

The Relationship between Acute Inflammatory Biomarkers (LED and CRP) and Blood Sugar Levels with GeneXpert MTB/RIF Test Results in Suspected Pulmonary TB Cases

Hubungan Biomarker Inflamasi Akut (LED dan CRP) dengan Kadar Gula Darah terhadap Hasil Pemeriksaan GeneXpert MTB/RIF pada Terduga TB Paru

Yuli Astutik Fatmawati¹⁾, Miftahul Mushlih ^{*1)}

¹⁾Program Studi D-IV Teknologi Laboratorium Medis, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: mif.mushlih@umsida.ac.id

Abstract: Tuberculosis (TB) diagnosis using the GeneXpert MTB/RIF is limited by accessibility and turnaround time at primary healthcare facilities lacking GeneXpert MTB/RIF access. This study aims to analyze the relationship between Erythrocyte Sedimentation Rate (ESR), C- Reactive Protein (CRP), and random blood glucose (RBG) levels with GeneXpert MTB/RIF results. An analytical observational design with a retrospective cross-sectional approach was conducted on 58 suspected TB patients at Poncokusumo Public Health Center from January to April 2026. Statistical analysis revealed a strong and highly significant positive correlation between CRP and GeneXpert MTB/RIF results ($r = 0.721$, $p < 0.001$), a strong positive correlation between CRP and ESR ($r = 0.701$, $p < 0.001$) as well as between ESR and GeneXpert MTB/RIF ($r = 0.636$, $p < 0.001$). Conversely, RBG and GeneXpert MTB/RIF showed a weak, non significant correlation ($r = 0.200$, $p = 0.132$). In conclusion, inflammatory biomarkers (ESR and CRP) strongly reflect bacterial load in TB infection. Therefore RBG levels cannot yet be used as a meaningful indicator reflecting the degree of inflammation or GeneXpert MTB/RIF outcomes in this study.

Keywords - TB, ESR, CRP, RBG

Abstrak: Penegakan diagnosis Tuberkulosis (TB) menggunakan Tes Cepat Molekuler (TCM) GeneXpert MTB/RIF terkendala akses dan waktu tunggu hasil di fasilitas kesehatan primer non-TCM. Penelitian ini bertujuan menganalisis hubungan Laju Endap Darah (LED), C-Reactive Protein (CRP) dan kadar gula darah acak (GDA) dengan hasil TCM GeneXpert MTB/RIF. Penelitian menggunakan desain observasional analitik dengan pendekatan retrospective cross sectional terhadap 58 sampel pasien terduga TB di UPT Puskesmas Poncokusumo periode Januari – April 2026. Hasil uji statistik menunjukkan adanya hubungan korelasi positif yang kuat dan sangat signifikan antara CRP dengan TCM ($r = 0,721$, $p < 0,001$) serta antara CRP dengan LED ($r = 0,701$, $p < 0,001$) dan antara LED dengan TCM ($r = 0,636$, $p < 0,001$). Sebaliknya antara GDA dengan TCM tidak menunjukkan hubungan bermakna ($r = 0,200$, $p = 0,132$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa biomarker inflamasi (LED dan CRP) memiliki hubungan positif yang kuat dengan hasil pemeriksaan TCM GeneXpert MTB/RIF, mengindikasikan bahwa peningkatan respons inflamasi pada infeksi tuberkulosis diikuti oleh peningkatan beban bakteri yang terdeteksi. Sebaliknya, kadar gula darah acak (GDA) menunjukkan hubungan positif lemah dengan LED dan tidak berhubungan secara bermakna dengan CRP maupun hasil TCM GeneXpert, sehingga pada penelitian ini GDA belum dapat digunakan sebagai indikator bermakna yang mencerminkan derajat inflamasi maupun hasil pemeriksaan TCM GeneXpert MTB/RIF.

Kata Kunci – TB, LED, CRP, GDA

I. PENDAHULUAN

Tuberkulosis (TB) adalah penyakit infeksi menular yang disebabkan *Mycobacterium tuberculosis*. Tuberkulosis masih menjadi masalah kesehatan dunia, lebih dari 10 juta orang terinfeksi TB di seluruh dunia, 5,6 juta laki-laki, 3,3 juta perempuan dan 1,1 juta adalah anak-anak [1]. TB ada di semua negara berada pada semua kategori usia. Tuberkulosis juga merupakan penyebab kematian utama pada kategori penyakit infeksi menular [2]. Berdasarkan *Global Tuberculosis Report 2024*, estimasi kasus TB di Indonesia meningkat menjadi 1.090.000 kasus dan angka kematian 125.000 per tahun. Indonesia menempati urutan kedua negara dengan estimasi kasus dan kematian tertinggi setelah India. Pemerintah berupaya mewujudkan penanggulangan dan percepatan eliminasi Tuberkulosis 2030 dengan strategi penemuan kasus TB yaitu secara aktif-masif dan pasif-intensif diharapkan mampu meningkatkan capaian penemuan dan menekan insidensi kematian akibat Tuberkulosis [3]. Penemuan kasus TB dapat dilakukan dengan berbagai metode pemeriksaan, seperti pemeriksaan mikroskopis dan kultur, metode imunologi, radiologi, serta metode molekuler.

