

AKURASI KADAR LDL METODE *INDIRECT* TERHADAP METODE *DIRECT*

**Marina Putri Rahajeng¹, Anik Handayati^{2*},
Musholli Himmatun Nabilah³, Edy Haryanto⁴**

Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Surabaya

e-mail: marinaputrirahajeng03@gmail.com, anik_handayati@poltekkes-surabaya.ac.id,
mushollihimmatunnabilah@poltekkesdepkkes-sby.ac.id, edy.iaki@gmail.com

Diterima: 25/07/2026 Direvisi: 05/08/2026; Diterbitkan: 23/08/2026

ABSTRAK

Pemeriksaan profil lipid digunakan untuk membantu menilai risiko penyakit kardiovaskular. Pemeriksaan kadar LDL dapat dilakukan menggunakan metode *indirect* (*Friedewald Formula*) dan metode *direct* (*homogeneous assay*). Metode *indirect* lebih ekonomis dan masih sering digunakan di laboratorium, tetapi akurasi mulai diragukan pada kadar trigliserida tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui akurasi kadar LDL metode *indirect* (*Friedewald Formula*) terhadap metode *direct* (*homogeneous assay*) pada kadar trigliserida 200–300 mg/dL. Penelitian ini menggunakan desain kuantitatif analitik komparatif dengan pendekatan *cross-sectional* berpasangan. Sampel penelitian menggunakan data primer, yaitu serum pasien dengan kadar trigliserida 200–300 mg/dL yang diperiksa menggunakan metode *indirect* dan metode *direct* pada sampel yang sama. Analisis data dilakukan menggunakan uji *Wilcoxon*, mean %Bias, dan *Bland-Altman*. Hasil penelitian menunjukkan tidak terdapat perbedaan bermakna antara metode *indirect* dan metode *direct* dengan nilai signifikansi ($p > 0,05$). Nilai mean %Bias sebesar -0,3962% masih memenuhi batas keberterimaan *National Cholesterol Education Program* (NCEP). Analisis *Bland-Altman* menunjukkan sebagian besar data berada dalam batas kesepakatan. Berdasarkan hasil penelitian, metode *indirect* (*Friedewald Formula*) memiliki akurasi yang baik dan hasil yang relatif sebanding dengan metode *direct* (*homogeneous assay*) pada kadar trigliserida 200–300 mg/dL.

Kata Kunci: LDL, *Friedewald Formula*, *Homogeneous assay*, Akurasi, Trigliserida

ABSTRACT

Lipid profile examination is used to help assess the risk of cardiovascular disease. LDL level examination can be performed using the indirect method (*Friedewald Formula*) and the direct method (*homogeneous test*). The indirect method is more economical and is still frequently used in laboratories, but its accuracy is starting to be questioned at high triglyceride levels. This study aims to determine the accuracy of LDL levels using the indirect method (*Friedewald Formula*) compared to the direct method (*homogeneous test*) at triglyceride levels of 200–300 mg/dL. This study used a comparative analytical quantitative design with a paired cross-sectional approach. The study sample used primary data, namely the serum of patients with triglyceride levels of 200–300 mg/dL examined using the indirect and direct methods on the same sample. Data analysis was performed using the *Wilcoxon* test, mean %Bias, *Bland-Altman*, and linear regression. The results showed that there was no significant difference between the indirect and direct methods with a significance value ($p > 0.05$). The average %Bias value of -0.3962% still meets the acceptance limits of the *National Cholesterol Education Program* (NCEP). *Bland-Altman* analysis showed that most of the data were within the limits of agreement. Based on the results of the study, the indirect method (*Friedewald Formula*) has good accuracy and relatively comparable results with the direct method (*homogeneous testing*) at triglyceride levels of 200–300 mg/dL.

