



Perbandingan *Atherogenic Index of Plasma* dan Profil Lipid Pada Diabetes Melitus Tipe 2 dan Non-Diabetes

Endang Susilowati^{1*}, Erna Susanti²

¹Program Studi D3 Farmasi, Poltekkes Putra Indonesia Malang, Malang 65123, Jawa Timur, Indonesia

²Program Studi D3 Anafarma, Poltekkes Putra Indonesia Malang, Malang 65123, Jawa Timur, Indonesia

^{*}Koresponden Penulis : endang@poltekkespim.ac.id

Abstrak

Dislipidemia aterogenik sering disertai dengan diabetes melitus tipe 2 (DMT2). *Atherogenic Index of Plasma* (AIP), yang dihitung dari logaritma rasio trigliserida terhadap HDL-kolesterol, dinilai mampu menggambarkan risiko aterosklerosis secara lebih komprehensif dibandingkan parameter lipid konvensional. Penelitian ini bertujuan menganalisis perbedaan profil lipid dan nilai AIP antara pasien DMT2 dan kelompok non-diabetes pada populasi umum di Kota Malang. Penelitian menggunakan desain observasional analitik dengan pendekatan cross-sectional yang melibatkan 77 subjek, terdiri atas 30 pasien DMT2 dan 47 subjek non-diabetes. Variabel yang dianalisis meliputi kadar kolesterol total, LDL-kolesterol, HDL-kolesterol, trigliserida, dan AIP yang dihitung menggunakan rumus $\log_{10}(TG/HDL)$. Analisis data dilakukan menggunakan uji Independent t-test dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelompok DMT2 memiliki kadar kolesterol total ($208,40 \pm 43,78$ vs $187,98 \pm 40,81$ mg/dL; $p = 0,045$), LDL-kolesterol ($127,14 \pm 32,35$ vs $105,09 \pm 29,02$ mg/dL; $p = 0,004$), trigliserida ($226,30 \pm 138,60$ vs $124,30 \pm 59,47$ mg/dL; $p < 0,001$), dan AIP ($0,73 \pm 0,27$ vs $0,44 \pm 0,22$; $p < 0,001$) yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kelompok non-diabetes. Kadar HDL-kolesterol pada kelompok DMT2 lebih rendah ($37,81 \pm 8,95$ vs $42,05 \pm 9,89$ mg/dL), namun perbedaannya tidak signifikan ($p = 0,056$). Temuan ini menunjukkan bahwa pasien DMT2 memiliki profil lipid yang lebih aterogenik dan nilai AIP yang lebih tinggi dibandingkan kelompok non-diabetes. Hasil penelitian ini menunjukkan perlunya penelitian lebih lanjut untuk mengevaluasi potensi AIP sebagai parameter tambahan dalam menilai risiko aterosklerosis dan penyakit kardiovaskular pada pasien DMT2.

Kata kunci: *Atherogenic Index of Plasma*, diabetes melitus tipe 2, profil lipid, risiko kardiovaskular.

Abstract

Atherogenic dyslipidemia is a common metabolic abnormality associated with type 2 diabetes mellitus (T2DM). The Atherogenic Index of Plasma (AIP), calculated as the logarithm of the triglyceride-to-high-density lipoprotein cholesterol (TG/HDL-C) ratio, has been proposed as a more comprehensive indicator of atherosclerotic risk than conventional lipid parameters. This study aimed to compare lipid profiles and AIP values between patients with T2DM and non-diabetic individuals in the general population of Malang City, Indonesia. This analytical observational study employed a cross-sectional design involving 77 participants, including 30 patients with T2DM and 47 non-diabetic individuals. The analyzed variables included serum total cholesterol, low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), triglycerides (TG), and AIP, which was calculated using the formula $\log_{10}(TG/HDL-C)$. Comparisons between groups were performed using the independent-samples t-test, with statistical significance defined as $p < 0.05$. Patients with T2DM had significantly higher levels of total cholesterol (208.40 ± 43.78 vs. 187.98 ± 40.81 mg/dL; $p = 0.045$), LDL-C (127.14 ± 32.35 vs. 105.09 ± 29.02 mg/dL; $p = 0.004$), triglycerides (226.30 ± 138.60 vs. 124.30 ± 59.47 mg/dL; $p < 0.001$), and AIP (0.73 ± 0.27 vs. 0.44 ± 0.22 ; $p < 0.001$) than non-diabetic individuals. Although HDL-C levels were lower in the T2DM group (37.81 ± 8.95 vs. 42.05 ± 9.89 mg/dL), the difference was not statistically significant ($p = 0.056$). Patients with T2DM exhibited a more atherogenic lipid profile and significantly higher AIP values than non-diabetic individuals. These findings highlight the need for further research to evaluate the potential role of AIP as an additional parameter for assessing atherosclerotic and cardiovascular risk in patients with T2DM.

Keywords: *Atherogenic Index of Plasma*, cardiovascular risk, lipid profile, type 2 diabetes mellitus.

