

Indeks Aterogenik Plasma dan Fungsi Ginjal pada Penderita Diabetes : *A Cross-Sectional Clinical Insight*

Marjes Netro Tumurang^{1(CA)}, Dionysius Sumenge², Iyam Manueke³, Muh Taufiq⁴

^{1(CA)}Department of Medical Laboratory Technology, Poltekkes Kemenkes Manado, Indonesia;
tumurang.marjes@gmail.com (Corresponding Author)

^{2,3,4}Department of Medical Laboratory Technology, Poltekkes Kemenkes Manado, Indonesia

ABSTRACT

Diabetes mellitus is closely linked to progressive kidney dysfunction. Assessing kidney function using estimated glomerular filtration rate (eGFR) alongside the atherogenic index of plasma (AIP) may improve early risk stratification. This 2024 cross-sectional study examined the association between AIP and kidney function in 30 diabetic patients in Manado City, North Sulawesi. AIP was calculated from triglyceride and HDL-C levels, while kidney function was assessed using eGFR and renal biochemical markers. The analysis revealed a strong negative correlation between AIP and eGFR (Spearman rho = -0.717, $p < 0.001$) and a positive correlation with creatinine. Furthermore, robust linear regression adjusted for age, sex, and diabetes duration confirmed that higher AIP remained significantly associated with lower eGFR ($p < 0.001$). These findings support the potential value of AIP as a simple lipid-derived marker to complement kidney function assessment in diabetic patients.

Keywords: AIP; eGFR; Diabetes Mellitus

ABSTRAK

Diabetes melitus berkaitan erat dengan disfungsi ginjal progresif. Menilai fungsi ginjal menggunakan perkiraan laju filtrasi glomerulus (eGFR) bersama dengan indeks aterogenik plasma (AIP) dapat meningkatkan stratifikasi risiko dini. Penelitian cross-sectional tahun 2024 ini meneliti hubungan antara AIP dan fungsi ginjal pada 30 pasien diabetes di Kota Manado, Sulawesi Utara. AIP dihitung dari kadar trigliserida dan kolesterol HDL, sementara fungsi ginjal dinilai menggunakan eGFR dan penanda biokimia ginjal. Analisis menunjukkan korelasi negatif yang kuat antara AIP dan eGFR (Spearman rho = -0,717, $p < 0,001$) serta korelasi positif dengan kreatinin. Selain itu, regresi linear kuat yang disesuaikan dengan usia, jenis kelamin, dan durasi diabetes mengonfirmasi bahwa AIP yang lebih tinggi tetap berhubungan secara signifikan dengan eGFR yang lebih rendah ($p < 0,001$). Temuan ini mendukung potensi nilai AIP sebagai penanda turunan lipid sederhana untuk melengkapi penilaian fungsi ginjal pada pasien diabetes.

Kata Kunci: AIP; eGFR; Diabetes Mellitus

PENDAHULUAN

Diabetes melitus tetap menjadi pendorong klinis utama penyakit ginjal kronis karena gangguan metabolik yang persisten dapat mempercepat cedera mikrovaskular ginjal dan menurunkan kapasitas filtrasi ginjal. Studi berbasis rumah sakit dan komunitas baru-baru ini pada pasien dengan diabetes tipe 2 telah menunjukkan bahwa penyakit ginjal kronis umum terjadi pada populasi penderita diabetes dan dikaitkan dengan faktor-faktor klinis seperti usia yang lebih tua, durasi penyakit yang lebih lama, hipertensi, status glikemik yang buruk, dan dislipidemia (Islam et al., 2021; Joshi et al., 2023; Aregawi et

al., 2024; Muhtar et al., 2026). Temuan ini menunjukkan bahwa gangguan ginjal pada diabetes tidak boleh dipandang hanya sebagai komplikasi ginjal semata. Hal ini juga merupakan bagian dari pola risiko kardiometabolik yang lebih luas yang dapat dideteksi melalui parameter laboratorium yang mudah diakses.