Keywords: LDL, *Friedewald Formula*, *Homogeneous assay*, Accuracy, Triglycerides

PENDAHULUAN

Penyakit kardiovaskular (*cardiovascular diseases/CVDs*) masih menjadi penyebab utama kematian di dunia. Berdasarkan data *World Health Organization* (WHO), pada tahun 2022 penyakit kardiovaskular menyebabkan sekitar 19,8 juta kematian atau 32% dari seluruh kematian global, dengan sekitar 85% di antaranya disebabkan oleh penyakit jantung koroner dan stroke (WHO, 2025). Di Indonesia, penyakit kardiovaskular juga merupakan penyebab kematian tertinggi, dengan 651.481 kematian per tahun menurut *Institute for Health Metrics and Evaluation* (IHME), salah satunya dipengaruhi oleh dislipidemia sebagai faktor risiko utama (Kemenkes RI, 2021; Handayani, 2025). Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya pemeriksaan profil lipid, terutama kadar *Low-Density Lipoprotein* (LDL), sebagai salah satu parameter dalam menilai risiko penyakit kardiovaskular serta menentukan strategi pencegahan dan terapi (Pradhan et al., 2020). *Low-Density Lipoprotein* (LDL) merupakan lipoprotein yang berfungsi mengangkut kolesterol dari hati menuju jaringan perifer. Peningkatan kadar LDL berperan dalam proses aterosklerosis melalui akumulasi kolesterol pada dinding pembuluh darah sehingga meningkatkan risiko penyakit jantung koroner dan stroke (Mailani et al., 2023). Studi berbasis data populasi orang dewasa Indonesia turut menegaskan bahwa peningkatan fraksi LDL, termasuk subfraksi *small dense* LDL, berkaitan erat dengan obesitas sentral dan status diabetes melitus, sehingga kadar LDL dipandang sebagai penanda biologis yang potensial untuk menilai risiko metabolik dan kardiovaskular pada populasi Indonesia (Rohmaeni et al., 2023). Oleh karena itu, ketelitian hasil pemeriksaan kadar LDL sangat penting karena memengaruhi penegakan diagnosis, stratifikasi risiko, dan pemilihan terapi pasien (Mailani et al., 2023).

Pemeriksaan kadar LDL dapat dilakukan menggunakan metode *direct* (*homogeneous assay*) maupun metode *indirect* (*Friedewald Formula*) (Yang et al., 2025). Metode *homogeneous assay* memiliki akurasi yang tinggi karena mampu mengukur LDL secara selektif melalui penghambatan lipoprotein non-LDL, namun memerlukan biaya pemeriksaan yang relatif lebih tinggi dan penggunaan reagen khusus sehingga belum diterapkan secara merata di seluruh laboratorium (Fan et al., 2022). Sebaliknya, metode *Friedewald Formula* masih banyak digunakan karena lebih ekonomis dan menghitung kadar LDL berdasarkan hasil pemeriksaan kolesterol total, *High-Density Lipoprotein* (HDL), dan trigliserida (Yang et al., 2025). Meskipun demikian, metode ini memiliki keterbatasan karena menggunakan rasio trigliserida terhadap *Very Low-Density Lipoprotein* (VLDL) sebesar 5:1 yang tidak selalu sesuai pada setiap individu, terutama pada kadar trigliserida yang meningkat, sehingga dapat memengaruhi akurasi hasil pemeriksaan (Aly et al., 2025; Patidar & Sharma, 2025). Upaya untuk mengatasi keterbatasan tersebut telah dilakukan melalui pengembangan formula alternatif, seperti Formula Martin, yang pada penelitian di salah satu rumah sakit daerah menunjukkan korelasi yang sangat kuat terhadap kadar LDL direk meski aplikasi klinisnya dinilai masih memerlukan kajian lebih lanjut (Liazarti & Valzon, 2021).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa peningkatan kadar trigliserida dapat menyebabkan perbedaan hasil antara metode *indirect* dan metode *direct*. Nair et al. (2024) melaporkan bahwa kadar LDL hasil *Friedewald Formula* cenderung lebih rendah dibandingkan *homogeneous assay* pada kadar trigliserida lebih dari 200 mg/dL, meskipun kedua metode masih memiliki korelasi yang baik. Penelitian Nair et al. (2024) juga menunjukkan bahwa *Friedewald Formula* masih memberikan hasil yang sebanding dengan *homogeneous assay* pada kadar trigliserida kurang dari 200 mg/dL, tetapi menunjukkan perbedaan yang signifikan pada kadar trigliserida 200–399 mg/dL. Selain itu, Reiber et al. (2022) melaporkan bahwa ketidaksesuaian hasil perhitungan LDL semakin sering ditemukan pada peningkatan kadar