Histori Artikel

Submit : 24 Juli 2026

Direvisi : 28 Juli 2026

Diterima : 11 Agustus 2026

DOI : 10.33474/e-jbst.v12i1.661

Sitasi : E. Susilowati, E. Susanti. Perbandingan *Atherogenic Index of Plasma* dan Profil Lipid Pada Diabetes Melitus Tipe 2 dan Non-Diabetes. *Jurnal Ilmiah Biosaintropis (Bioscience-Tropic)*, vol. 12, no. 1, pp. 91–99, Aug. 2026.
<https://doi.org/10.33474/e-jbst.v12i1.661>



Pendahuluan

Diabetes melitus tipe 2 (DMT2) merupakan penyakit metabolik kronis yang hingga saat ini masih menjadi tantangan utama dalam bidang kesehatan global. Menurut *International Diabetes Federation* (IDF), sekitar 537 juta orang dewasa hidup dengan diabetes pada tahun 2021. Jumlah tersebut diproyeksikan terus meningkat menjadi 643 juta pada tahun 2030 dan mencapai 783 juta pada tahun 2045 [1]. Peningkatan prevalensi tersebut menunjukkan bahwa diabetes tidak hanya menjadi masalah klinis, tetapi juga memberikan beban yang semakin besar terhadap sistem kesehatan di berbagai negara. Selain ditandai oleh gangguan metabolisme glukosa, DMT2 berhubungan dengan berkembangnya berbagai komplikasi, baik mikrovaskular maupun makrovaskular, yang berkontribusi terhadap meningkatnya angka morbiditas dan mortalitas. Di antara berbagai komplikasi tersebut, penyakit kardiovaskular merupakan penyebab utama kematian pada pasien diabetes. Berbagai penelitian melaporkan bahwa individu dengan DMT2 memiliki risiko mengalami kejadian kardiovaskular sekitar dua hingga tiga kali lebih tinggi dibandingkan individu tanpa diabetes [2].

Dislipidemia aterogenik merupakan salah satu mekanisme utama yang berkontribusi terhadap meningkatnya risiko penyakit kardiovaskular pada pasien diabetes melitus tipe 2 (DMT2). Karakteristik kelainan lipid ini meliputi peningkatan kadar trigliserida, penurunan kadar *high-density lipoprotein cholesterol* (HDL-C), serta dominasi partikel *low-density lipoprotein cholesterol* (LDL-C) berukuran kecil dan padat (small dense LDL). Perubahan profil lipid tersebut berkontribusi terhadap percepatan proses aterosklerosis melalui peningkatan stres oksidatif, terjadinya disfungsi endotel, dan pembentukan plak ateroma pada dinding pembuluh darah [3]. Mekanisme tersebut berkaitan dengan resistensi insulin yang meningkatkan proses lipolisis pada jaringan adiposa. Peningkatan lipolisis menyebabkan aliran asam lemak bebas menuju hati meningkat. Kondisi tersebut selanjutnya merangsang sintesis trigliserida dan *very low-density lipoprotein* (VLDL), yang pada akhirnya menyebabkan hipertrigliseridemia, peningkatan partikel LDL yang lebih aterogenik, serta penurunan kadar HDL [4].

Di Indonesia, kondisi tersebut juga menjadi perhatian karena diabetes merupakan salah satu penyakit tidak menular yang memiliki beban kesehatan tinggi dan prevalensinya cenderung terus meningkat pada populasi dewasa. Data Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023 menunjukkan bahwa prevalensi diabetes melitus pada penduduk usia ≥ 15 tahun meningkat menjadi 11,7% melalui pemeriksaan kadar gula darah. Tingginya prevalensi tersebut menunjukkan pentingnya deteksi dini faktor risiko kardiometabolik pada pasien diabetes melitus tipe 2 [5]. Sejalan dengan laporan *International Diabetes Federation* (IDF) [6], Indonesia menempati peringkat kelima di dunia dalam jumlah penyandang diabetes pada tahun 2021. Tingginya prevalensi diabetes melitus dan risiko kardiovaskular yang menyertainya menunjukkan pentingnya penilaian profil lipid dan parameter aterogenik pada pasien DMT2. Salah satu parameter tersebut adalah *Atherogenic Index of Plasma* (AIP), yang dihitung berdasarkan rasio trigliserida terhadap HDL-kolesterol.

Hingga saat ini, pemeriksaan profil lipid konvensional yang mencakup kadar kolesterol total, LDL-C, HDL-C, dan trigliserida masih menjadi pendekatan yang paling umum digunakan untuk mengevaluasi risiko penyakit kardiovaskular. Namun, setiap parameter tersebut hanya merepresentasikan aspek tertentu dari metabolisme lipid sehingga belum mampu menggambarkan secara menyeluruh kompleksitas proses aterogenesis, khususnya pada pasien DMT2. Keterbatasan tersebut mendorong pengembangan berbagai indeks aterogenik yang diharapkan dapat memberikan estimasi risiko kardiovaskular secara lebih komprehensif. Saat ini, AIP menjadi salah satu indeks yang menarik banyak perhatian. Indeks tersebut mengukur nilai logaritma dari rasio kadar trigliserida terhadap HDL-C. Indeks ini dianggap mampu mencerminkan keseimbangan antara komponen lipid yang bersifat aterogenik dan mekanisme protektif yang dimediasi oleh HDL, sehingga dinilai memiliki potensi sebagai indikator yang lebih representatif dalam menilai risiko aterosklerosis dibandingkan parameter lipid tunggal [6] [7].