Penegakan diagnosis TB diutamakan dengan pemeriksaan bakteriologis, yaitu menggunakan alat TCM (Tes Cepat Molekuler) sesuai SE Dirjen P2P No. 936 Tahun 2021. Pemeriksaan TCM GeneXpert MTB/RIF bukan merupakan *Gold Standard* WHO tetapi merupakan standar diagnostik utama untuk deteksi cepat DNA *M. tuberculosis* dan resistensi rifampisin, dengan sensitivitas serta spesifisitasnya yang tinggi pada sampel sputum [4]. Akan tetapi terdapat kendala terkait keterbatasan alat, biaya dan akses TCM. Jumlah terduga TB yang cukup tinggi, serta waktu tunggu hasil TCM GeneXpert MTB/RIF pada fasilitas kesehatan non site TCM menyebabkan penegakan diagnosis TB membutuhkan waktu lebih dari 24 jam. Diperlukan parameter pemeriksaan penunjang yang sederhana, cepat, mudah dan tersedia luas untuk mendukung keputusan klinis dan menilai kemungkinan hasil diagnosis TB.

Infeksi bakteri *M. tuberculosis* pada tubuh akan memicu terjadinya inflamasi. Laju Endap Darah (LED) atau *Erythrocyte Sedimentation Rate* (ESR) dan *C-Reactive Protein* (CRP) merupakan parameter laboratorium yang dapat merepresentasikan respon inflamasi sistemik yang umumnya meningkat pada pasien tuberkulosis paru aktif [5]. Kedua parameter tersebut memiliki keterbatasan karena bukan parameter spesifik untuk TB dan dapat terjadi peningkatan pada kondisi inflamasi lainnya [6]. Pada sisi lain, pemeriksaan kadar gula darah juga diperlukan dalam menilai faktor resiko dan penularan TB. Kondisi hiperglikemia atau *Diabetes mellitus* dapat mempengaruhi dan mengganggu sistem imun sehingga meningkatkan resiko infeksi dan mempengaruhi pengobatan serta memperburuk perjalanan TB. Menggabungkan biomarker inflamasi dan gangguan metabolik glukosa yang mempengaruhi perjalanan TB diharapkan dapat menjadi prediktor yang dapat menggambarkan hasil pemeriksaan GeneXpert MTB/RIF pada terduga TB paru. Biomarker inflamasi akut seperti LED dan CRP serta kadar gula darah memiliki keterkaitan dalam penilaian infeksi tuberkulosis dan hasil pemeriksaan TCM GeneXpert MTB/RIF. Pada kondisi hiperglikemia kronis dapat menyebabkan gangguan fungsi sistem imun baik imun bawaan maupun imun adaptif, sehingga meningkatkan kerentanan terhadap infeksi tuberkulosis serta memperberat respon inflamasi. Peningkatan beban bakteri pada infeksi tuberkulosis memicu pelepasan berbagai mediator inflamasi yang memberikan kontribusi terhadap peningkatan nilai LED dan CRP. Pada sisi lain pemeriksaan TCM GeneXpert MTB /RIF tidak hanya mendeteksi adanya *M.tuberculosis* tetapi juga memberikan kategori semikuantitatif yang berkaitan dengan tingkat beban bakteri.

Pada Penelitian terdahulu, terdapat hubungan yang signifikan antara hasil pemeriksaan GeneXpert MTB/RIF dengan nilai LED pada suspek penderita Tuberkulosis [7]. Pada penelitian lain yang bertujuan mengetahui tingkat peradangan (IL-17, LED dan CRP) pada pasien baru TB paru menyatakan tidak adanya korelasi atau hubungan antara 3 parameter penanda inflamasi tersebut terhadap pasien TB paru baru [5]. Prevalensi TB meningkat seiring peningkatan prevalensi DM, dan frekuensi DM pada TB dilaporkan 10-15%. Prevalensi TB 2-5 kali lebih tinggi pada pasien diabetes daripada pasien non-diabetes, sehingga tatalaksana koinfeksi TB-DM diperlukan untuk mencapai keberhasilan pengobatan TB [8]. Penelitian terkait biomarker inflamasi seperti LED dan CRP digunakan untuk menilai respon inflamasi TB, sedangkan hiperglikemia berperan dalam peningkatan resiko infeksi dan keparahan TB. Penelitian yang mengkaji hubungan biomarker inflamasi dan kadar gula serta hasil TCM GeneXpert masih terbatas.