trigliserida. Namun demikian, temuan yang berbeda dilaporkan pada penelitian terhadap pasien dislipidemia di RSUD Mardi Waluyo, Kota Blitar, yang tidak menemukan perbedaan bermakna secara statistik antara kadar LDL hasil metode direk dan *Friedewald Formula*, sehingga penelitian tersebut merekomendasikan perlunya pembanding metode standar emas (*ultracentrifugation*) untuk memastikan validitas hasil pengukuran LDL (Tuna et al., 2025). Hasil-hasil penelitian yang beragam tersebut menunjukkan bahwa masih diperlukan evaluasi akurasi metode *Friedewald Formula* pada rentang kadar trigliserida tertentu.

Berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Pelayanan Kesehatan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, setiap metode pemeriksaan alternatif atau metode pembanding perlu melalui proses validasi untuk memastikan kinerja analitik, termasuk akurasi dan kesesuaian hasil terhadap metode rujukan (Kemenkes RI, 2023). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui akurasi kadar LDL metode *indirect (Friedewald Formula)* terhadap metode *direct (homogeneous assay)* pada serum pasien dengan kadar trigliserida 200–300 mg/dL. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai tingkat akurasi metode *Friedewald Formula* sebagai alternatif pemeriksaan kadar LDL di laboratorium klinik pada rentang kadar trigliserida tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian analitik komparatif dengan pendekatan *cross-sectional* berpasangan yang bertujuan untuk menganalisis akurasi kadar *Low-Density Lipoprotein (LDL)* metode *indirect (Friedewald Formula)* terhadap metode *direct (homogeneous assay)* pada serum dengan kadar trigliserida 200–300 mg/dL. Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober 2025 hingga Mei 2026 di Laboratorium Klinik Farmalab Bangkalan sebagai bagian dari pelaksanaan penelitian mahasiswa Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis Politeknik Kesehatan Kementerian Kesehatan Surabaya.

Variabel dalam penelitian ini adalah Kadar LDL yang dinyatakan dalam satuan miligram per desiliter (mg/dL) dan metode pemeriksaan kadar LDL (metode *Friedewald Formula* dan metode *homogeneous assay*). Populasi penelitian meliputi seluruh serum pasien yang menjalani pemeriksaan profil lipid di Laboratorium Klinik Farmalab Bangkalan. Sampel dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan kriteria inklusi, yaitu serum pasien dengan kadar trigliserida 200–300 mg/dL, sampel dalam kondisi baik tidak menunjukkan tanda-tanda ikterik dan hemolisis. Penentuan jumlah sampel mengacu pada rumus *slovin* sehingga diperoleh jumlah sampel sebanyak 35 sampel.

Tahapan penelitian diawali dengan pemeriksaan kadar kolesterol total menggunakan metode *Cholesterol Oxidase-Peroxidase Aminophenazone (CHOD-PAP)*, kadar trigliserida menggunakan metode *Glycerol-3-Phosphate Oxidase-Peroxidase Aminophenazone (GPO-PAP)*, dan kadar *High-Density Lipoprotein (HDL)* sesuai prosedur operasional Laboratorium Klinik Farmalab Bangkalan. Selanjutnya, kadar LDL metode *indirect* dihitung menggunakan *Friedewald Formula*, yaitu :

$$\text{LDL} = \text{kolesterol total} - \text{HDL} - \frac{\text{trigliserida}}{5}$$

Gambar 1 *Friedewald Formula*

Sumber: (Martínez-Morillo et al., 2021)

Pada sampel yang sama dilakukan pemeriksaan kadar LDL metode *direct* menggunakan metode *homogeneous assay* pada *BIOBASE Chemistry Analyzer* dengan reagen LDL Direct MTD Diagnostics sesuai prosedur kerja laboratorium.