Sejumlah penelitian telah menunjukkan bahwa AIP memiliki hubungan yang erat dengan peningkatan risiko penyakit kardiovaskular. Fu et al. melaporkan bahwa peningkatan nilai AIP berhubungan dengan peningkatan risiko *Major Adverse Cardiovascular Events* (MACEs), termasuk infark miokard nonfatal, stroke nonfatal, dan kematian akibat penyakit kardiovaskular. Hubungan tersebut tetap signifikan setelah dilakukan kontrol terhadap berbagai faktor perancu [7]. Sejalan dengan



temuan tersebut, Kim et al. menunjukkan bahwa risiko MACEs meningkat secara bertahap seiring dengan peningkatan nilai AIP, dengan hubungan yang lebih kuat ditemukan pada pasien diabetes [8]. Temuan ini menunjukkan potensi AIP sebagai parameter tambahan dalam menilai risiko kardiovaskular pada pasien diabetes melitus. Publikasi mengenai AIP pada populasi Indonesia masih terbatas. Betaubun dan Pakasi melaporkan bahwa pasien DMT2 di RSUP Dr. Wahidin Sudirohusodo Makassar memiliki nilai AIP dalam kategori risiko sedang hingga tinggi [9]. Selain itu, Oktarina et al. menunjukkan bahwa nilai AIP lebih tinggi pada pasien DMT2 dengan komplikasi penyakit arteri koroner dibandingkan dengan pasien DMT2 tanpa penyakit arteri koroner [10]. Se jauh ini, penelitian yang tersedia cenderung berfokus pada nilai AIP pada pasien DMT2 serta kaitannya dengan kondisi metabolik dan komplikasi kardiovaskular. Sementara itu penelitian yang membandingkan profil lipid konvensional dan nilai AIP antara pasien DMT2 dan individu tanpa diabetes masih terbatas. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya penelitian yang membandingkan profil lipid dan nilai AIP antara pasien DMT2 dan individu tanpa diabetes. Perbandingan ini penting karena DMT2 umumnya disertai *diabetic dyslipidemia*, yang ditandai oleh peningkatan kadar trigliserida (TG), penurunan HDL-kolesterol (HDL-C), serta peningkatan proporsi partikel LDL berukuran kecil dan padat (*small dense LDL/sdLDL*) yang lebih aterogenik. [11]. AIP dihitung berdasarkan logaritma rasio kadar TG terhadap HDL-C dan mencerminkan karakteristik profil lipid aterogenik yang berkaitan dengan ukuran partikel LDL serta resistensi insulin pada pasien diabetes [12]. Hal tersebut menunjukkan pentingnya mengevaluasi profil lipid konvensional dan nilai AIP secara bersamaan untuk melihat perbedaan karakteristik lipid aterogenik antara pasien DMT2 dan individu tanpa diabetes. Kebaruan penelitian ini terletak pada analisis komparatif profil lipid konvensional dan AIP pada pasien DMT2 dan individu tanpa diabetes dalam populasi dewasa di Kota Malang, untuk melengkapi penelitian sebelumnya yang lebih banyak mengkaji hubungan AIP dengan kondisi metabolik dan komplikasi kardiovaskular [11-13]

Berdasarkan kesenjangan penelitian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perbedaan profil lipid konvensional dan nilai AIP antara pasien DMT2 dan individu tanpa diabetes pada populasi dewasa di Kota Malang. Hasil penelitian diharapkan dapat memperluas bukti ilmiah mengenai karakteristik lipid aterogenik pada populasi Indonesia dan menjadi landasan bagi penelitian selanjutnya dalam mengevaluasi potensi pemanfaatan AIP sebagai parameter tambahan dalam penilaian risiko kardiometabolik pada pasien DMT2.

Metode Penelitian

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kota Malang pada periode April–Juni 2025. Data yang dianalisis merupakan data sekunder yang diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium subjek penelitian.

Rancangan Penelitian dan Pengambilan Sampel

Penelitian ini menggunakan desain observasional analitik dengan pendekatan *cross-sectional*. Desain ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk membandingkan profil lipid dan nilai AIP antara kelompok pasien DMT2 dan kelompok non-diabetes pada satu periode pengamatan tanpa melakukan intervensi terhadap subjek penelitian. Kelompok DMT2 terdiri atas responden yang telah didiagnosis DMT2 oleh dokter, sedangkan kelompok non-diabetes adalah responden yang tidak memiliki riwayat diagnosis DMT2 dan memiliki kadar glukosa darah puasa <126 mg/dL sesuai kriteria American Diabetes Association [15]

Data yang dianalisis merupakan data sekunder yang berasal dari hasil pemeriksaan di Laboratorium Klinik Ciliwung Kota Malang. Data penelitian diperoleh dari rekapitulasi hasil pemeriksaan laboratorium subjek yang memenuhi kriteria penelitian selama periode April hingga Juni 2025..

