

## Modulasi Usia terhadap Deposisi Lemak Subkutan dan Kaitannya dengan Biomarker Darah pada Perempuan Dewasa

Fadil Hidayat <sup>1\*</sup>, Alexander Halim Santoso <sup>2</sup>, Bryan Anna Wijaya <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departmen Obstetri dan Ginekologi, Fakultas Kedokteran Universitas Tarumanagara, Indonesia

<sup>2</sup> Departmen Gizi, Fakultas Kedokteran Universitas Tarumanagara, Indonesia

<sup>3</sup> Program Studi Profesi Dokter, Fakultas Kedokteran Universitas Tarumanagara, Indonesia

\*Penulis korespondensi : [fadilhidayat@fk.untar.ac.id](mailto:fadilhidayat@fk.untar.ac.id)

**Abstract.** *Introduction: Subcutaneous fat distribution in adult women changes significantly with age, particularly during menopausal transition. This modulation is closely linked to hormonal alterations and may be reflected through blood biomarkers. Methods: A cross-sectional study was conducted to analyze the relationship between age and blood biomarkers (hemoglobin, fasting glucose, HDL, and uric acid) with subcutaneous fat thickness at three body sites (biceps, triceps, and suprailiac) in adult women. Pearson correlation tests were used to assess associations between variables. Results: A significant positive correlation was found between age and biceps fat thickness ( $r = 0.112$ ;  $p = 0.044$ ). Hemoglobin showed a consistent positive correlation with fat thickness across all sites. Fasting glucose correlated positively with triceps fat ( $r = 0.109$ ;  $p = 0.050$ ), and uric acid was positively associated with triceps and suprailiac fat. HDL exhibited a significant negative correlation with suprailiac fat ( $r = -0.180$ ;  $p = 0.001$ ). Conclusion: Blood biomarkers hold potential as non-invasive indicators for tracking age-related subcutaneous fat redistribution. This approach could enhance early detection of metabolic risk in adult women and support preventive and integrative clinical strategies.*

**Keywords:** Adult women, Age, Fasting glucose, HDL, Hemoglobin, Subcutaneous fat, Uric acid

**Abstrak.** Latar Belakang: Distribusi lemak subkutan pada perempuan dewasa mengalami perubahan signifikan seiring bertambahnya usia, terutama selama masa transisi menopause. Modulasi ini diduga terkait erat dengan perubahan hormonal dan dapat dipetakan melalui biomarker darah. Metode: Penelitian ini menggunakan desain potong lintang dengan menganalisis hubungan antara usia dan biomarker darah (hemoglobin, glukosa puasa, HDL, dan asam urat) terhadap ketebalan lemak subkutan di tiga titik tubuh (bisep, trisep, dan suprailiaka) pada perempuan dewasa. Uji korelasi Pearson digunakan untuk menilai kekuatan dan arah hubungan antar variabel. Hasil: Terdapat korelasi positif bermakna antara usia dan ketebalan lemak subkutan di bisep ( $r = 0,112$ ;  $p = 0,044$ ). Hemoglobin berkorelasi positif signifikan dengan ketebalan lemak di seluruh lokasi. Glukosa puasa menunjukkan korelasi positif yang signifikan pada lemak trisep ( $r = 0,109$ ;  $p = 0,050$ ), sedangkan asam urat berkorelasi positif dengan lemak di trisep dan suprailiak. HDL berkorelasi negatif signifikan terhadap lemak suprailiak ( $r = -0,180$ ;  $p = 0,001$ ). Kesimpulan: Biomarker darah berpotensi digunakan sebagai indikator non-invasif untuk memantau perubahan distribusi lemak subkutan yang dipengaruhi usia. Pendekatan ini dapat memperkuat deteksi dini risiko metabolik pada perempuan dewasa dan mendukung strategi klinis yang bersifat preventif dan holistik.