Perkiraan laju filtrasi glomerulus (eGFR) adalah indikator sentral dari fungsi ginjal dalam studi klinis dan epidemiologi. Persamaan berbasis kreatinin terus mendukung estimasi fungsi ginjal rutin, termasuk pengembangan persamaan terbaru yang meningkatkan estimasi eGFR tanpa penyesuaian ras (Inker et al., 2021). Namun, eGFR mencerminkan filtrasi ginjal saat ini dan mungkin tidak sepenuhnya menangkap pola metabolik yang mendahului atau menyertai penurunan filtrasi. Pada pasien dengan diabetes, kelainan lipid sering terjadi bersamaan dengan disfungsi ginjal, dan tumpang tindih ini menciptakan kebutuhan praktis akan indeks sederhana yang menghubungkan risiko lipid dan fungsi ginjal menggunakan data laboratorium rutin.

Indeks aterogenik plasma (AIP), yang didefinisikan sebagai rasio logaritmik trigliserida terhadap kolesterol high-density lipoprotein (HDL), telah mendapat perhatian sebagai penanda ringkas untuk dislipidemia aterogenik. Studi orisinal baru-baru ini pada populasi penderita diabetes melaporkan bahwa AIP dikaitkan dengan penyakit ginjal kronis, penyakit ginjal diabetik, dan cedera hati, serta beberapa indeks kardiometabolik telah dievaluasi untuk prediksi penyakit ginjal diabetik (Li et al., 2024; Yan et al., 2024; Zhang et al., 2024). Bukti berbasis populasi yang lebih baru juga menunjukkan bahwa AIP berhubungan dengan disfungsi ginjal di antara individu penderita diabetes, meskipun kekuatan hubungan ini dapat bervariasi berdasarkan parameter akhir ginjal (renal endpoint), terutama ketika albuminuria dan eGFR dianalisis secara terpisah (Zhu et al., 2025). Hasil ini mendukung AIP sebagai penanda yang menjanjikan, namun juga menunjukkan bahwa interpretasi klinisnya belum seragam. Kesenjangan penelitian yang jelas masih ada. Banyak studi telah mengkaji AIP dalam kumpulan data rumah sakit atau nasional berskala besar, namun bukti lokal dari lingkungan klinis-laboratorium di Indonesia masih terbatas. Bukti dari Sulawesi Utara, terutama di Manado, masih sangat langka. Kesenjangan ini penting karena profil lipid, kepatuhan pengobatan, durasi diabetes, dan akses ke pemantauan laboratorium dapat berbeda antar populasi dan sistem kesehatan. Kebaruan dari penelitian ini terletak pada evaluasi AIP terstandarisasi terhadap fungsi ginjal berbasis eGFR dalam lingkungan laboratorium lokal di Indonesia menggunakan variabel-variabel yang tersedia secara rutin. Penelitian ini tidak mengklaim bahwa AIP menggantikan eGFR. Sebaliknya, penelitian ini menguji apakah AIP dapat berfungsi sebagai penanda turunan lipid praktis yang sejalan dengan status fungsi ginjal pada pasien diabetes melitus. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara AIP dan fungsi ginjal pada pasien diabetes melitus yang diperiksa di Laboratorium Jurusan Teknologi Laboratorium Medis, Poltekkes Kemenkes Manado, pada tahun 2024.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain observasional cross-sectional (potong lintang). Penelitian ini dilaksanakan dengan melakukan pemeriksaan laboratorium secara langsung pada sampel pasien diabetes

melitus di Laboratorium Jurusan Teknologi Laboratorium Medis, Poltekkes Kemenkes Manado, Manado, Indonesia, pada tahun 2024.