Sampel penelitian terdiri atas 77 subjek, yang meliputi 30 pasien DMT2 dan 47 subjek non-diabetes. Kriteria inklusi dalam penelitian ini meliputi (a) pasien DMT2 dan subjek non-diabetes yang memiliki data profil lipid lengkap, mencakup kadar kolesterol total, low-density lipoprotein kolesterol (LDL-C), high-density lipoprotein kolesterol (HDL-C), dan trigliserida, (b) subjek penelitian terdiri atas laki-laki maupun perempuan dengan rentang usia 20–70 tahun. Kriteria eksklusi meliputi subjek yang memiliki data profil lipid tidak lengkap, atau data laboratorium yang tidak dapat dianalisis.



Pengambilan sampel dilakukan menggunakan teknik *consecutive sampling*, yaitu seluruh subjek yang memenuhi kriteria inklusi direkrut secara berurutan hingga jumlah sampel yang dibutuhkan terpenuhi. Teknik ini dipilih karena sesuai untuk penelitian berbasis data sekunder dan memungkinkan seluruh subjek yang memenuhi kriteria selama periode penelitian untuk diikutsertakan.

Variabel independen dalam penelitian ini adalah status diabetes melitus tipe 2 yang dikelompokkan menjadi pasien DMT2 dan subjek non-diabetes. Variabel dependen meliputi kadar kolesterol total, low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C), high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C), trigliserida, serta nilai AIP

Kondisi diabetes melitus tipe 2 didefinisikan sebagai subjek yang telah didiagnosis DMT2 dan dibuktikan melalui penggunaan terapi berdasarkan resep dokter. Variabel ini berskala nominal dan diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu DMT2 dan non-diabetes. Kadar kolesterol total, LDL-C, HDL-C, dan trigliserida diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium serta dinyatakan dalam satuan mg/dL. Seluruh parameter tersebut dianalisis sebagai variabel numerik kontinu. Nilai Atherogenic Index of Plasma (AIP) dihitung menggunakan rumus $AIP = \log_{10}(TG/HDL-C)$, dengan kadar trigliserida (TG) dan HDL-C dinyatakan dalam satuan mg/dL. Nilai AIP dianalisis sebagai variabel numerik kontinu dan selanjutnya diklasifikasikan menjadi kategori risiko rendah ($<0,11$), risiko sedang ($0,11-0,21$), dan risiko tinggi ($>0,21$).

Cara Kerja Penelitian

Prosedur pengumpulan data sebagai berikut.

- **Persiapan Data**
Peneliti mengumpulkan data laboratorium dan rekap data BMI subjek yang memenuhi kriteria inklusi. Selanjutnya dilakukan proses seleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan.
- **Pengelompokan Subjek**
Subjek penelitian dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu kelompok DMT2 dan kelompok Non-Diabetes. Penetapan kelompok DMT2 dilakukan berdasarkan diagnosis dokter yang tercatat dalam hasil laboratorium dan penggunaan terapi antidiabetes.
- **Pengumpulan Data Profil Lipid**
Data kadar kolesterol total, LDL-C, HDL-C, dan trigliserida dicatat dari hasil pemeriksaan laboratorium masing-masing subjek. Seluruh data dinyatakan dalam satuan mg/dL.
- **Perhitungan Nilai Atherogenic Index of Plasma (AIP)**
Nilai AIP dihitung menggunakan rumus: $AIP = \log_{10}(TG/HDL-C)$. Nilai AIP dianalisis sebagai variabel numerik kontinu dan selanjutnya diklasifikasikan menjadi kategori risiko rendah ($<0,11$), risiko sedang ($0,11-0,21$), dan risiko tinggi ($>0,21$).
- **Persetujuan Etik** diperoleh dari Komite Etik Penelitian Kesehatan (KEPK) KEPK-FKUMM telah menyetujui penelitian ini dengan nomor E.5.a/206/KEPKUMM/IX/2025.

Analisis Data

Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan karakteristik subjek penelitian yang disajikan dalam bentuk rerata dan simpangan baku (mean $\pm$ standard deviation). Seluruh analisis statistik dilakukan menggunakan IBM SPSS Statistics versi 26.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Sebelum dilakukan analisis perbedaan, distribusi data terlebih dahulu diuji menggunakan uji Shapiro-Wilk, sedangkan homogenitas varians antar kelompok diuji dengan uji Levene. Perbedaan kadar kolesterol total, LDL-kolesterol, HDL-kolesterol, trigliserida, dan nilai Atherogenic Index of Plasma (AIP) antara kelompok DMT2 dan kelompok non-diabetes dianalisis menggunakan uji Independent t-test. Selanjutnya, untuk mengetahui hubungan status DMT2 dengan nilai AIP setelah memperhitungkan pengaruh usia dan Body Mass Index [BMI]), dilakukan analisis regresi linear multivariat. Pada analisis ini, nilai AIP ditetapkan sebagai variabel dependen, sedangkan status DMT2, usia, dan BMI sebagai variabel independen. Seluruh pengujian statistik dilakukan pada tingkat kemaknaan $p < 0,05$ dengan interval kepercayaan 95%.