Copyright (c) 2026 HEALTHY: Jurnal Inovasi Riset Ilmu Kesehatan

 <https://doi.org/10.51878/healthy.v5i4.14483>

Data hasil pemeriksaan dianalisis menggunakan IBM SPSS *Statistics* versi 29. Tahap awal analisis dilakukan melalui uji normalitas *Shapiro–Wilk* untuk mengetahui distribusi data. Data yang berdistribusi normal akan dianalisis menggunakan uji *paired t-test*, sedangkan data yang tidak berdistribusi normal dianalisis menggunakan uji *Wilcoxon*. Penilaian akurasi metode *indirect* terhadap metode *direct* dilakukan menggunakan persentase bias (%Bias) dengan batas bias yang dapat diterima terhadap nilai acuan. Tingkat kesesuaian kedua metode dianalisis menggunakan *Bland–Altman* berdasarkan nilai *mean difference* dan Limits of Agreement (LoA).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Farmalab Bangkalan yang merupakan fasilitas pelayanan kesehatan di bidang laboratorium klinik. Penelitian ini menggunakan sebanyak 35 sampel serum pasien dengan kadar trigliserida lebih dari 200 hingga 300 mg/dL yang memenuhi kriteria inklusi. Sampel tersebut diperiksa menggunakan dua metode, yaitu metode *indirect* dengan menggunakan *Friedewald Formula* dan metode *direct* menggunakan metode *homogeneous assay*. Proses pemeriksaan kadar LDL berjalan sesuai dengan prosedur yang berlaku pada laboratorium. Data hasil pemeriksaan kadar LDL dari kedua metode tersebut kemudian dianalisis menggunakan analisis deskriptif. Analisis deskriptif merupakan metode statistik yang digunakan untuk menggambarkan karakteristik data penelitian secara umum yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Deskriptif Kadar LDL

Kategori Pemeriksaan	N	Minimum (mg/dL)	Maximum (mg/dL)	Mean (mg/dL)	SD (mg/dL)
Kadar Kolesterol Total	35	146,00	299,00	217,4000	40,31508
Kadar Trigliserida	35	202,00	300,00	247,6000	30,66057
Kadar HDL	35	21,00	52,00	33,4000	7,09681
Kadar LDL metode <i>Indirect (Friedewald Formula)</i>	35	79,20	220,80	133,9657	40,50968
Kadar LDL Metode <i>Direct (Homogeneous assay)</i>	35	83,02	219,52	134,1509	38,83692

Berdasarkan Tabel 1, analisis deskriptif menunjukkan rata-rata kadar kolesterol total sebesar 217,4000 mg/dL, HDL sebesar 33,4000 mg/dL, dan trigliserida sebesar 247,6000 mg/dL yang masih berada dalam rentang kriteria Trigliserida penelitian 200–300 mg/dL. Rata-rata kadar LDL metode *indirect (Friedewald Formula)* sebesar 133,9657 mg/dL, sedangkan metode *direct (homogeneous assay)* sebesar 134,1509 mg/dL. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kadar LDL metode *indirect* cenderung lebih rendah dibandingkan metode *direct*. Selanjutnya akan dianalisis dengan uji normalitas untuk mengetahui distribusi data dan untuk menentukan jenis uji beda yang akan digunakan yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Uji Normalitas Kadar LDL Metode *Indirect* dan *Direct*

<i>Shapiro-Wilk</i>		
Nama Variabel	Sig.	Keterangan
Kadar LDL <i>Indirect</i>	0,020	Data tidak berdistribusi normal
Kadar LDL <i>Direct</i>	0,023	Data tidak berdistribusi normal

Hasil uji normalitas pada data kadar LDL *indirect* dan *direct* pada Tabel 2, didapatkan hasil nilai signifikansi ($p < 0,05$) disimpulkan bahwa kedua data tersebut tidak berdistribusi normal. Kondisi tersebut menyebabkan kedua data tersebut tidak dapat dilanjutkan pada uji beda parametrik, yaitu uji t berpasangan (*paired t-test*). Oleh karena itu, kedua data tersebut akan dilanjutkan uji beda nonparametrik, uji *Wilcoxon*. Hasil uji beda wilcoxon dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Gambaran Uji Beda Kadar LDL *Indirect* dan *Direct*