Berdasarkan permasalahan dan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan biomarker inflamasi akut yaitu LED dan CRP dengan kadar GDA terhadap hasil pemeriksaan GeneXpert MTB/RIF pada terduga Tuberkulosis Paru, serta menilai potensi parameter pemeriksaan tersebut sebagai

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

penunjang diagnosis dan sebagai prediktor hasil pemeriksaan, terutama pada fasilitas kesehatan primer dengan keterbatasan sumber daya.

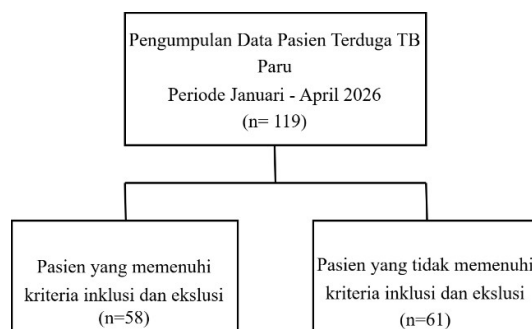
II. METODE

Peneliti melakukan observasi terhadap data sekunder pada rekam medis pasien terduga TB dan SITB (Sistem Informasi Tuberkulosis) di UPT Puskesmas Poncokusumo dengan periode pengambilan data Juni 2026, dan merujuk pada rekam medis pasien terduga TB pada periode Januari – April 2026. Populasi penelitian adalah seluruh pasien terduga TB yang telah melakukan pemeriksaan LED, CRP, kadar gula darah serta pemeriksaan TCM GeneXpert M.TB/RIF. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *Consecutive sampling*, berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan dan sesuai dengan tujuan penelitian. Kriteria inklusi pada penelitian ini adalah pasien terduga TB yang melakukan pemeriksaan lengkap (LED, CRP, Kadar gula dan TCM GeneXpert MTB/RIF), jenis kelamin laki-laki dan Perempuan, usia >18 th. Kriteria eksklusi penelitian ini adalah pasien dengan hasil TCM GeneXpert MTB Rif Res (*Rifampisin Resistance*), terdapat ko-infeksi HIV-TB, mempunyai riwayat OAT > 1 bulan, terdapat komorbiditas inflamasi kronik (Lupus, Kanker).

Sampel yang digunakan untuk pemeriksaan laboratorium adalah darah sebanyak 4 ml. Sebelum bahan darah dibagi dalam dua tabung Vaculab (K3EDTA dan *Plain*), darah diteteskan pada alat POCT *Codefree* (SD Biosensor) untuk pemeriksaan GDA. Darah kemudian dibagi pada 2 tabung, 1 tabung dengan antikoagulan K3EDTA untuk pemeriksaan LED, dan untuk pemeriksaan CRP darah dimasukkan pada tabung tanpa antikoagulan (*Plain*). LED diukur dengan metode Westergren, pengukuran kadar CRP semi kuantitatif dengan metode aglutinasi lateks menggunakan Reagen CRP *Glory Diagnostic*. Untuk pemeriksaan TCM TB sampel yang digunakan adalah sputum (dahak). Pemeriksaan menggunakan alat Cepheid GeneXpert MTB/RIF. Seluruh data akan melalui proses pengolahan data menggunakan aplikasi SPSS 30 untuk dilakukan uji korelasi *Spearman Rho* dan *Kendall's Tau b* dengan signifikan level 0.05 (5 %).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data pasien dengan diagnosa terduga TB paru pada periode Januari – April th. 2026 didapatkan sebanyak 119 pasien. Dari keseluruhan pasien tersebut hanya 58 pasien yang memenuhi kriteria inklusi penelitian. Alur pengumpulan data akan ditampilkan pada gambar 1. Sebagian data pasien tidak memenuhi kriteria inklusi sebab terdapat hasil pemeriksaan yang tidak lengkap meliputi pemeriksaan LED, CRP, GDA dan TCM TB GeneXpert MTB/RIF serta terdapat hasil rifampisin resisten.