Hasil Penelitian

a. Karakteristik Subjek Penelitian

Studi melibatkan 77 subjek, terdiri dari 30 pasien DMT2 dan 47 subjek yang tidak memiliki diabetes. Karakteristik subjek ditunjukkan pada Tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Karakteristik Subjek Penelitian Berdasarkan Status Diabetes

Karakteristik	DMT2 (n = 30)	Non-Diabetes (n = 47)	Total (n = 77)
Usia (tahun), rerata $\pm$ SD	53,27 $\pm$ 14,82	41,17 $\pm$ 16,54	45,88 $\pm$ 16,83
BMI (kg/m ²), rerata $\pm$ SD	27,41 $\pm$ 5,30	26,16 $\pm$ 5,76	26,65 $\pm$ 5,59
Laki-laki, n (%)	9 (30,0)	15 (31,9)	24 (31,2)
Perempuan, n (%)	21 (70,0)	32 (68,1)	53 (68,8)

Sumber: Data penelitian 2025

Hasil analisis menunjukkan bahwa kelompok DMT2 cenderung memiliki usia dan BMI yang lebih tinggi dibandingkan kelompok non-diabetes, dan sebagian besar subjek dalam kedua kelompok berjenis kelamin perempuan. Karakteristik tersebut selanjutnya dievaluasi melalui analisis profil lipid dan nilai AIP.

b. Perbandingan Profil Lipid dan Nilai AIP Berdasarkan Status Diabetes

Untuk mengevaluasi perbedaan karakteristik metabolik antara kelompok DMT2 dan non-diabetes, dilakukan analisis terhadap parameter profil lipid dan nilai AIP. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar parameter lipid berbeda secara signifikan antara kedua kelompok (Tabel 2).

Tabel 2. Perbandingan Profil Lipid dan Nilai AIP antara Kelompok DMT2 dan Non-Diabetes

Variabel	DMT2 (n = 30)	Non-Diabetes (n = 47)	p-value
Kolesterol total (mg/dL)	208,40 $\pm$ 43,78	187,98 $\pm$ 40,81	0,045
LDL-kolesterol (mg/dL)	127,14 $\pm$ 32,35	105,09 $\pm$ 29,02	0,004
HDL-kolesterol (mg/dL)	37,81 $\pm$ 8,95	42,05 $\pm$ 9,89	0,056
Trigliserida (mg/dL)	226,30 $\pm$ 138,60	124,30 $\pm$ 59,47	<0,001
AIP	0,73 $\pm$ 0,27	0,44 $\pm$ 0,22	<0,001

Sumber: Data penelitian 2025

Kelompok DMT2 dan kelompok non-diabetes memiliki perbedaan yang signifikan pada kadar kolesterol total, LDL-kolesterol, trigliserida, dan nilai AIP. Sebaliknya, kelompok DMT2 memiliki kadar HDL-kolesterol yang lebih rendah dibandingkan dengan kelompok non-diabetes, meskipun perbedaan ini tidak signifikan secara statistik ($p=0,056$).

c. Analisis Regresi Linear Multivariat

Untuk mengevaluasi pengaruh faktor perancu, dilakukan analisis regresi linear multivariat dengan nilai AIP sebagai variabel dependen serta status DMT2, usia, dan BMI sebagai variabel independen. Hasil analisis ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Regresi Linier Multivariat Faktor yang Berhubungan dengan AIP

Variabel	B (95% CI)	p-value
DMT2	0,268 (0,151–0,384)	<0,001
Usia	-0,001 (-0,004–0,003)	0,730
BMI	0,016 (0,006–0,025)	0,001

Sumber: Data penelitian 2025

Hasil analisis menunjukkan bahwa setelah dilakukan penyesuaian terhadap usia dan BMI, status DMT2 tetap berhubungan secara independen dengan peningkatan nilai AIP ($B = 0,268$; 95% CI: 0,151–0,384; $p < 0,001$). Selain itu, BMI juga berhubungan secara independen dengan peningkatan nilai AIP ($B =$



0,016; 95% CI: 0,006–0,025; p-value= 0,001), sedangkan usia tidak menunjukkan hubungan yang bermakna (p-value = 0,730).