Penelitian ini melibatkan 30 pasien diabetes melitus tipe 2 di Kota Manado, Sulawesi Utara. Partisipan direkrut dan diikutsertakan jika mereka adalah pasien dewasa berusia ≥ 18 tahun yang terdiagnosis klinis diabetes melitus tipe 2, serta bersedia menjalani pemeriksaan kadar trigliserida, kolesterol HDL, ureum, dan kreatinin untuk perhitungan eGFR. Pasien juga diikutsertakan jika memiliki kondisi klinis yang stabil pada saat pengambilan sampel laboratorium dilakukan, dan tidak sedang menjalani perawatan darurat atau perawatan intensif. Partisipan dieksklusi jika mereka menderita diabetes melitus tipe 1, diabetes gestasional, cedera ginjal akut, memiliki riwayat penyakit ginjal stadium akhir, menjalani hemodialisis rutin, sedang hamil, memiliki infeksi aktif atau penyakit inflamasi akut, penyakit hati berat, atau keganasan. Pasien yang menggunakan terapi penurunan lipid juga dieksklusi.

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang dilakukan, nilai trigliserida dan kolesterol HDL pertama-tama dikonversi dari mg/dL menjadi mmol/L. Trigliserida dikonversi menggunakan faktor 0,01129, dan kolesterol HDL dikonversi menggunakan faktor 0,02586. AIP kemudian dihitung sebagai $\log_{10}$ (trigliserida dalam mmol/L dibagi dengan kolesterol HDL dalam mmol/L). Nilai AIP yang telah distandarisasi digunakan dalam semua analisis statistik. Nilai eGFR dihitung secara langsung dari hasil pemeriksaan kreatinin pasien menggunakan pendekatan formula CKD-EPI. Fungsi ginjal kemudian dikelompokkan menjadi $\text{eGFR} < 60 \text{ mL/menit/1,73 m}^2$ dan $\text{eGFR} \geq 60 \text{ mL/menit/1,73 m}^2$ untuk keperluan analisis komparatif.

Data hasil pemeriksaan diperiksa kelengkapan dan distribusinya. Variabel kontinu disajikan dalam bentuk median dan rentang antarkuartil (*interquartile range*) karena beberapa variabel menunjukkan distribusi yang tidak normal. Variabel kategorikal disajikan dalam bentuk frekuensi dan persentase. Hubungan utama antara AIP dan eGFR diuji menggunakan korelasi peringkat Spearman (*Spearman rank correlation*). Korelasi Spearman juga digunakan untuk menganalisis hubungan antara AIP dengan ureum, kreatinin, dan rasio BUN/kreatinin. Uji Mann-Whitney U digunakan untuk membandingkan AIP di antara kategori eGFR. Regresi linear kuat (*robust linear regression*) dengan standar galat (*standard errors*) HC3 dilakukan sebagai analisis sensitivitas untuk menguji hubungan antara AIP dan eGFR setelah disesuaikan dengan usia, durasi diabetes, dan jenis kelamin. Signifikansi statistik ditetapkan pada nilai $p < 0,05$. Penelitian ini telah disetujui oleh Komisi Etik Penelitian Kesehatan Poltekkes Kemenkes Manado dengan nomor persetujuan KEPK.01/08/214/2024.

HASIL

Penelitian ini melibatkan 30 pasien dengan diabetes melitus tipe 2. Median usia peserta adalah 55,0 tahun, sedangkan median lama menderita diabetes adalah 39,0 bulan. Sebagian besar peserta berjenis kelamin perempuan. Sebanyak 12 peserta melaporkan patuh terhadap pengobatan diabetes, sedangkan 18 peserta melaporkan tidak patuh. Median kadar trigliserida adalah 112,5 mg/dL, dan median kadar HDL-C adalah 39,0 mg/dL. Median AIP terstandarisasi adalah 0,11. Median eGFR adalah 98,1 mL/menit/1,73 m², dan 6 peserta memiliki $\text{eGFR} < 60 \text{ mL/menit/1,73 m}^2$.

Tabel 1. Karakteristik peserta penelitian (n = 30).