Gambar 1. Hasil Pengumpulan Data Pasien Terduga TB Paru di UPT Puskesmas Poncokusumo Pada Periode Januari – April 2026

Karakteristik pasien terduga TB Paru berdasarkan kelompok usia dan jenis kelamin akan disajikan pada tabel 1. Berdasarkan kelompok usia di kategorikan dalam 2 kelompok besar yaitu dewasa (18-59 th) dan lansia (≥ 60 th) sebagian besar pasien terduga TB berada pada kategori dewasa (18-59 th) sebanyak 31 pasien (53 %) sedangkan pada kategori lansia (≥ 60 th) sebesar 27 pasien (47 %). Pada aspek gender pasien terduga TB paru seimbang perempuan sebanyak 29 pasien (50%) dan laki-laki sebanyak 29 pasien (50%). Hasil ini menunjukkan bahwa pasien terduga TB Paru didominasi oleh kelompok usia produktif (dewasa) yang memiliki mobilitas dan

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

interaksi sosial yang lebih tinggi sehingga berpotensi meningkatkan risiko paparan terhadap *M. tuberculosis*. Meskipun kelompok lansia diketahui memiliki kerentanan yang lebih tinggi terhadap TB akibat menurunnya sistem kekebalan tubuh secara alami dan laki-laki juga mempunyai prevalensi yang lebih besar karena gaya hidup serta paparan seperti rokok dan alkohol [9], namun pada penelitian ini proporsi kelompok usia dan jenis kelamin dipengaruhi oleh karakteristik populasi yang datang ke Puskesmas pada periode penelitian.

Pada pemeriksaan LED menggunakan metode Westergren yang distandarisasi oleh *International Council for Standarization in Haematology (ICSH)* nilai normal LED dipengaruhi oleh usia dan jenis kelamin. Pada laki-laki berusia < 50 tahun, rentang nilai normal adalah 0 - 15 mm/jam sedangkan pada laki-laki berusia $\geq$ 50 tahun adalah 0 - 20 mm/jam. Pada perempuan berusia < 50 tahun, rentang normal LED adalah 0 - 20 mm/jam, sedangkan pada perempuan berusia $\geq$ 50 tahun adalah 0 - 30 mm/jam. Pada penelitian ini kadar gula darah (GDA) dikategorikan menggunakan nilai *cut-off* 200 mg/dL mengacu pada kriteria diagnostik *American Diabetes Association (ADA)* yang menyatakan bahwa kadar gula darah acak $\geq$ 200 mg/dL merupakan salah satu kriteria diagnosis *diabetes mellitus* apabila disertai gejala klasik hiperglikemia[10].

Berdasarkan hasil pemeriksaan laboratorium pada tabel 1 didapatkan gambaran hasil pemeriksaan LED, GDA, CRP dan TCM GeneXpert MTB/RIF pada terduga TB paru periode bulan Januari – April th.2026. Hasil pemeriksaan LED dan GDA terbagi dalam dua kelompok yaitu meningkat dan normal. Kategori meningkat bila melebihi nilai normal atau *cut off*. Sedangkan pemeriksaan CRP semikuantitatif dan TCM GeneXpert MTB/RIF hasil dikategorikan secara bertingkat. Hasil distribusi nilai LED pada Terduga TB Paru menunjukkan sebanyak 95% (55 pasien) mengalami peningkatan LED dan hanya 5% (3 pasien) dengan nilai LED Normal. Pada parameter GDA menunjukkan 12% (7 pasien) dengan GDA meningkat dan 88% (51 pasien) GDA dalam rentang nilai normal. Hasil distribusi CRP semikuantitatif dan TCM GeneXpert, hasil dikategorikan secara bertingkat (ordinal), didapatkan hasil distribusi pasien dengan CRP Negatif sebesar 53% (31 pasien), titer 1: 2 sebanyak 3% (2 pasien), titer 1:4 sebesar 28 % (16 pasien) dan titer 1:8 sebesar 16 % (9 pasien). Hasil distribusi TCM GeneXpert MTB/RIF *Not detected (NEG)* sebesar 67% (39 pasien), *MTB Detected Verylow* sebesar 2% (1 pasien), *MTB Detected Low* 3% (2 pasien), *MTB Detected Medium* sebesar 16% (9 Pasien) dan *MTB Detected High* sebesar 12 % (7 pasien).

Tabel 1. Karakteristik Demografi dan Hasil Seluruh Variabel Pemeriksaan Laboratorium Terduga TB Paru

No	Variabel	Kategori	Jumlah (n)	Persentase
A	Karakteristik Demografi			
1	Usia (tahun)	Dewasa (18-59)	31	53%
		Lansia ($\geq$ 60)	27	47%
2	Jenis Kelamin	Laki-laki	29	50%
		Perempuan	29	50%
B	Pemeriksaan Laboratorium			
3	LED (mm/jam)			
	Mean $\pm$ SD	52,33 $\pm$ 28,37		
		Meningkat	55	95%
		Normal	3	5%
4	GDA (mg/dL)			
	Mean $\pm$ SD	136,86 $\pm$ 38,99		
		Meningkat	7	12%
		Normal	51	88%
5	CRP Semikuantitatif	Negatif (NEG)	31	53%
		Titer 1:2	2	3%
		Titer 1:4	16	28%
		Titer 1:8	9	16%
6	TCM GeneXpert MTB/RIF	<i>Not detected (NEG)</i>	39	67%
		<i>Detected Very Low</i>	1	2%
		<i>Detected Low</i>	2	3%
		<i>Detected Medium</i>	9	16%
		<i>Detected High</i>	7	12%