Pembahasan

Pada penelitian ini, kelompok DMT2 memiliki rerata usia dan BMI yang lebih tinggi dibandingkan kelompok non-diabetes. Temuan tersebut sesuai dengan karakteristik faktor risiko DMT2, karena peningkatan usia dan adipositas berhubungan dengan peningkatan risiko diabetes melitus tipe 2 [16]. Perbedaan usia dan BMI antara kedua kelompok tidak dapat langsung diartikan sebagai penyebab perbedaan AIP karena penelitian ini menggunakan desain *cross-sectional*. Oleh karena itu, kedua variabel tersebut perlu diperhitungkan dalam analisis. Hasil analisis multivariat menunjukkan bahwa BMI tetap berhubungan secara bermakna dengan AIP, sedangkan usia tidak menunjukkan hubungan yang bermakna setelah dikontrol terhadap status DMT2 dan BMI.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelompok DMT2 memiliki kadar kolesterol total dan LDL-C yang lebih tinggi dibandingkan kelompok non-diabetes. Temuan ini menunjukkan bahwa DMT2 berkaitan dengan perubahan metabolisme lipid yang menjadi salah satu karakteristik *diabetic dyslipidemia*. Kondisi ini umumnya ditandai oleh peningkatan trigliserida, penurunan HDL-C, serta peningkatan proporsi partikel LDL berukuran kecil dan padat (small dense LDL/sdLDL) yang lebih aterogenik [17], [18]. Resistensi insulin berperan dalam proses tersebut melalui peningkatan aliran asam lemak bebas ke hati dan produksi lipoprotein kaya trigliserida, yang selanjutnya memengaruhi metabolisme LDL dan HDL [20]. Pada penelitian ini, kadar HDL-C pada kelompok DMT2 cenderung lebih rendah dibandingkan kelompok non-diabetes, tetapi perbedaannya belum menunjukkan signifikansi secara statistik. Temuan tersebut masih sesuai dengan karakteristik *diabetic dyslipidemia*, meskipun perubahan kadar HDL-C tidak selalu ditemukan secara konsisten pada setiap populasi. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh jumlah sampel yang relatif kecil, variasi biologis kadar HDL antarsubjek, serta kemungkinan adanya penggunaan terapi penurun lipid pada sebagian pasien DMT2, yang tidak dianalisis dalam penelitian ini.

Dalam penelitian ini perbedaan paling menonjol pada profil lipid ditemukan pada kadar trigliserida (TG), yang lebih tinggi pada kelompok DMT2 dibandingkan kelompok non-diabetes. Peningkatan TG merupakan karakteristik utama *diabetic dyslipidemia* dan berkaitan dengan resistensi insulin. Resistensi insulin meningkatkan pelepasan asam lemak bebas dari jaringan adiposa, serta produksi lipoprotein yang mengandung trigliserida dalam jumlah tinggi di hati, sehingga menyebabkan peningkatan kadar TG dalam sirkulasi [19], [20]. Kondisi hipertrigliseridemia tersebut juga dapat mendorong perubahan komposisi LDL dan HDL melalui pertukaran lipid antarlipoprotein, sehingga memperkuat karakteristik profil lipid aterogenik [19]. Karena TG merupakan salah satu komponen dalam perhitungan AIP, peningkatan kadar TG pada kelompok DMT2 turut berkontribusi terhadap lebih tingginya nilai AIP pada kelompok tersebut.

Temuan utama penelitian ini menunjukkan bahwa nilai AIP pada kelompok DMT2 lebih tinggi dibandingkan kelompok non-diabetes. Perbedaan tersebut berkaitan dengan profil lipid yang ditunjukkan pada kelompok DMT2, terutama peningkatan kadar TG dan kecenderungan penurunan HDL-C. Karena AIP dihitung berdasarkan logaritma rasio TG terhadap HDL-C, peningkatan TG dan rendahnya HDL-C akan menghasilkan nilai AIP yang lebih tinggi [21]. Hasil penelitian ini sejalan dengan Yin et al. yang menunjukkan bahwa peningkatan AIP berhubungan dengan resistensi insulin dan DMT2 setelah memperhitungkan berbagai faktor perancu, termasuk BMI dan lingkaran pinggang [22]. Karimpour Reyhan et al. juga melaporkan bahwa AIP memiliki hubungan yang kuat dengan overweight dan obesitas pada pasien DMT2 [23]. Temuan tersebut mendukung hasil penelitian ini bahwa nilai AIP berkaitan dengan kondisi metabolik yang menyertai DMT2.

Analisis multivariat menunjukkan bahwa status DMT2 tetap berhubungan secara independen dengan peningkatan nilai AIP setelah dilakukan kontrol terhadap variabel usia dan BMI ($B = 0,268$; 95% CI: 0,151–0,384; $p < 0,001$). Temuan ini mengindikasikan bahwa variasi nilai AIP antara kelompok DMT2 dan non-diabetes tidak hanya dipicu oleh faktor usia maupun BMI, melainkan erat kaitannya dengan patofisiologi status diabetes melitus tipe 2. Selain status DMT2, BMI juga berhubungan dengan peningkatan nilai AIP setelah dilakukan kontrol terhadap variabel lain ($p = 0,001$), sedangkan usia tidak



menunjukkan hubungan yang bermakna ($p = 0,730$). Data tersebut mengindikasikan bahwa BMI memiliki hubungan yang lebih kuat dengan perubahan profil lipid aterogenik dibandingkan usia. Peningkatan BMI yang disertai dengan peningkatan nilai AIP menunjukkan bahwa status gizi berlebih berkaitan dengan profil lipid yang semakin aterogenik. Temuan ini sejalan dengan penelitian Wang et al. yang menunjukkan adanya korelasi positif antara BMI dan AIP serta nilai AIP yang lebih tinggi pada individu dengan overweight dan obesitas [24].