**Kata Kunci:** Asam urat, Glukosa puasa, HDL, Hemoglobin, Lemak subkutan, Perempuan dewasa, Usia

### 1. LATAR BELAKANG

Modulasi distribusi lemak subkutan seiring bertambahnya usia pada perempuan dewasa merupakan proses fisiologis yang kompleks dan dinamis, dengan implikasi klinis yang signifikan terhadap kesehatan metabolik dan risiko penyakit kardiovaskular. Penuaan, khususnya saat transisi menuju dan setelah menopause, menginduksi perubahan mendalam dalam komposisi dan fungsi jaringan adiposa yang dimediasi oleh penurunan hormon estrogen. Pergeseran dari pola distribusi lemak gynoid (pinggul dan paha) ke pola android (abdominal)

telah dikaitkan dengan peningkatan akumulasi lemak visceral, inflamasi kronik tingkat rendah, dan penurunan sensitivitas insulin, yang secara keseluruhan memperbesar risiko sindrom metabolik dan komplikasi terkait. (Abildgaard et al., 2021; Kuryłowicz, 2023) Di Indonesia, prevalensi obesitas pada penduduk usia di atas 18 tahun mencapai 35,4%, dengan prevalensi obesitas lebih tinggi pada perempuan (44,4%) dibandingkan laki-laki (26,6%). (Kohir et al., 2024)

Perubahan hormonal yang terjadi selama menopause memainkan peran sentral dalam mengatur homeostasis adiposit. Kekurangan estrogen terbukti mendorong hipertrofi adiposit subkutan, peningkatan ekspresi sitokin proinflamasi, serta gangguan metabolisme lipid dan glukosa. Terapi hormon (*hormone therapy*/HT) telah dilaporkan mampu menurunkan deposisi lemak visceral dan memperbaiki profil metabolik, termasuk pengurangan risiko aterosklerosis dan perlemakan organ seperti jantung dan hati. (El Khoudary et al., 2020; Hetemäki et al., 2025) Meningkatnya deposisi lemak visceral dan gangguan metabolik pada perempuan pascamenopause tidak hanya mencerminkan proses penuaan alami, namun juga menjadi cerminan perubahan sistemik yang mengarah pada percepatan usia biologis dan peningkatan kerentanan terhadap penyakit kronik. Studi terbaru menunjukkan bahwa distribusi lemak tubuh merupakan mediator penting dalam hubungan antara usia fenotipik dengan profil metabolik, dengan HDL dan resistensi insulin sebagai penentu utama dalam jalur patofisiologinya. (Liu et al., 2025; Whytock et al., 2024)

Selain perubahan hormonal, penuaan juga dikaitkan dengan perubahan fenotipik jaringan adiposa, termasuk disfungsi sel adiposit dan respons imun yang meningkat, yang memperparah gangguan metabolik. Distribusi lemak subkutan telah menunjukkan hubungan erat dengan sejumlah biomarker darah seperti leptin, adiponektin, glukosa puasa, trigliserida, dan indeks TyG. Sementara jaringan adiposa subkutan (*subcutaneous adipose tissue*/SAT) sering diasosiasikan dengan kadar adiponektin yang lebih tinggi dan profil metabolik yang lebih protektif, peningkatan visceral adiposity secara umum dikaitkan dengan rendahnya kadar HDL-C, tingginya trigliserida, dan resistensi insulin. (Hassler et al., 2021; Liu et al., 2025; Moreno et al., 2024)

Penelitian ini bertujuan untuk mengungkapkan peran usia dalam memodulasi hubungan antara Subcutaneous Fat dengan kadar asam urat, hemoglobin, profil lipid, dan gula darah pada kelompok perempuan berusia minimal 18 tahun. Dengan pendekatan yang mempertimbangkan variabel usia sebagai faktor kontrol

## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi potong lintang dengan desain multicenter yang dilakukan di enam wilayah kelurahan di DKI Jakarta, yaitu Kelurahan Menteng Dalam, Cengkareng Timur, Tanjung Duren Selatan, Grogol, Duri Kosambi, dan Ujung Menteng. Pengumpulan data dilaksanakan selama periode Agustus 2024 hingga Mei 2025. Populasi penelitian terdiri atas perempuan dewasa yang berdomisili atau beraktivitas di wilayah tersebut. Kriteria inklusi mencakup perempuan berusia  $\geq 18$  tahun, bersedia mengikuti pemeriksaan darah dan antropometri, serta menandatangani persetujuan tertulis. Kriteria eksklusi meliputi adanya riwayat penyakit hematologis, penggunaan steroid, kehamilan, atau ketidaksesuaian puasa minimal delapan jam sebelum pemeriksaan.