Karakteristik	Nilai
Usia, tahun	55,0 (49,0–61,0)
Jenis kelamin perempuan, n (%)	22 (73,3)
Jenis kelamin laki-laki, n (%)	8 (26,7)
Lama menderita diabetes, bulan	39,0 (30,0–60,0)
Patuh terhadap pengobatan diabetes, n (%)	12 (40,0)
Tidak patuh terhadap pengobatan diabetes, n (%)	18 (60,0)
Trigliserida, mg/dL	112,5 (100,5–166,0)
HDL-C, mg/dL	39,0 (32,8–48,5)
AIP	0,11 (0,04–0,23)
Ureum, mg/dL	49,2 (33,0–74,2)
Kreatinin, mg/dL	0,77 (0,68–1,06)
eGFR, mL/menit/1,73 m ²	98,1 (77,1–106,3)
eGFR <60 mL/menit/1,73 m ² , n (%)	6 (20,0)

Nilai disajikan sebagai median dan rentang interkuartil, kecuali dinyatakan lain. AIP dihitung setelah kadar trigliserida dan HDL-C dikonversi ke satuan mmol/L.

Analisis utama menunjukkan korelasi negatif yang kuat antara AIP dan eGFR, dengan nilai Spearman $\rho = -0,717$ dan $p < 0,001$. Interval kepercayaan 95% melalui bootstrap untuk korelasi Spearman adalah -0,825 sampai -0,497, yang menunjukkan asosiasi negatif yang stabil. AIP juga menunjukkan korelasi positif dengan kreatinin, dengan $\rho = 0,679$ dan $p < 0,001$. Korelasi antara AIP dan ureum bersifat positif, tetapi tidak mencapai signifikansi statistik, dengan $\rho = 0,319$ dan $p = 0,086$. AIP tidak berkorelasi signifikan dengan rasio BUN/kreatinin, dengan $\rho = -0,267$ dan $p = 0,153$.

Tabel 2. Korelasi antara AIP dan indikator fungsi ginjal

Pasangan variabel	Spearman's ρ	IK 95%	p-Value
AIP dan eGFR	-0,717	-0,825 sampai -0,497	<0,001
AIP dan kreatinin	0,679	Tidak diestimasi	<0,001
AIP dan ureum	0,319	Tidak diestimasi	0,086
AIP dan rasio BUN/kreatinin	-0,267	Tidak diestimasi	0,153

CI = Confidence Interval. 95% CI diestimasi untuk korelasi utama antara AIP dan eGFR menggunakan resampling bootstrap

Peserta dengan eGFR <60 mL/menit/1,73 m² memiliki median AIP yang lebih tinggi dibandingkan peserta dengan eGFR ≥ 60 mL/menit/1,73 m². Median AIP pada kelompok eGFR lebih rendah adalah 0,27, sedangkan pada kelompok dengan eGFR yang masih terjaga adalah 0,08. Perbedaan ini bermakna secara statistik menurut uji Mann-Whitney U, dengan $U = 124,0$ dan $p = 0,005$.

Pada model regresi linear robust tanpa penyesuaian, setiap peningkatan satu unit AIP berasosiasi dengan penurunan eGFR sebesar 146,71 mL/menit/1,73 m². Asosiasi tersebut tetap signifikan setelah penyesuaian terhadap usia, lama menderita diabetes, dan jenis kelamin. Pada model yang telah disesuaikan, AIP berasosiasi dengan penurunan eGFR sebesar 130,55 mL/menit/1,73 m², dengan interval kepercayaan 95% dari -200,93 sampai -60,17 dan $p < 0,001$.

Tabel 3. Regresi linear robust untuk eGFR

Model	Prediktor	Koefisien	IK 95%	p-Value
Tanpa penyesuaian	AIP	-146,71	-214,12 sampai -79,30	<0,001
Disesuaikan	AIP	-130,55	-200,93 sampai -60,17	<0,001
Disesuaikan	Usia	-1,13	-2,25 sampai -0,00	0,049
Disesuaikan	Lama menderita diabetes	-0,06	-0,27 sampai 0,15	0,576
Disesuaikan	Jenis kelamin laki-laki	-10,18	-33,78 sampai 13,43	0,398

Koefisien regresi menunjukkan perbedaan eGFR dalam satuan mL/menit/1,73 m². Model yang disesuaikan mencakup AIP, usia, lama menderita diabetes, dan jenis kelamin. Standard error robust HC3 digunakan dalam analisis