Nama Variabel	Sig	Keterangan
LDL <i>Direct</i> LDL <i>Indirect</i>	0.623	Tidak terdapat perbedaan signifikan antara metode <i>indirect</i> terhadap metode <i>direct</i>

Berdasarkan Tabel 3, hasil uji *Wilcoxon* menunjukkan nilai signifikansi ($p > 0,05$), sehingga hasil ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kadar LDL menggunakan metode *indirect* terhadap metode *direct*. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kedua metode memberikan hasil pengukuran yang relatif sebanding. Kadar LDL dengan metode *indirect* memiliki kesesuaian yang baik terhadap kadar LDL metode *direct*. Selanjutnya akan di analisis akurasi dari kedua metode tersebut menggunakan %Bias pada Tabel 4.

Tabel 4. Analisis Akurasi Kadar LDL Metode *Indirect* terhadap *Direct* dengan (%Bias)

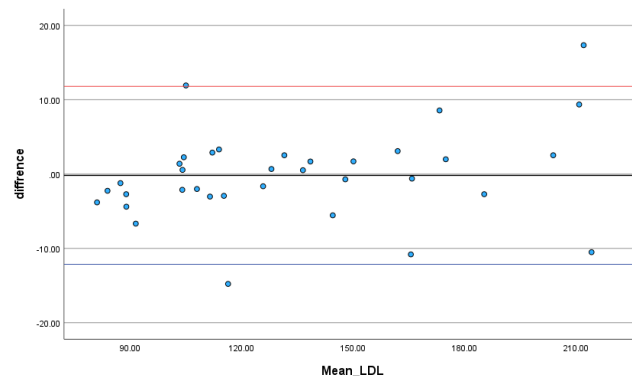
Kategori Variabel	N	Mean (%Bias)	Keterangan
LDL <i>Direct</i> LDL <i>Indirect</i>	35	-0.3962	Nilai tersebut masih berada dalam batas bias yang dapat diterima menurut NCEP

Merujuk Tabel 4, hasil analisis menunjukkan bahwa nilai *mean* (%Bias) sebesar -0,3962%. Nilai hasil *mean* (%Bias) tersebut masih berda dalam batas bias yang dapat diterima menurut (NCEP) yaitu pada rentang -4% hingga +4%, sehingga menunjukan bahwa metode *indirect* memenuhi kriteria bias yang dapat diterima terhadap metode *direct* sebagai metode acuan(Cao et al., 2024). Nilai *mean* (%Bias) yang negatif menunjukkan bahwa hasil pemriksaaan metode *indirect* cenderung lebih rendah dibandingkan dengan metode acuan yaitu metode *direct*. analisis terakhir yang dilakukan adalah analisis Bland-Altman untuk menilai kesesuaian dari kedua metode pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisis Kesesuaian Kadar LDL Metode *Indirect* dan *Direct* dengan Metode *Bland-Altman*

Parameter	Nilai	Satuan	Keterangan
Standar Deviasi (SD) <i>Difference</i>	6,1069	mg/dL	Menunjukkan variasi selisih hasil kedua metode
<i>Mean Difference</i>	-0,1851	mg/dL	Menunjukkan hasil metode <i>indirect</i> sedikit lebih rendah dibanding metode <i>direct</i>
<i>Lower Limits of Agreement</i> (LoA)	12,1546	mg/dL	Batas bawah kesepakatan antara kedua metode
<i>Upper Limits of Agreement</i> (LoA)	11,7844	mg/dL	Batas atas kesepakatan antara kedua metode

Hasil analisis Bland-Altman pada Tabel 5, menunjukkan *mean difference* sebesar -0,1851 mg/dL dengan LoA -12,1546 hingga 11,7844 mg/dL. Nilai *mean difference* yang mendekati 0 menunjukkan tidak adanya bias sistematis antara metode *indirect* dan *direct*. Sebagian besar data berada dalam batas LoA, sehingga kedua metode memiliki kesesuaian yang baik.