Teknik pengambilan sampel menggunakan metode consecutive sampling, di mana seluruh subjek yang memenuhi kriteria dimasukkan secara berurutan hingga jumlah sampel terpenuhi. Variabel utama penelitian adalah ketebalan lemak subkutan yang diukur menggunakan Subcutaneous Fat pada tiga lokasi, yaitu bisep, trisep, dan suprailiaka. Pemeriksaan biomarker darah meliputi hemoglobin, kadar gula darah puasa, asam urat, serta profil lipid (HDL, LDL, trigliserida, dan kolesterol total) yang dianalisis menggunakan metode strip dari darah vena setelah puasa minimal delapan jam. Usia responden diverifikasi melalui identitas resmi berupa Kartu Tanda Penduduk (KTP).

Analisis statistik dilakukan menggunakan uji korelasi Pearson untuk mengevaluasi hubungan antar variabel, serta korelasi parsial dengan usia sebagai variabel kontrol. Tingkat signifikansi ditetapkan pada  $\alpha = 0,05$  dengan kekuatan uji (power) sebesar 80% ( $\beta = 0,20$ ).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini melibatkan 325 perempuan dewasa dengan rerata usia 48,7 tahun. Sebagian besar responden berada dalam rentang usia paruh baya hingga lanjut usia, yang secara fisiologis dapat mempengaruhi komposisi tubuh serta profil biokimia darah. Rata-rata kadar hemoglobin berada pada 11,27 g/dL, yang menunjukkan kecenderungan mendekati batas bawah normal untuk perempuan. Nilai gula darah puasa memiliki rerata sebesar 102,75 mg/dL, yang berada pada ambang batas kondisi prediabetes. Parameter metabolik lain seperti kolesterol total, trigliserida, HDL, dan LDL menunjukkan variasi yang cukup luas, mencerminkan heterogenitas metabolik dalam populasi ini. (Tabel 1)

**Tabel 1.** Karakteristik Dasar Responden Penelitian.

| Parameter                                     | N (%)      | Mean (SD)      |
|-----------------------------------------------|------------|----------------|
| Usia (tahun)                                  |            | 48,70 (13,26)  |
| Jenis Kelamin                                 |            |                |
| • Perempuan                                   | 325 (100%) |                |
| Hemoglobin (g/dL)                             |            | 11,27 (1,8)    |
| Gula Darah Puasa (mg/dL)                      |            | 102,75 (47,08) |
| Asam Urat (mg/dL)                             |            | 3,82 (0,79)    |
| Kolesterol Total (mg/dL)                      |            | 201,33 (38,53) |
| <i>High Density Lipoprotein</i> (HDL) (mg/dL) |            | 53,23 (15,32)  |
| <i>Low Density Lipoprotein</i> (LDL) (mg/dL)  |            | 115,95 (28,78) |
| Trigliserida (mg/dL)                          |            | 159,11 (87,14) |
| <i>Subcutaneous Fat (Biceps)</i>              |            | 12,32 (6,99)   |
| <i>Subcutaneous Fat (Triceps)</i>             |            | 17,15 (7,05)   |
| <i>Subcutaneous Fat (Suprailiac)</i>          |            | 21,32 (6,74)   |

Hasil korelasi Pearson (Tabel 2) menunjukkan bahwa peningkatan usia memiliki korelasi positif yang lemah namun signifikan terhadap ketebalan lemak subkutan di bicep ( $r=0,112$ ;  $p=0,044$ ), namun tidak signifikan pada lemak subkutan di area trisep maupun suprailiaka. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa distribusi lemak tubuh pada perempuan dewasa mungkin mengalami redistribusi seiring bertambahnya usia, dengan penumpukan lebih besar di area tertentu. Hemoglobin menunjukkan korelasi positif yang signifikan terhadap ketiga lokasi pengukuran lemak subkutan, menandakan bahwa kadar hemoglobin yang lebih tinggi cenderung berkaitan dengan peningkatan jaringan lemak, kemungkinan sebagai cerminan status nutrisi yang lebih baik.