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

Sebelum dilakukan uji korelasi, data di uji normalitasnya menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov*. Hasil uji menunjukkan bahwa data variabel pemeriksaan LED dan GDA memiliki nilai signifikansi kurang dari 0,05 sehingga data tidak berdistribusi normal (tabel 2). Dengan demikian, variabel pemeriksaan LED dan GDA tidak memenuhi asumsi normalitas. Berdasarkan hasil tersebut, analisis korelasi antar variabel LED, GDA, CRP dan TCM menggunakan uji non-parametrik *Spearman Rho Test* sedangkan variabel pemeriksaan CRP dan TCM menggunakan uji non-parametrik *Kendall's Tau b*.

Tabel 2. Hasil Uji Normalitas Data

Diagnosa	Variabel	Uji Normalitas <i>Kolmogorov - Smirnov</i>		
		n	Sig.	Keterangan
Terduga TB	LED	58	< 0,001	Tidak Berdistribusi Normal
	GDA	58	< 0,001	Tidak Berdistribusi Normal

Untuk menguji hipotesis mengenai hubungan antara biomarker inflamasi (LED dan CRP) serta kadar gula darah terhadap hasil pemeriksaan TCM Genexpert MTB/RIF, telah dilakukan uji korelasi non-parametrik menggunakan metode *Spearman's Rho* dan *Kendall's Tau b*. Hasil uji korelasi dalam penelitian ini secara garis besar memberikan dua gambaran klinis yang berbeda yang akan disajikan pada tabel 3. Gambaran pertama menunjukkan adanya korelasi positif yang kuat dan signifikan antara variabel infeksi-inflamasi (TCM, CRP dan LED). Sedangkan gambaran kedua menunjukkan tidak adanya hubungan yang signifikan pada variabel GDA dengan variabel lainnya.

Berdasarkan hasil analisis statistik yang diperoleh, temuan utama dalam penelitian ini menunjukkan adanya hubungan yang sangat signifikan dan kuat antara beban bakteri (hasil pemeriksaan TCM GeneXpert MTB/RIF) dengan indikator respon inflamasi fase akut yaitu LED dan CRP. Hasil uji korelasi *Kendall's Tau b* menunjukkan hubungan yang sangat kuat dan signifikan antara variabel CRP dan TCM ($r = 0,721$; $p < 0,01$). Hasil uji korelasi *Spearman's Rho* antara variabel LED dan CRP juga menunjukkan hubungan yang kuat dan signifikan ($r = 0,701$; $p < 0,01$), serta antara variabel LED dan TCM ($r = 0,636$; $p < 0,01$). Secara klinis hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar CRP dan LED pada infeksi Tuberkulosis terjadi akibat peradangan sistemik saat bakteri menyerang tubuh. Infeksi bakteri *M. tuberculosis* pada tubuh akan memicu terjadinya inflamasi. Inflamasi merupakan mekanisme tubuh untuk mempertahankan diri dari benda asing yang masuk.

Berdasarkan penelitian yang membandingkan peningkatan biomarker inflamasi akut pada penderita TB Paru, CRP dan LED merupakan pemeriksaan penunjang yang potensial dalam menggambarkan beban bakteri atau derajat keparahan infeksi TB. Hasil Pemeriksaan TCM GeneXpert disertai tingkatan atau densitas bakteri yang berada dalam tubuh pasien. Pada saat beban bakteri tinggi, makrofag, sel imun memproduksi sitokin pro inflamasi (seperti IL-6, TNF α). Sitokin IL-6 memicu hepatosit di hati memproduksi CRP. Kadar CRP akan meningkat pada awal infeksi dan bila pasien telah mendapatkan terapi yang adekuat kadar CRP dalam darah akan menurun. Hal ini selaras dengan penelitian Gunasekaran *et al.* [11], yang menjelaskan bahwa CRP merupakan biomarker inflamasi akut yang akan meningkat secara signifikan pada pasien TB paru aktif serta akan menurun seiring dengan keberhasilan pengobatan. CRP merupakan biomarker inflamasi yang berpotensi digunakan sebagai penunjang diagnosis serta sebagai indikator prognosis pada Tuberkulosis, khususnya dalam memprediksi resiko kegagalan pengobatan TB sehingga dapat menjadi penunjang dalam pengambilan keputusan klinis [12].