Bukti mengenai peran AIP sebagai indikator risiko pada pasien DMT2 juga didukung oleh penelitian lain yang mengaitkan indeks ini dengan berbagai komplikasi diabetes. Min et al. [25], melalui meta-analisis yang melibatkan 25.773 pasien DMT2, melaporkan bahwa peningkatan nilai AIP berhubungan secara signifikan dengan meningkatnya risiko nefropati diabetik. Temuan tersebut diperkuat oleh Zhang et al. [14], melaporkan bahwa pasien DMT2 yang mengalami retinopati diabetik memiliki nilai AIP yang lebih tinggi dibandingkan pasien tanpa retinopati. Berbagai temuan tersebut menunjukkan bahwa peningkatan nilai AIP tidak hanya berkaitan dengan risiko penyakit kardiovaskular, tetapi juga berhubungan dengan berkembangnya berbagai komplikasi kronis pada pasien DMT2.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan profil lipid dan nilai AIP antara kelompok DMT2 dan non-diabetes, dengan nilai AIP yang lebih tinggi pada kelompok DMT2. AIP dapat memberikan informasi tambahan mengenai karakteristik profil lipid aterogenik, meskipun masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk menilai kemampuan AIP dalam memprediksi atau mengidentifikasi risiko penyakit kardiovaskular. Dibandingkan dengan penggunaan parameter lipid tunggal, AIP mampu memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai risiko kardiometabolik karena mencerminkan keseimbangan antara komponen lipid yang bersifat aterogenik dan antiaterogenik. Selain berkaitan dengan peningkatan risiko komplikasi makrovaskular, seperti penyakit arteri koroner (*coronary artery disease*) dan *major adverse cardiovascular events* (MACE), berbagai bukti ilmiah juga menunjukkan bahwa peningkatan nilai AIP berhubungan dengan komplikasi mikrovaskular, termasuk retinopati diabetik dan nefropati diabetik. Temuan tersebut menunjukkan bahwa AIP berpotensi digunakan sebagai parameter tambahan dalam penilaian risiko aterogenik pada pasien DMT2.

Kesimpulan

Pasien dengan diabetes melitus tipe 2 (DMT2) memiliki profil lipid yang lebih cenderung menyebabkan aterosklerosis dan nilai AIP yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok yang tidak menderita diabetes. Temuan tersebut mengindikasikan adanya risiko aterosklerosis dan penyakit kardiovaskular yang lebih besar pada pasien DMT2. Hasil penelitian ini mendukung potensi AIP sebagai parameter tambahan yang dapat melengkapi pemeriksaan profil lipid konvensional dalam menilai risiko aterogenik pada pasien DMT2. Dengan demikian, AIP berpeluang untuk dipertimbangkan sebagai bagian dari evaluasi klinis guna mendukung identifikasi dini individu yang berisiko mengalami komplikasi kardiovaskular. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan jumlah sampel yang lebih besar serta desain prospektif agar kemampuan AIP dalam memprediksi kejadian komplikasi makrovaskular maupun mikrovaskular pada pasien DMT2 dapat dievaluasi secara lebih komprehensif.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi, karena telah memberikan dana untuk penelitian kami. Kontrak penelitian No. 501/PLK/PN/2025, yang dikeluarkan pada tahun anggaran 2025, dengan SP DIPA No. 139.04.1.693320/2025, Revisi 04, ditandatangani pada tanggal 30 April 2025.

Daftar Pustaka

- [1] N. Marx et al., "2023 ESC Guidelines for the management of cardiovascular disease in patients with diabetes," *Eur. Heart J.*, vol. 44, no. 39, pp. 4043–4140, 2023, doi: 10.1093/eurheartj/ehad192.
- [2] N. A. Elsayed et al., "8. Obesity and Weight Management for the Prevention and Treatment of Type