Gula darah puasa memiliki korelasi yang signifikan dan positif terhadap lemak di area trisep ( $r=0,109$ ;  $p=0,050$ ), yang mengindikasikan bahwa kadar glukosa darah yang lebih tinggi dapat berasosiasi dengan peningkatan jaringan lemak di area spesifik, meskipun korelasinya lemah. Asam urat menunjukkan korelasi signifikan terhadap lemak subkutan di area trisep dan suprailiaka, yang mungkin mencerminkan korelasi antara metabolisme purin dan akumulasi jaringan adiposa. Sebaliknya, HDL menunjukkan korelasi negatif yang signifikan terhadap lemak subkutan di suprailiaka ( $r=-0,180$ ;  $p=0,001$ ), yang mendukung peran protektif HDL terhadap penumpukan lemak visceral. (Tabel 2)

**Tabel 2.** Korelasi antara Variabel Usia, Darah, dan *Subcutaneous Fat* pada Kelompok Perempuan Dewasa (Studi Multicenter).

|                                               |                        | <i>Subcutaneous<br/>Fat Biceps</i> | <i>Subcutaneous<br/>Fat Triceps</i> | <i>Subcutaneous<br/>Fat Suprailiac</i> |
|-----------------------------------------------|------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>Usia</b>                                   | <i>Pearson</i>         | 0.112*                             | 0.048                               | 0.014                                  |
|                                               | <i>Correlation</i>     |                                    |                                     |                                        |
|                                               | <i>Sig. (2-tailed)</i> | 0.044                              | 0.385                               | 0.801                                  |
| <b>Hemoglobin</b>                             | <i>Pearson</i>         | 0.164**                            | 0.178**                             | 0.150**                                |
|                                               | <i>Correlation</i>     |                                    |                                     |                                        |
|                                               | <i>Sig. (2-tailed)</i> | 0.003                              | 0.001                               | 0.007                                  |
| <b>Gula Darah<br/>Puasa</b>                   | <i>Pearson</i>         | 0.104                              | 0.109*                              | 0.039                                  |
|                                               | <i>Correlation</i>     |                                    |                                     |                                        |
|                                               | <i>Sig. (2-tailed)</i> | 0.062                              | 0.050                               | 0.483                                  |
| <b>Asam Urat</b>                              | <i>Pearson</i>         | 0.044                              | 0.165**                             | 0.130*                                 |
|                                               | <i>Correlation</i>     |                                    |                                     |                                        |
|                                               | <i>Sig. (2-tailed)</i> | 0.428                              | 0.003                               | 0.019                                  |
| <b>Kolesterol Total</b>                       | <i>Pearson</i>         | 0.030                              | 0.073                               | -0.021                                 |
|                                               | <i>Correlation</i>     |                                    |                                     |                                        |
|                                               | <i>Sig. (2-tailed)</i> | 0.595                              | 0.189                               | 0.711                                  |
| <b>High Density<br/>Lipoprotein<br/>(HDL)</b> | <i>Pearson</i>         | 0.005                              | -0.047                              | -0.180**                               |
|                                               | <i>Correlation</i>     |                                    |                                     |                                        |
|                                               | <i>Sig. (2-tailed)</i> | 0.926                              | 0.402                               | 0.001                                  |
| <b>Low Density<br/>Lipoprotein<br/>(LDL)</b>  | <i>Pearson</i>         | 0.013                              | 0.044                               | -0.019                                 |
|                                               | <i>Correlation</i>     |                                    |                                     |                                        |
|                                               | <i>Sig. (2-tailed)</i> | 0.812                              | 0.432                               | 0.734                                  |
| <b>Trigliserida</b>                           | <i>Pearson</i>         | 0.092                              | 0.129*                              | 0.164**                                |
|                                               | <i>Correlation</i>     |                                    |                                     |                                        |
|                                               | <i>Sig. (2-tailed)</i> | 0.099                              | 0.020                               | 0.003                                  |

\*\*. *Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).*

\*. *Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).*

Analisis korelasi parsial (Tabel 3) yang mengontrol variabel usia memperkuat korelasi antara hemoglobin dan ketebalan lemak di ketiga area tubuh, dengan signifikansi statistik tetap terjaga. Hal ini menandakan bahwa korelasi antara hemoglobin dan jaringan lemak bukan

hanya dipengaruhi oleh usia. Sebaliknya, korelasi gula darah puasa dengan ketebalan lemak menjadi tidak signifikan setelah usia dikontrol, mengindikasikan bahwa efek usia mungkin menjadi faktor pengganggu dalam korelasi tersebut. Korelasi negatif antara HDL dan lemak subkutan di suprailiaka tetap signifikan meskipun usia dikontrol, menunjukkan konsistensi peran HDL sebagai indikator metabolik protektif. Sementara itu, trigliserida tetap memiliki korelasi positif dan signifikan terhadap lemak subkutan di area trisep dan suprailiaka setelah kontrol usia, mendukung dugaan bahwa hipertrigliseridemia berkontribusi terhadap akumulasi lemak perifer.