Berbeda dengan CRP yang akan menurun seiring dengan perbaikan imunitas pasien, kadar LED dalam darah pasien TB aktif akan bertahan dalam waktu yang relatif lebih lama dibandingkan CRP. LED merupakan parameter pemeriksaan tidak langsung, sebab LED merupakan penanda dari peningkatan protein fase akut yaitu fibrinogen. Pada infeksi TB tidak hanya sitokin pro inflamasi yang meningkat, secara sistemik protein fase akut (terutama fibrinogen) akan mengalami peningkatan yang signifikan. Peningkatan fibrinogen mengurangi gaya tolak menolak sel darah merah, kondisi ini mempermudah terbentuknya agregasi eritrosit (*rouleaux formation*) dan meningkatkan kecepatan pengendapan eritrosit sehingga nilai LED menjadi lebih tinggi. Meskipun LED meningkat pada pasien TB akibat respon inflamasi sistemik, peningkatan LED tidak selalu mencerminkan secara langsung beban bakteri [13]. Hubungan hasil pemeriksaan TCM GeneXpert dan LED dapat bervariasi karena

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

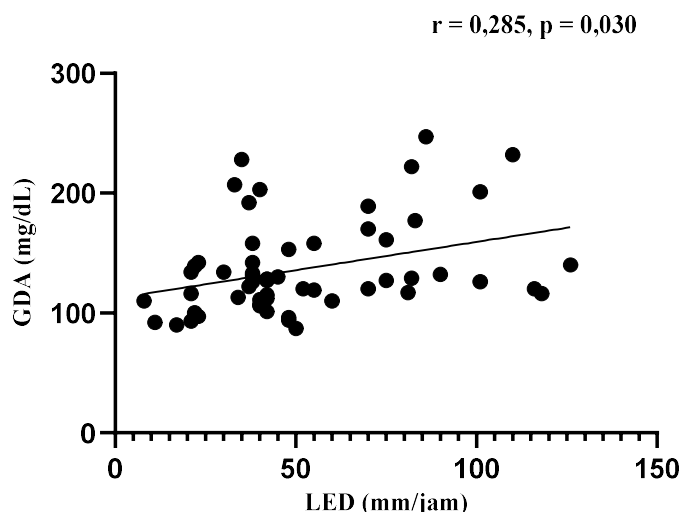
LED menggambarkan respon inflamasi dibandingkan dengan beban bakteri *M. tuberculosis*. Meskipun demikian LED tetap dapat dijadikan indikator yang sensitif terhadap adanya infeksi Tuberkulosis dan dapat dijadikan sebagai salah satu pemeriksaan penunjang pemantauan pengobatan TB [14], [15].

Gambaran kedua berdasarkan hasil uji korelasi *Spearman's Rho* antara variabel GDA dan LED menunjukkan korelasi positif antara variabel GDA dan LED tetapi kekuatan hubungan lemah ($r = 0,285$; $p = 0,030$) serta tidak terdapat hubungan yang signifikan antara variabel GDA dan CRP ($r = 0,219$; $p = 0,099$) kemudian antara variabel GDA dan TCM ($r = 0,200$; $p = 0,132$). Hasil analisis pada penelitian ini parameter GDA mempunyai korelasi dengan LED tetapi lemah dan tidak mempunyai hubungan yang signifikan terhadap CRP dan TCM. Pola sebaran data dan kekuatan korelasi yang lemah ini dapat divisualisasikan secara lebih jelas pada grafik *scatterplot* gambar 2.

Tabel 3. Hasil Uji Korelasi Variabel Pemeriksaan Laboratorium

No	Variabel	Uji Korelasi	Koefisien Korelasi (r)	Nilai p
1	LED dan GDA	<i>Spearman's Rho</i>	0,285	0,030
2	LED dan CRP	<i>Spearman's Rho</i>	0,701	<0,001
3	LED dan TCM	<i>Spearman's Rho</i>	0,636	<0,001
4	GDA dan CRP	<i>Spearman's Rho</i>	0,219	0,099
5	GDA dan TCM	<i>Spearman's Rho</i>	0,200	0,132
6	CRP dan TCM	<i>Kendall's Tau b</i>	0,721	<0,001

Keterangan: Uji hipotesis menggunakan batas signifikansi $\alpha = 0,05$. Hubungan dinyatakan signifikan jika nilai $p < 0,05$.



Gambar 2. *Scatterplot* korelasi Gula Darah Acak dan Laju Endap darah pada terduga TB paru

Berdasarkan gambar 2, sebaran data hasil pemeriksaan GDA tampak fluktuatif dan menyebar menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang lemah dan mengindikasikan fluktuasi kadar gula darah sewaktu tidak berbanding lurus dengan tingkat keparahan inflamasi sistemik (LED). Kadar GDA sangat dipengaruhi faktor-faktor jangka pendek seperti waktu dan komposisi asupan makanan terakhir, aktivitas fisik dan faktor lain yang dapat memicu kenaikan GDA. Sedangkan peningkatan LED merupakan fase akut yang membutuhkan waktu lebih lambat dan konstan karena dipengaruhi oleh perubahan konsentrasi protein plasma dalam sirkulasi darah [16].