PEMBAHASAN

Penelitian ini menemukan korelasi negatif yang kuat antara AIP dan eGFR pada pasien diabetes melitus. Nilai AIP yang lebih tinggi secara konsisten berhubungan dengan fungsi filtrasi ginjal yang lebih rendah. Pola ini tetap signifikan setelah dilakukan penyesuaian terhadap usia, lama menderita diabetes, dan jenis kelamin. Temuan ini mendukung hipotesis utama bahwa indeks aterogenik yang berasal dari parameter lipid berhubungan dengan fungsi ginjal pada diabetes. Temuan ini juga memperkuat argumen praktis bahwa nilai lipid rutin dapat memberikan informasi tambahan ketika diinterpretasikan bersama penanda fungsi ginjal.

Hubungan yang ditemukan dalam penelitian ini sejalan dengan beberapa studi original terbaru yang melaporkan keterkaitan antara AIP dan keterlibatan ginjal pada diabetes. Qi et al. (2022) menemukan bahwa AIP memiliki nilai prediktif terhadap mikroalbuminuria pada pasien yang baru terdiagnosis diabetes melitus tipe 2. Lu et al. (2022) membandingkan beberapa indeks lipid dan melaporkan adanya hubungan bermakna antara indeks yang berasal dari parameter lipid dan penyakit ginjal diabetik. Xu et al. (2022) juga menunjukkan bahwa AIP berhubungan dengan nefropati diabetik dan retinopati diabetik pada orang dewasa dengan diabetes melitus tipe 2. Penelitian ini menambahkan bukti lokal dari Indonesia berbasis pemeriksaan laboratorium dan memusatkan analisis pada eGFR sebagai penanda utama fungsi ginjal.

Arah asosiasi tersebut memiliki dasar biologis yang masuk akal. AIP meningkat ketika kadar trigliserida naik relatif terhadap HDL-C. Pola lipid ini mencerminkan profil metabolik yang lebih aterogenik, yang dapat berkaitan dengan resistensi insulin, disfungsi endotel, dan cedera mikrovaskular ginjal. Fu et al. (2021) menunjukkan bahwa AIP berhubungan dengan kejadian kardiovaskular mayor

yang merugikan pada pasien diabetes melitus tipe 2. Hal ini menunjukkan bahwa AIP menangkap risiko vaskular sistemik, bukan hanya ketidakseimbangan lipid. Pada penyakit ginjal diabetik, cedera vaskular dan metabolik saling berkaitan erat. Oleh karena itu, AIP yang tinggi dapat mengindikasikan lingkungan kardiometabolik yang kurang menguntungkan bagi fungsi filtrasi ginjal.

Temuan penelitian ini juga sejalan dengan studi yang menghubungkan indikator fungsi ginjal dengan kerusakan vaskular pada diabetes. Zhang et al. (2023) melaporkan bahwa indikator fungsi ginjal berhubungan dengan kerusakan vaskular pada pasien diabetes melitus tipe 2, bahkan pada pasien dengan fungsi ginjal yang masih normal. Hal ini penting karena sebagian besar peserta dalam penelitian ini masih memiliki eGFR yang relatif terjaga, tetapi AIP tetap menunjukkan gradien yang kuat terhadap eGFR. Temuan ini mengindikasikan bahwa AIP dapat berguna tidak hanya ketika disfungsi ginjal lanjut telah terjadi, tetapi juga ketika fungsi ginjal masih berada dalam rentang yang relatif baik.

Tidak ditemukannya hubungan yang signifikan secara statistik antara AIP dan ureum perlu diperhatikan secara khusus. Ureum dipengaruhi oleh status hidrasi, asupan protein, metabolisme hati, dan keadaan katabolik. Karena itu, ureum dapat berfluktuasi lebih besar dibandingkan eGFR dan kreatinin, terutama pada sampel potong lintang berukuran kecil. Sebaliknya, eGFR secara langsung mengestimasi filtrasi ginjal dan dapat lebih merepresentasikan status fungsional ginjal. Korelasi positif antara AIP dan kreatinin sesuai dengan perkiraan karena kreatinin menjadi komponen dalam estimasi eGFR. Namun, kreatinin tidak sebaiknya ditafsirkan sebagai konfirmasi independen terhadap hubungan AIP dan eGFR. Interpretasi yang lebih kuat berasal dari asosiasi konsisten antara AIP dan eGFR, serta dari nilai AIP yang lebih tinggi pada peserta dengan eGFR <60 mL/menit/1,73 m².