Gambar 1. Grafik *Bland-Altman* Kadar LDL Metode *Indirect* terhadap Metode *Direct*

Berdasarkan Gambar 1, grafik *Bland-Altman*, sebagian besar titik data berada dalam batas kesepakatan (*Limits of Agreement*), menunjukkan kesesuaian yang baik antara metode *indirect* (*Friedewald Formula*) dan *direct* (*homogeneous assay*). Sebaran titik pada grafik yang tidak membentuk pola tertentu menunjukkan bahwa perbedaan hasil kedua metode relatif konsisten pada kadar trigliserida 200–300 mg/dL.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar LDL metode *indirect* (*Friedewald Formula*) memiliki rata-rata yang sedikit lebih rendah dibandingkan metode *direct* (*homogeneous assay*), meskipun perbedaannya relatif kecil. Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode *indirect* masih mampu memberikan hasil yang mendekati metode *direct* pada kadar trigliserida 200–300 mg/dL. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Rahayu & Agriyanti, (2019) yang menunjukkan bahwa rata-rata kadar LDL metode *indirect* cenderung lebih rendah dibandingkan metode *direct* dengan perbedaan yang relatif kecil.

Hasil uji *Wilcoxon* menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kadar LDL metode *indirect* dan metode *direct*. Hal tersebut menunjukkan bahwa kedua metode memberikan hasil pemeriksaan yang relatif sebanding pada kadar trigliserida 200–300 mg/dL. Hasil penelitian ini berbeda dengan Alsadig & Morsi, (2024) yang melaporkan adanya perbedaan signifikan antara kedua metode. Perbedaan hasil tersebut dapat dipengaruhi oleh jumlah sampel, karakteristik sampel, distribusi data, serta rentang kadar trigliserida yang digunakan (Wara *et al.*, 2025).