Hasil tersebut bertentangan dengan penelitian Byers dan Guille [17] yang menjelaskan tentang keterkaitan

hiperglikemia terhadap Tuberkulosis. Kondisi hiperglikemia meningkatkan risiko penularan TB, karena mempengaruhi respon imun terhadap infeksi TB (*Immunosuppressive*). Hiperglikemia dapat mempengaruhi sistem imun, menurunkan kinerja makrofag, gangguan produksi sitokin dan peningkatan stres oksidatif [18]. Kondisi peningkatan kadar gula darah acak tidak dapat menggambarkan gangguan metabolisme glukosa yang terkait dengan hiperglikemia dan *Diabetes mellitus*, sebab hasil GDA akan dipengaruhi berbagai faktor pengganggu seperti IMT, Usia, intake dan jarak waktu konsumsi makanan terakhir. Parameter HbA1C dapat dijadikan indikator yang lebih konsisten [19], akan tetapi tidak semua faskes primer dapat menerapkannya.

Secara teoritis terdapat hubungan positif antara GDA dan CRP serta GDA dan TCM. Pada penelitian Ngo *et al.* [20] terdapat keterkaitan DM dengan TB, Diabetes meningkatkan risiko infeksi TB, meningkatkan risiko TB-MDR, dan memperberat manifestasi klinis TB. Perbedaan pada hasil penelitian ini juga dapat dikaitkan bahwa sampel penelitian dipilih berdasarkan diagnosa terduga TB paru, pemeriksaan GDA dilakukan sebagai skrining awal hiperglikemia bukan pada pasien dengan status DM. Parameter GDA dapat diterapkan secara mudah dan luas akan tetapi memiliki keterbatasan pada konsistensi hasil.

Keterbatasan penelitian ini pada penggunaan GDA POCT yang hanya menggambarkan kondisi gula darah sesaat, variasi kadar gula yang cukup besar serta beberapa faktor perancu seperti usia, status gizi, intake dan kondisi komorbid lain yang tidak dianalisis.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, biomarker inflamasi akut dan beban bakteri memiliki hubungan korelasi positif yang kuat dan sangat signifikan antara kadar *C-Reactive Protein* (CRP) dan LED terhadap hasil pemeriksaan TCM GeneXpert MTB/RIF, peningkatan beban bakteri secara linear diikuti oleh peningkatan respon inflamasi. Sebaliknya kadar Gula Darah Acak (GDA) menunjukkan hubungan korelasi positif lemah terhadap nilai LED dan tidak berhubungan secara bermakna dengan CRP maupun hasil TCM GeneXpert MTB/RIF sehingga GDA belum dapat digunakan sebagai indikator yang mencerminkan derajat inflamasi maupun gambaran hasil pemeriksaan TCM GeneXpert MTB/RIF.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Kepala UPT Puskesmas Poncokusumo sebagai tempat penelitian ini. Peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada civitas akademik Program Studi Teknologi Laboratorium Medis Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Muhammadiyah Sidoarjo atas semua bimbingan, arahan dan dukungannya sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

REFERENSI

- [1] World Health Organization, *Global Tuberculosis Report 2024*. Geneva, Switzerland: WHO, 2024.
 - [2] World Health Organization, *Global Tuberculosis Report 2025*. Geneva, Switzerland: WHO, 2025.
 - [3] Tim Kerja Tuberkulosis P2P Kemenkes RI, *Revisi Strategi Nasional Penanggulangan Tuberkulosis di Indonesia 2020-2024 dan Rencana Interim 2025-2026*. Jakarta, Indonesia: Kemenkes RI, 2023.
 - [4] O. S. Simarmata and D. B. Lolong, "Evaluasi Keunggulan Tes Cepat Molekuler dengan Xpert MTB/ RIF Dibanding dengan Uji Mikroskopis dalam Mendiagnosis Tuberkulosis di Indonesia Tahun 2018," *Buletin Penelitian Kesehatan*, vol. 48, no. 2, pp. 109–116, Sep. 2020, <https://doi.org/10.22435/bpk.v48i2.2875>.
 - [5] N. N. Mahartini, J. Nugraha, and S. Ma'at, "Correlation between serum IL-17 levels with Erythrocyte Sedimentation Rate (ESR) and C-Reactive Protein (CRP) levels of new cases of pulmonary tuberculosis at Sanglah Central General Hospital, Bali, Indonesia," *Indonesia Journal of Biomedical Science*, vol. 16, no. 1, pp. 70–73, Jun. 2022, <https://doi.org/10.15562/ijbs.v16i1.391>.
 - [6] A. Tahumuri, M. C. P. Wongkar, and L. A. Rotty, "Gambaran Laju Endap darah dan C-Reactive Protein Pada Pasien Tuberkulosis Paru Di Manado 2016," *Jurnal Kedokteran Klinik*, vol. 1, no. 3, pp. 36–42, Mei 2017.
 - [7] T. Listiyowati, D. Pratiwi, K. Wardani, T. A. Sudarsono, and L. Wijayanti, "Relationship Between Results of Genexpert RT-PCR and Erythrocyte Sedimentation Rate in Suspected Tuberculosis Patients," *Jurnal Ilmiah Teknologi Kesehatan*, vol. 10, no. 2, pp. 58–63, Nov. 2023, <https://doi.org/10.32668/jitek.v10i1.1078>.
- Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