Bukti terbaru semakin mendukung relevansi AIP pada populasi diabetes dan gangguan ginjal. Zhang et al. (2025) melaporkan bahwa AIP berhubungan dengan komplikasi diabetes melitus tipe 2, termasuk komplikasi ginjal. Cui et al. (2025) menemukan adanya asosiasi antara AIP dan penyakit ginjal kronis pada populasi dewasa Amerika dengan diabetes melitus. Dalam konteks penyakit ginjal yang berbeda, Xu et al. (2026) menemukan bahwa AIP yang lebih tinggi berhubungan dengan eGFR yang lebih rendah pada nefropati IgA. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa hubungan AIP dan eGFR mungkin tidak terbatas pada satu populasi atau satu fenotipe ginjal tertentu, meskipun besarnya asosiasi dapat berbeda antar desain penelitian dan definisi luaran.

AIP perlu ditafsirkan sebagai penanda risiko, bukan sebagai faktor penyebab langsung. Mo dan Pan (2026) melaporkan bahwa AIP berhubungan dengan prognosis buruk pada pasien diabetes dengan cedera ginjal akut, tetapi kekuatan asosiasi terhadap pemulihan ginjal berubah ketika competing risk diperhitungkan. Hal ini mendukung interpretasi yang hati-hati. AIP dapat membantu mengidentifikasi pasien dengan risiko lebih tinggi, tetapi tidak membuktikan bahwa modifikasi AIP saja akan memperbaiki fungsi ginjal. Studi intervensi dan kohort prospektif diperlukan untuk menguji apakah perubahan AIP dapat memprediksi penurunan fungsi ginjal berikutnya atau respons terhadap terapi.

Penelitian ini memiliki beberapa kekuatan. Penelitian ini menggunakan perhitungan AIP terstandarisasi, yaitu nilai lipid dikonversi ke mmol/L sebelum dilakukan transformasi logaritmik. Analisis juga menggunakan korelasi non-parametrik karena variabel ginjal tidak berdistribusi normal.

Analisis sensitivitas dengan regresi ditambahkan untuk menguji apakah hubungan AIP dan eGFR tetap bertahan setelah penyesuaian terhadap kovariat klinis dasar. Penelitian ini juga memiliki persetujuan etik yang jelas dan menggunakan variabel laboratorium yang tersedia secara rutin, sehingga meningkatkan relevansi praktisnya dalam konteks laboratorium medis.

Beberapa keterbatasan perlu diakui. Ukuran sampel penelitian ini kecil, dan desain potong lintang tidak memungkinkan penarikan kesimpulan kausal. Penelitian ini juga tidak mencakup urinary albumin-to-creatinine ratio, HbA1c, tekanan darah, indeks massa tubuh, kelas obat, status merokok, atau data diet. Variabel-variabel tersebut dapat mempengaruhi status lipid dan fungsi ginjal. eGFR dihitung dari kreatinin, sedangkan kreatinin dipengaruhi oleh massa otot dan faktor individual lainnya. Data kepatuhan minum obat tersedia, tetapi belum cukup untuk menjelaskan hubungan antara AIP dan eGFR. Dengan keterbatasan tersebut, temuan ini perlu ditafsirkan sebagai bukti lokal awal yang memerlukan konfirmasi melalui studi multisenter dengan ukuran sampel yang lebih besar.