- 2 Diabetes: Standards of Care in Diabetes—2023,” *Diabetes Care*, vol. 46, no. January, pp. S128–S139, 2023, doi: 10.2337/dc23-S008.
- [3] B. A. Ference, I. Graham, L. Tokgozoglu, and A. L. Catapano, “Impact of Lipids on Cardiovascular Health: JACC Health Promotion Series,” *J. Am. Coll. Cardiol.*, vol. 72, no. 10, pp. 1141–1156, 2018, doi: 10.1016/j.jacc.2018.06.046.
- [4] S. Kalra and N. Raizada, “Dyslipidemia in diabetes,” *Indian Heart J.*, vol. 76, pp. S80–S82, 2024, doi: 10.1016/j.ihj.2023.11.002.
- [5] M. Dobiášová, “Atherogenic index of plasma [log(triglycerides/HDL-cholesterol)]: Theoretical and practical implications,” *Clin. Chem.*, vol. 50, no. 7, pp. 1113–1115, 2004, doi: 10.1373/clinchem.2004.033175.
- [6] L. M. Andraschko, G. Gazi, D. C. Leucuta, S. L. Popa, B. A. Chis, and A. Ismaiel, “Atherogenic Index of Plasma in Metabolic Syndrome—A Systematic Review and Meta-Analysis,” *Med.*, vol. 61, no. 4, pp. 1–12, 2025, doi: 10.3390/medicina61040611.
- [7] L. Fu *et al.*, “Atherogenic index of plasma is associated with major adverse cardiovascular events in patients with type 2 diabetes mellitus,” *Cardiovasc. Diabetol.*, vol. 20, no. 1, pp. 1–11, 2021, doi: 10.1186/s12933-021-01393-5.
- [8] S. H. Kim *et al.*, “Association of the atherogenic index of plasma with cardiovascular risk beyond the traditional risk factors: a nationwide population-based cohort study,” *Cardiovasc. Diabetol.*, vol. 21, no. 1, pp. 1–11, 2022, doi: 10.1186/s12933-022-01522-8.
- [9] L. Fu, Y. Zhou, J. Sun, Z. Zhu, Z. Xing, S. Zhou, Y. Wang, and S. Tai, “Atherogenic index of plasma is associated with major adverse cardiovascular events in patients with type 2 diabetes mellitus,” *Cardiovascular Diabetology*, vol. 20, art. no. 201, 2021, doi: 10.1186/s12933-021-01393-5.
- [10] N. H. Oktarina, L. B. Kurniawan, and Nurahmi, “An Atherogenic Index of Plasma in Type 2 Diabetes Mellitus with and without Coronary Artery Disease,” *Indones. J. Clin. Pathol. Med. Lab.*, vol. 31, no. 2, pp. 185–190, 2025, doi: 10.24293/ijcpml.v31i2.2280.
- [11] S. Kalra and N. Raizada, “Dyslipidemia in diabetes,” *Indian Heart J.*, vol. 76, no. S1, pp. S80–S82, 2024, doi: 10.1016/j.ihj.2023.11.002.
- [12] M. Dobiášová, “Atherogenic impact of lecithin-cholesterol acyltransferase and its relation to cholesterol esterification rate in HDL (FERHDL) and AIP [log(TG/HDL-C)] biomarkers: The butterfly effect?,” *Physiol. Res.*, vol. 66, no. 2, pp. 193–203, 2017, doi: 10.33549/physiolres.933621.
- [13] R. Assempoor *et al.*, “Atherogenic index of plasma and coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis of observational studies,” *Cardiovasc. Diabetol.*, vol. 24, no. 1, 2025, doi: 10.1186/s12933-025-02582-2.
- [14] Y. Zhang, G. Chen, and Y. Jing, “Correlation between the atherogenic index of plasma and risk of diabetic retinopathy,” *Front. Med.*, vol. 12, no. May, pp. 1–8, 2025, doi: 10.3389/fmed.2025.1565414.
- [15] N. P. S. S. Prabandari, I. A. P. Wirawati, and N. N. Mahartini, “Relationship between Atherogenic Index of Plasma with HbA1c Levels in Type 2 Diabetes Mellitus Patients,” 2021. doi: 10.24293/ijcpml.v28i1.1743.
- [16] L. Ismail, H. Materwala, and J. Al Kaabi, “Association of risk factors with type 2 diabetes: A systematic review,” *Comput. Struct. Biotechnol. J.*, vol. 19, pp. 1759–1785, 2021, doi: 10.1016/j.csbj.2021.03.003.
- [17] S. C. Thambiah and L. C. Lai, “Diabetic dyslipidaemia,” *Pract. Lab. Med.*, vol. 26, no. May, p. e00248, 2021, doi: 10.1016/j.plabm.2021.e00248.
- [18] Y. Y. Zhang, R. Cao, and Q. Wan, “Association between the plasma atherogenic index and type 2 diabetes in Chinese population: prospective cohort study based on 4C study,” *Front. Endocrinol. (Lausanne)*, vol. 16, no. April, pp. 1–9, 2025, doi: 10.3389/fendo.2025.1571602.
- [19] H. Hidaka *et al.*, “Characterization of triglyceride rich lipoproteins with very light density by ultracentrifugation and agarose gel electrophoresis using triglyceride- and cholesterol-staining,” *Ann. Clin. Lab. Sci.*, vol. 33, no. 2, pp. 167–178, 2003.
- [20] Y. Shen *et al.*, “Diabetic dyslipidemia impairs coronary collateral formation: An update,” *Front. Cardiovasc. Med.*, vol. 9, no. August, pp. 1–11, 2022, doi: 10.3389/fcvm.2022.956086.



- [21] J. Wu, Q. Zhou, Z. Wei, J. Wei, and M. Cui, "Atherogenic Index of Plasma and Coronary Artery Disease in the Adult Population: A Meta-Analysis," *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, vol. 8, 817441, 2021, doi: 10.3389/fcvm.2021.817441
- [22] B. Yin, Z. Wu, Y. Xia, S. Xiao, L. Chen, and Y. Li, "Non-linear association of atherogenic index of plasma with insulin resistance and type 2 diabetes: a cross-sectional study," *Cardiovasc. Diabetol.*, vol. 22, no. 1, pp. 1–12, 2023, doi: 10.1186/s12933-023-01886-5.
- [23] S. Karimpour Reyhan *et al.*, "Atherogenic Index of Plasma (AIP): The Most Accurate Indicator of Overweight and Obesity Among Lipid Indices in Type 2 Diabetes—Findings From a Cross-Sectional Study," *Endocrinol. Diabetes Metab.*, vol. 7, no. 6, pp. 1–8, 2024, doi: 10.1002/edm2.70007.
- [24] Z. L. Wang *et al.*, "Strong association between atherogenic index of plasma and obesity in college students," *BMC Endocr. Disord.*, vol. 25, no. 1, 2025, doi: 10.1186/s12902-024-01807-x.