Analisis akurasi menggunakan *mean %Bias* menunjukkan nilai -0,3962%, yang masih berada dalam batas bias yang dapat diterima menurut *National Cholesterol Education Program* (NCEP), yaitu $\pm 4\%$ (Cao *et al.*, 2024). Nilai bias yang kecil menunjukkan bahwa penyimpangan hasil pemeriksaan antara kedua metode relatif rendah (Ephraim *et al.*, 2023). Hasil tersebut didukung oleh analisis *Bland-Altman* yang menunjukkan sebagian besar data berada dalam *Limits of Agreement* (LoA) dan tidak membentuk pola tertentu, sehingga menunjukkan adanya kesesuaian yang baik antara metode *indirect* (*Friedewald Formula*) dan *direct* (*homogeneous assay*) (Taffé *et al.*, 2022). Hasil penelitian ini juga sejalan dengan David-Pardo *et al.*, (2024) yang melaporkan bahwa metode *indirect* memiliki tingkat kesesuaian yang baik terhadap metode *direct* pada pemeriksaan kadar LDL. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa metode *indirect* (*Friedewald Formula*) memiliki tingkat kesesuaian dan akurasi yang baik terhadap metode *direct* (*homogeneous assay*) pada kadar trigliserida 200–300 mg/dL. Oleh karena itu, metode *indirect* masih dapat digunakan sebagai alternatif pemeriksaan kadar LDL pada kadar trigliserida tersebut karena memberikan hasil yang relatif konsisten dengan metode *direct*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pemeriksaan kadar LDL menggunakan metode *indirect (Friedewald Formula)* pada serum dengan kadar trigliserida 200–300 mg/dL menghasilkan nilai yang relatif sebanding dengan metode *direct (homogeneous assay)*. Hasil analisis menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang bermakna antara kadar LDL yang diperoleh menggunakan kedua metode. Selain itu, metode *indirect (Friedewald Formula)* memiliki nilai mean (%Bias) sebesar -0,3962% yang masih berada dalam batas bias yang dapat diterima menurut *National Cholesterol Education Program (NCEP)*, serta hasil analisis *Bland–Altman* menunjukkan tingkat kesesuaian yang baik terhadap metode *direct (homogeneous assay)*. Oleh karena itu, metode *indirect (Friedewald Formula)* masih dapat digunakan sebagai alternatif pemeriksaan kadar LDL pada kadar trigliserida 200–300 mg/dL karena memberikan hasil yang relatif konsisten dengan metode *direct (homogeneous assay)*.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan, yaitu jumlah sampel yang relatif sedikit dan rentang kadar trigliserida yang hanya mencakup 200–300 mg/dL. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan jumlah sampel yang lebih besar dan rentang kadar trigliserida yang lebih luas agar dapat memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai akurasi metode *indirect (Friedewald Formula)* terhadap metode *direct (homogeneous assay)*. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi pertimbangan bagi Ahli Teknologi Laboratorium Medik (ATLM) dalam memanfaatkan metode *indirect (Friedewald Formula)* sebagai alternatif pemeriksaan kadar LDL, terutama pada fasilitas pelayanan kesehatan yang memiliki keterbatasan alat dan biaya pemeriksaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alsadig, R. E. K., & Morsi, A. N. (2024). Comparison of multiple equations for low-density lipoprotein cholesterol calculation against the direct homogeneous method. *Journal of Lipid and Atherosclerosis*, 13(3), 348–357. <https://doi.org/10.12997/jla.2024.13.3.348>
- Aly, H. H., Baiomy, N. M., Saad, W. E., & Elmihi, N. M. B. (2025). A comparison study between Martin/Hopkin's and Sampson's equations and the traditionally used Friedewald's equation for more accurate estimation of low-density lipoprotein cholesterol. *Ain Shams Medical Journal*, 76(1), 109–123. <https://doi.org/10.21608/asmj.2025.345109.1352>
- Cao, J., Donato, L., El-Khoury, J. M., Goldberg, A., Meeusen, J. W., & Remaley, A. T. (2024). ADLM guidance document on the measurement and reporting of lipids and lipoproteins. *The Journal of Applied Laboratory Medicine*, 9(5), 1040–1056. <https://doi.org/10.1093/jalm/jfae057>
- David-Pardo, D. G., Ruiz, Á. J., Muñoz Velandia, Ó. M., García Peña, Á. A., Salgado García, D. X., & Arcila Matiz, J. A. (2024). Concordance between LDL-C estimated by various formulas and directly measured LDL-C. *Journal of Clinical Lipidology*, 18(6), e926–e937. <https://doi.org/10.1016/j.jacl.2024.08.009>
- Ephraim, R. K. D., Ativi, E., Ashie, S. A., Abaka-Yawson, A., & Darkwah, K. O. (2023). Assessment of estimated low-density lipoprotein-cholesterol (LDL-C) equations: A systematic review and meta-analysis. *Bulletin of the National Research Centre*, 47(1), 71. <https://doi.org/10.1186/s42269-023-01046-5>
- Fan, G., Zhang, S., Wu, Q., Song, Y., Jia, A., Li, D., Yue, Y., & Wang, Q. (2022). A machine learning-based approach for low-density lipoprotein cholesterol calculation using age and lipid parameters. *Clinica Chimica Acta*, 535, 53–60.