- [8] I. B. Aditya Nugraha, W. Gotera, and W. E. F. Yustin, "Diabetes Melitus Sebagai Faktor Risiko Tuberkulosis," *Jurnal Kedokteran Meditek*, vol. 27, no. 3, pp. 273–281, Sep. 2021, <https://doi.org/10.36452/jkdoktmeditek.v27i3.2126>.
- [9] Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan, *Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023 Dalam Angka*. Jakarta, Indonesia: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2023.
- [10] D. B. Sacks *et al.*, "Guidelines and Recommendations for Laboratory Analysis in the Diagnosis and Management of Diabetes Mellitus," *Diabetes Care*, vol. 46, no. 10, pp. e151–e199, Oct. 2023, <https://doi.org/10.2337/dci23-0036>.
- [11] H. Gunasekaran, U. D. Ranganathan, and R. Bethunaickan, "The importance of inflammatory biomarkers in detecting and managing latent tuberculosis infection," *Frontiers in Immunology*, vol. 16, Feb. 2025, Art. no. 1538127, <https://doi.org/10.3389/fimmu.2025.1538127>.
- [12] M. Khalil, H. A. A. Halim, and M. Abdelazeem, "C-reactive protein versus erythrocyte sedimentation rate in monitoring multidrug-resistant tuberculosis," *Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis*, vol. 69, no. 3, p. 458, Jul.–Sep. 2020, https://doi.org/10.4103/ejcdt.ejcdt_113_19.
- [13] N. P. Kumar *et al.*, "Acute Phase Proteins Are Baseline Predictors of Tuberculosis Treatment Failure," *Frontiers in Immunology*, vol. 12, Nov. 2021, Art. no. 731878, <https://doi.org/10.3389/fimmu.2021.731878>.
- [14] World Health Organization, *WHO Consolidated guidelines on TB Module 2: Screening*. Geneva, Switzerland: WHO, 2021.
- [15] S. B. Nyamagoud, P. D. Dsouza, S. P. P. Chitralu, K. Solankure, and A. H. V. Swamy, "Evaluating hematological and inflammatory biomarkers in tuberculosis management," *Monaldi Archives for Chest Disease*, Jul. 2025, <https://doi.org/10.4081/monaldi.2025.3433>.
- [16] B. A. Al-Ofairi, M. A. Al-Jahrani, A. Esmail, A. M. Abdulkareem, and M. K. Saeed, "Assessment of some hematological and inflammatory parameters among patients with active pulmonary tuberculosis in Ibb governorate, Yemen," *BMC Infectious Diseases*, vol. 25, Dec. 2025, Art. no. 12261, <https://doi.org/10.1186/s12879-025-12261-y>.
- [17] M. Byers and E. Guy, "The Complex Relationship Between Tuberculosis and Hyperglycemia," *Diagnostics*, vol. 14, no. 22, Nov. 2024, Art. no. 2539, <https://doi.org/10.3390/diagnostics14222539>.
- [18] U. Abbas *et al.*, "Tuberculosis and diabetes mellitus: Relating immune impact of co-morbidity with challenges in disease management in high burden countries," *Journal of Clinical Tuberculosis and Other Mycobacterial Diseases*, vol. 29, Dec. 2022, Art. no. 100343, <https://doi.org/10.1016/j.jctube.2022.100343>.
- [19] Z. Chen *et al.*, "The association of glycemic level and prevalence of tuberculosis: a meta-analysis," *BMC Endocrine Disorders*, vol. 21, no. 1, Dec. 2021, Art. no. 77, <https://doi.org/10.1186/s12902-021-00779-6>.
- [20] M. D. Ngo, S. Bartlett, and K. Ronacher, "Diabetes-associated susceptibility to tuberculosis: Contribution of hyperglycemia vs. dyslipidemia," *Microorganisms*, vol. 9, no. 11, Nov. 2021, Art. no. 2282, <https://doi.org/10.3390/microorganisms9112282>.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.