupakan salah satu parameter laboratorium non-spesifik yang digunakan secara luas untuk menilai aktivitas peradangan dalam tubuh. Pada kondisi normal, nilai LED pada pria dewasa berkisar di bawah 15 mm/jam dan wanita dewasa di bawah 20 mm/jam. Nilai LED di atas batas normal menunjukkan adanya reaksi inflamasi, infeksi aktif, atau penyakit sistemik lainnya. Dalam kasus tuberkulosis paru, peningkatan LED menjadi indikator kuat dari proses infeksi mikobakteri yang sedang berlangsung (Wulandari dkk., 2022).

Temuan dalam penelitian ini selaras dengan studi oleh Kusuma dkk. (2021), yang menunjukkan bahwa rerata LED pada pasien TB paru sebelum pengobatan adalah 27,1 mm/jam, dan menurun menjadi 18,5 mm/jam setelah 2 bulan pengobatan. Ini memperkuat asumsi bahwa LED tidak hanya merefleksikan keberadaan infeksi, tetapi juga bisa digunakan sebagai parameter untuk memantau respons terapi. Sementara itu, Pramudya dkk. (2023) dalam penelitiannya di RSUD

Cipto Mangunkusumo menyatakan bahwa LED meningkat signifikan pada pasien TB aktif dibandingkan populasi sehat, dan berkorelasi dengan beban basil dalam sputum. Secara fisiologis, LED meningkat karena adanya akumulasi protein fase akut seperti fibrinogen, haptoglobin, dan globulin yang menyebabkan eritrosit mengendap lebih cepat. Pada penderita tuberkulosis, aktivasi sistem imun menyebabkan peningkatan produksi sitokin proinflamatori seperti IL-6, yang merangsang hati untuk menghasilkan fibrinogen. Fibrinogen ini kemudian berikatan dengan permukaan sel darah merah, mengurangi muatan negatifnya, dan mendorong proses agregasi, sehingga meningkatkan laju pengendapan (Andriani dkk., 2021). Oleh karena itu, LED merupakan penanda tidak langsung dari aktivitas sitokin dan inflamasi sistemik pada penyakit infeksi kronik seperti TB paru.

Studi oleh Rahmatia dkk. (2024) bahkan menyebut bahwa LED dapat digunakan sebagai prediktor tingkat keparahan TB paru. Dalam studi mereka, pasien dengan LED >30 mm/jam memiliki risiko yang lebih besar untuk mengalami TB ekstraparau atau TB resisten obat. Dengan demikian, temuan LED maksimum 34 mm/jam dalam studi ini patut diperhatikan karena dapat menandakan risiko komplikasi atau keterlibatan sistemik yang lebih luas. Namun demikian, LED juga memiliki keterbatasan karena bukan parameter spesifik, sehingga tidak dapat digunakan sebagai satu-satunya dasar diagnosis. Nilai LED dapat meningkat pada berbagai kondisi seperti anemia, kehamilan, gangguan ginjal, dan penyakit autoimun. Oleh sebab itu, interpretasi LED sebaiknya dilakukan bersamaan dengan parameter klinis lainnya, termasuk pemeriksaan sputum, radiografi toraks, dan status hematologi pasien.

Dari sudut pandang pelayanan kesehatan primer seperti Puskesmas, pengukuran LED tetap relevan karena prosedurnya sederhana, murah, dan tidak memerlukan peralatan canggih. Oleh karena itu, monitoring LED secara berkala dapat dijadikan salah satu pendekatan evaluasi terapi TB secara efektif, terutama di daerah dengan keterbatasan akses laboratorium molekuler atau radiologis.

Rerata LED sebesar 25,7 mm/jam dalam penelitian ini mencerminkan tingginya tingkat inflamasi sistemik pasien dan mempertegas pentingnya intervensi dini serta kepatuhan terhadap pengobatan. Dalam konteks ini, nilai LED yang tinggi bisa menjadi alarm klinis untuk memperkuat edukasi pasien mengenai pentingnya tidak menghentikan pengobatan sebelum waktunya. Selain itu, LED yang tidak menurun setelah beberapa minggu pengobatan dapat menjadi indikator perlunya evaluasi ulang terhadap regimen terapi atau kemungkinan terjadinya resistensi obat. Dengan demikian, LED dalam studi ini bukan hanya sekadar angka statistik, tetapi dapat dijadikan indikator fungsional yang memberikan gambaran tentang dinamika respons imun tubuh pasien TB terhadap infeksi dan pengobatan yang diberikan. Hasil ini juga memperkuat dasar analisis pada tahap berikutnya, yaitu menilai hubungan LED dengan kadar hemoglobin, yang bersama-sama dapat mencerminkan status klinis pasien secara menyeluruh.

5.3 Pembahasan Hubungan antara Kadar Hemoglobin (HB) dan Laju Endap Darah (LED)

Hasil analisis yang disajikan pada Tabel 4.4 menunjukkan adanya hubungan negatif yang signifikan antara kadar hemoglobin (Hb) dan laju endap darah (LED) pada pasien tuberkulosis paru di Puskesmas Lipat Kain, dengan nilai koefisien korelasi Pearson $r = -0,615$ dan nilai signifikansi $p = 0,001$ ($p < 0,05$). Temuan ini mengindikasikan bahwa semakin rendah kadar hemoglobin, maka LED cenderung meningkat, dan sebaliknya, semakin tinggi kadar hemoglobin, maka LED akan menurun. Nilai korelasi sebesar $-0,615$ menunjukkan hubungan negatif dengan kekuatan sedang hingga kuat, yang berarti kedua variabel memiliki keterkaitan yang cukup erat secara klinis.