- <https://doi.org/10.1016/j.cca.2022.08.007>
- Handayani, W. (2025). Faktor-faktor risiko penyakit kardiovaskular: Artikel review. *Pengembangan Ilmu dan Praktik Kesehatan*, 4(3), 139–158. <https://doi.org/10.56586/pipk.v4i3.465>
- Kemendes RI. (2021). *Peringatan Hari Jantung Sedunia 2021: Jaga jantungmu untuk hidup lebih sehat*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. <https://ayosehat.kemkes.go.id/peringatan-hari-jantung-sedunia-2021-jaga-jantung-sedunia-2021-jaga-jantungmu-untuk-hidup-lebih-sehat>
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Keputusan Direktur Jenderal Pelayanan Kesehatan Nomor HK.02.02/D/632/2023 tentang instrumen survei akreditasi laboratorium kesehatan*. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. [Dokumen Keputusan Dirjen Yankes HK.02.02/D/632/2023](https://dokumenkeputusan.dirjenyankes.hk.02.02/d/632/2023)
- Liazarti, D., & Valzon, M. (2021). Perbandingan korelasi antara Formula Friedewald dan Formula Martin dengan kolesterol LDL. *Jurnal Endurance: Kajian Ilmiah Problema Kesehatan*, 6(3), 563–569. <https://doi.org/10.22216/jen.v6i3.558>
- Mailani, F., Cv, K. P., & Aksara, E. M. (2023). *Gangguan sistem kardiovaskuler dan penatalaksanaannya* (1st ed.). Eureka Media Aksara.
- Nair, S. S., Kiran, R., Jisna, K. K., Prathima, M. B., Sushith, P., & D'sa, J. (2024). Comparison of ten formulae for calculating low-density lipoprotein cholesterol with direct low-density lipoprotein cholesterol measurement. *Current Medicine Research and Practice*, 14(5). https://doi.org/10.4103/cmrrp.cmrrp_98_24
- Pradhan, S., Gautam, K., & Pyakurel, D. (2020). Comparison of calculated LDL-cholesterol using the Friedewald formula and de Cordova formula with a directly measured LDL-cholesterol in Nepalese population. *Practical Laboratory Medicine*, 20, e00165. <https://doi.org/10.1016/j.plabm.2020.e00165>
- Rahayu, C., & Agriyanti, A. (2019). Perbedaan hasil pemeriksaan LDL direk (metode homogen) dengan indirek (formula Friedewald) pada pasien penderita dislipidemia di Rumah Sakit Islam Jakarta Cempaka Putih. *Anakes: Jurnal Ilmiah Analisis Kesehatan*, 5(1), 35–42. <https://doi.org/10.37012/anakes.v5i1.329>
- Reiber, I., Mark, L., Paragh, G., & Toth, P. P. (2022). Comparison of low-density lipoprotein cholesterol level calculated using the modified Martin/Hopkins estimation or the Friedewald formula with direct homogeneous assay measured low-density lipoprotein cholesterol. *Archives of Medical Science*, 18(3), 577–586. <https://doi.org/10.5114/aoms.2020.97847>
- Rohmaeni, Y., Hardinsyah, H., & Tazhiha, I. (2023). Small dense low-density lipoprotein cholesterol and central obesity associated with diabetes mellitus among Indonesian adults. *Jurnal Gizi Indonesia (The Indonesian Journal of Nutrition)*, 11(2), 95–109. <https://doi.org/10.14710/jgi.11.2.95-109>
- Taffé, P., Zupping, C., Burger, G. M., & Nusslé, S. G. (2022). The Bland-Altman method should not be used when one of the two measurement methods has negligible measurement errors. *PLOS ONE*, 17(12), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0278915>
- Tuna, H., Wuryandari, M. M. R. E., Purnadianti, M., Damayanti, N., Purnamasari, V. D., & Kirana, G. R. (2025). Dismilaritas kadar low density lipoprotein kolesterol pada pasien dislipidemia dengan metode homogenous formula Friedewald di RSUD Mardi Waluyo Kota Blitar. *Life Science*, 14(2), 180–185. <https://doi.org/10.15294/unnesjlifesci.v14.i2.17182>



- Wara, S., Adziima, A., Nasrudin, M., & Rizaldy Pratama, A. (2025). Evaluasi kinerja uji normalitas pada ragam distribusi dan ukuran sampel. *Jurnal Diferensial*, 7(1), 172–183. <https://doi.org/10.35508/jd.v7i2.24042>
- WHO. (2025, July 31). *Cardiovascular diseases (CVDs)*. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
- Yang, H. S., Kim, S. N., Lee, S., & Hur, M. (2025). The validation of a novel, sex-specific LDL-cholesterol equation and the Friedewald, Sampson-NIH, and Extended-Martin–Hopkins equations against direct measurement in Korean adults. *Metabolites*, 15(1). 18. <https://doi.org/10.3390/metabol15010018>