Implikasi klinis penelitian ini cukup jelas. AIP dapat dihitung dari hasil pemeriksaan trigliserida dan HDL-C rutin, sehingga tidak memerlukan biaya laboratorium tambahan apabila pemeriksaan profil lipid sudah dilakukan. Pada pasien diabetes melitus, AIP yang lebih tinggi dapat mendorong evaluasi yang lebih cermat terhadap fungsi ginjal, tata laksana lipid, dan risiko kardiometabolik. Namun, AIP sebaiknya digunakan sebagai pelengkap, bukan pengganti, evaluasi ginjal standar menggunakan eGFR dan pemeriksaan albumin urin.

KESIMPULAN

Penelitian ini menemukan asosiasi negatif yang kuat antara AIP dan eGFR pada pasien diabetes melitus. Nilai AIP yang lebih tinggi berhubungan dengan fungsi ginjal yang lebih rendah, dan asosiasi ini tetap signifikan setelah dilakukan penyesuaian terhadap usia, lama menderita diabetes, dan jenis kelamin. AIP juga berhubungan positif dengan kreatinin, sedangkan hubungannya dengan ureum tidak bermakna secara statistik. Temuan ini menunjukkan bahwa AIP dapat berperan sebagai penanda praktis berbasis lipid yang mencerminkan status fungsi ginjal pada pasien diabetes. Penelitian selanjutnya perlu menggunakan ukuran sampel yang lebih besar, rekrutmen multisenter, dan desain prospektif untuk memastikan apakah AIP dapat memprediksi penurunan fungsi ginjal dari waktu ke waktu. Penelitian lanjutan juga perlu memasukkan variabel HbA1c, tekanan darah, indeks massa tubuh, terapi diabetes, terapi penurunan lipid, rasio albumin-kreatinin urin, dan penanda inflamasi. Dalam praktik laboratorium klinik, AIP dapat dilaporkan atau diinterpretasikan bersama eGFR dan penanda biokimia ginjal sebagai indikator pendukung untuk penilaian risiko kardiometabolik dan renal pada pasien diabetes melitus.

DAFTAR PUSTAKA

Aregawi, K., Kabew Mekonnen, G., Belete, R., & Kucha, W. (2024). Prevalence of chronic kidney disease and associated factors among adult diabetic patients: A hospital-based cross-sectional study. *Frontiers in Epidemiology*, 4, 1467911. <https://doi.org/10.3389/fepid.2024.1467911>