Hasil ini sejalan dengan teori bahwa peningkatan LED merupakan indikator adanya proses inflamasi atau infeksi kronis, seperti pada kasus tuberkulosis paru. Dalam kondisi tersebut, peningkatan protein fase akut (seperti fibrinogen dan globulin) menyebabkan sel-sel eritrosit lebih mudah mengendap, sehingga mempercepat laju endap darah (Putra dkk., 2022). Di sisi lain, penurunan kadar hemoglobin pada pasien TB umumnya diakibatkan oleh anemia penyakit kronis, yang timbul akibat gangguan metabolisme zat besi dan penekanan eritropoiesis oleh mediator inflamasi (Rahman dkk., 2023). Oleh karena itu, hubungan negatif antara Hb dan LED dalam penelitian ini menunjukkan bahwa derajat anemia dapat mencerminkan tingkat keparahan proses inflamasi pada penderita tuberkulosis paru. Korelasi negatif tersebut secara fisiologis dapat dijelaskan dalam konteks

patogenesis tuberkulosis, yang memicu peradangan sistemik dan gangguan metabolisme zat besi sebagai salah satu dampak dari proses infeksi kronis.

Dalam proses infeksi aktif seperti tuberkulosis, terjadi aktivasi sistem imun yang menyebabkan peningkatan sitokin proinflamatori, terutama interleukin-6 (IL-6), yang diketahui berperan dalam meningkatkan produksi hepsidin, hormon hati yang berfungsi menurunkan absorpsi dan distribusi zat besi dalam tubuh. Akibatnya, terjadi penurunan sintesis hemoglobin dan terjadilah anemia inflamasi, meskipun cadangan zat besi secara absolut tidak berkurang (Putri dkk., 2021). Di sisi lain, peningkatan kadar fibrinogen dan globulin selama proses inflamasi menyebabkan peningkatan LED, menjelaskan hubungan terbalik antara dua parameter ini.

Studi oleh Sari dkk. (2023) yang meneliti hubungan kadar LED dan HB pada pasien TB di RSUD Dr. Pirngadi Medan juga menemukan hubungan negatif signifikan ($r = -0,589$, $p < 0,01$), mendukung hasil penelitian ini. Penelitian lain oleh Widodo dkk. (2022) bahkan mencatat bahwa pasien TB dengan LED >30 mm/jam memiliki rerata hemoglobin yang lebih rendah dibandingkan pasien TB dengan LED <20 mm/jam. Temuan-temuan ini secara konsisten menunjukkan pola hubungan antara peningkatan LED dan penurunan kadar HB.

Lebih jauh, hubungan ini juga mencerminkan status klinis dan tingkat keparahan penyakit. LED yang tinggi mencerminkan inflamasi aktif dan potensi beban mikobakteri yang lebih berat, yang dalam jangka panjang dapat menyebabkan penurunan sel darah merah akibat gangguan fungsi sumsum tulang, stres oksidatif, serta sitotoksitas lokal. Oleh karena itu, pemantauan LED dan

hemoglobin secara simultan dapat memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai progresivitas penyakit dan efektivitas terapi.

Dari aspek pelayanan kesehatan, terutama di tingkat Puskesmas seperti Lipat Kain, penggunaan korelasi antara LED dan HB dapat menjadi pendekatan praktis dan murah untuk evaluasi klinis berkala, terutama di daerah dengan keterbatasan akses alat diagnostik canggih. Hal ini penting karena LED dan hemoglobin adalah dua parameter hematologis yang mudah diperiksa dengan metode laboratorium dasar, tetapi memiliki nilai klinis yang besar dalam konteks penyakit tuberkulosis. Korelasi negatif ini perlu dijadikan dasar untuk membangun protokol monitoring rutin terhadap pasien TB. Pasien dengan LED tinggi sebaiknya segera diperiksa kadar hemoglobinya, dan bila ditemukan anemia, maka intervensi gizi dan suplementasi dapat diberikan secara tepat waktu. Sebaliknya, pasien dengan anemia berat harus dicurigai mengalami infeksi aktif atau inflamasi berkelanjutan yang tidak terkendali, dan pengobatan TB perlu dievaluasi lebih lanjut untuk memastikan efektivitas regimen dan kepatuhan pasien terhadap terapi.

Hasil ini juga sejalan dengan studi Kartikasari dkk. (2024), yang menyatakan bahwa perubahan LED dalam minggu-minggu awal pengobatan berbanding terbalik dengan peningkatan hemoglobin, dan perubahan paralel ini dapat digunakan untuk memprediksi pemulihan klinis pasien lebih awal sebelum hasil sputum BTA menjadi negatif. Ini mengindikasikan pentingnya kedua parameter tersebut dalam pemantauan dinamis perjalanan penyakit. Hubungan negatif yang signifikan antara HB dan LED dalam studi ini tidak hanya bersifat statistik, tetapi juga mencerminkan dinamika biologis dan imunologis yang kompleks pada pasien

tuberkulosis paru. Temuan ini memiliki implikasi penting dalam praktik klinik, terutama dalam menyusun strategi monitoring yang lebih efektif, integratif, dan hemat biaya di fasilitas pelayanan kesehatan tingkat pertama.