- Cui, M., Xiao, X., Zhao, X., Wang, Y., Gang, X., Wang, G., et al. (2025). Association between the atherogenic index of plasma and chronic kidney disease: An evaluation of an adult population of American patients with diabetes mellitus. *Renal Failure*, 47(1), 2556495. <https://doi.org/10.1080/0886022X.2025.2556495>
- Fu, L., Zhou, Y., Sun, J., Zhu, Z., Xing, Z., Zhou, S., Wang, Y., & Tai, S. (2021). Atherogenic index of plasma is associated with major adverse cardiovascular events in patients with type 2 diabetes mellitus. *Cardiovascular Diabetology*, 20, 201. <https://doi.org/10.1186/s12933-021-01393-5>
- Inker, L. A., Eneanya, N. D., Coresh, J., Tighiouart, H., Wang, D., Sang, Y., et al. (2021). New creatinine- and cystatin C-based equations to estimate GFR without race. *New England Journal of Medicine*, 385(19), 1737-1749. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2102953>
- Islam, S. M. S., Salehin, M., Zaman, S. B., Tansi, T., Gupta, R. D., Barua, L., Banik, P. C., & Uddin, R. (2021). Factors associated with chronic kidney disease in patients with type 2 diabetes in Bangladesh. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(23), 12277. <https://doi.org/10.3390/ijerph182312277>
- Joshi, R., Subedi, P., Yadav, G. K., Khadka, S., Rijal, T., Amgain, K., et al. (2023). Prevalence and risk factors of chronic kidney disease among patients with type 2 diabetes mellitus at a tertiary care hospital in Nepal: A cross-sectional study. *BMJ Open*, 13(2), e067238. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2022-067238>
- Li, H., Miao, X., Zhong, J., & Zhu, Z. (2024). Atherogenic index of plasma as an early marker of chronic kidney disease and liver injury in type 2 diabetes. *Clinical Medicine Insights: Endocrinology and Diabetes*, 17, 11795514241259741. <https://doi.org/10.1177/11795514241259741>
- Lu, C.-F., Liu, W.-S., Chen, Z.-H., Hua, L.-Y., Wang, X.-Q., & Huang, H.-Y. (2022). Comparisons of the relationships between multiple lipid indices and diabetic kidney disease in patients with type 2 diabetes: A cross-sectional study. *Frontiers in Endocrinology*, 13, 888599. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.888599>
- Mo, M., & Pan, L. (2026). Atherogenic index of plasma is associated with poor prognosis in diabetic patients with acute kidney injury. *Frontiers in Endocrinology*, 17, 1796454. <https://doi.org/10.3389/fendo.2026.1796454>
- Muhtar, Aniharyati, Julhana, Fadlurrahmi, Zainaro, M. A., & Martiningsih. (2026). Calgary family intervention model enhances dietary compliance and knowledge in T2DM patient. *International Journal of Public Health Science (IJPHS)*, 15(1), 150–159. <https://doi.org/10.11591/ijphs.v15i1.26901>
- Qi, L., Kang, N., Chen, X., Li, Z., Deng, C., & Chen, S. (2022). Predictive value of plasma atherogenic index for microalbuminuria in newly diagnosed patients with type 2 diabetes mellitus. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, 15, 1245-1252. <https://doi.org/10.2147/DMSO.S359811>
- Xu, J., Zhou, H., & Xiang, G. (2022). Association of atherogenic index of plasma with retinopathy and nephropathy in adult patients with type 2 diabetes mellitus aged >18 years. *Canadian Journal of Diabetes*, 46(7), 708-714. <https://doi.org/10.1016/j.jcjd.2022.04.008>
- Xu, R., Qureshi, A. R., Suliman, M. E., Zhu, N., Xu, H., Chen, Y., Zhong, A., Wan, Q., & Lindholm, B. (2026). Atherogenic index of plasma and lower estimated glomerular filtration rate in IgA nephropathy. *Lipids in Health and Disease*, 25, 69. <https://doi.org/10.1186/s12944-026-02896-4>

- Yan, H., Zhou, Q., Wang, Y., Tu, Y., Zhao, Y., Yu, J., Chen, K., Hu, Y., Zhou, Q., Zhang, W., et al. (2024). Associations between cardiometabolic indices and the risk of diabetic kidney disease in patients with type 2 diabetes. *Cardiovascular Diabetology*, 23, 142. <https://doi.org/10.1186/s12933-024-02228-9>
- Zhang, J., Liu, C., Peng, Y., Fang, Q., Wei, X., Zhang, C., Sun, L., Hu, Z., Hong, J., Gu, W., Wang, W., Shi, J., & Zhang, Y. (2024). Impact of baseline and trajectory of the atherogenic index of plasma on incident diabetic kidney disease and retinopathy in participants with type 2 diabetes: A longitudinal cohort study. *Lipids in Health and Disease*, 23, 11. <https://doi.org/10.1186/s12944-024-02003-5>
- Zhang, Y.-Y., Gui, J., Chen, B.-X., & Wan, Q. (2023). Correlation of renal function indicators and vascular damage in T2DM patients with normal renal function. *Frontiers in Endocrinology*, 14, 1292397. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1292397>
- Zhang, Y.-Y., Yang, X.-Y., & Wan, Q. (2025). Association between atherogenic index of plasma and type 2 diabetic complications: A cross-sectional study. *Frontiers in Endocrinology*, 16, 1537303. <https://doi.org/10.3389/fendo.2025.1537303>
- Zhu, L., Lv, T., Song, S., Tan, Y., She, Y., Zhou, X., Yu, J., & Yan, Q. (2025). Association of atherogenic index of plasma with kidney dysfunction in diabetic individuals: Findings from two national population-based studies. *BMC Endocrine Disorders*, 25, 105. <https://doi.org/10.1186/s12902-025-01925-0>