**Tabel 3.** Korelasi Parsial antara Parameter Darah dengan Subcutaneous Fat 3 Posisi dengan Usia sebagai Variabel Kontrol.

| Control Variables |                                      |                                | Subcutaneous<br>Fat Bisep | Subcutaneous<br>Fat Trisep | Subcutaneous<br>Fat<br>Suprailiac |
|-------------------|--------------------------------------|--------------------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| Usia              | Hemoglobin                           | <i>Correlation</i>             | 0.156**                   | 0.175**                    | 0.149**                           |
|                   |                                      | <i>Significance (2-tailed)</i> | 0.005                     | 0.002                      | 0.007                             |
|                   | Gula Darah<br>Puasa                  | <i>Correlation</i>             | 0.083                     | 0.101                      | 0.037                             |
|                   |                                      | <i>Significance (2-tailed)</i> | 0.138                     | 0.069                      | 0.508                             |
|                   | Asam Urat                            | <i>Correlation</i>             | 0.029                     | 0.160                      | 0.130*                            |
|                   |                                      | <i>Significance (2-tailed)</i> | 0.605                     | 0.004                      | 0.019                             |
|                   | High Density<br>Lipoprotein<br>(HDL) | <i>Correlation</i>             | -0.006                    | -0.052                     | -0.183**                          |
|                   |                                      | <i>Significance (2-tailed)</i> | 0.920                     | 0.355                      | 0.001                             |
|                   | Trigliserida                         | <i>Correlation</i>             | 0.070                     | 0.122*                     | 0.165**                           |
|                   |                                      | <i>Significance (2-tailed)</i> | 0.206                     | 0.028                      | 0.003                             |

\*\**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).*

\**. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).*

Lemak subkutan merupakan jaringan adiposa yang terletak langsung di bawah permukaan kulit dan berperan dalam penyimpanan energi serta perlindungan mekanis terhadap organ-organ internal. Meskipun secara umum dianggap kurang berisiko dibandingkan dengan

lemak visceral yang terletak di sekitar organ dalam dan memiliki keterkaitan erat dengan penyakit metabolik dan kardiovaskular. Akumulasi lemak subkutan secara berlebihan tetap dapat berkontribusi terhadap peningkatan indeks massa tubuh (IMT), obesitas, dan gangguan metabolik lainnya. (Sun et al., 2023; Tsukagoshi-Yamaguchi, 2023; Wang, 2024) Deposisi lemak subkutan merupakan proses fisiologis yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk genetik, pola makan, lingkungan, dan usia. Proses ini memiliki implikasi penting terhadap kesehatan metabolik, karena akumulasi lemak yang berlebih dapat meningkatkan risiko berbagai penyakit, seperti obesitas, dislipidemia, dan diabetes melitus. Beberapa gen telah diidentifikasi memiliki peran dalam regulasi akumulasi lemak subkutan, salah satunya GADD45A, yang diketahui memengaruhi jalur metabolisme lipid dan pembentukan jaringan lemak. Perubahan ekspresi gen ini dapat memicu kecenderungan akumulasi lemak atau, sebaliknya, menghambatnya melalui peningkatan aktivitas metabolik jaringan lemak. Selain faktor genetik, pengaruh usia juga terbukti signifikan. Seiring bertambahnya usia, terjadi perubahan dalam regulasi metabolisme, termasuk penurunan aktivitas oksidasi lemak dan peningkatan penyimpanan lemak. Hal ini dapat menyebabkan peningkatan lemak subkutan, meskipun asupan makanan tidak berubah secara signifikan. Interaksi antara usia dan parameter metabolik seperti kadar asam urat, hemoglobin, profil lipid, dan gula darah menjadi penting untuk dipahami lebih lanjut. Pertimbangan atas kompleksitas tersebut, penting untuk mengevaluasi peran usia dalam modulasi deposisi lemak subkutan dan keterkaitannya dengan parameter biokimia darah. (Guo et al., 2021; Pereira-Junior et al., 2024; Xiong et al., 2023; You et al., 2023)

Kadar asam urat dalam tubuh juga memiliki peran penting dalam regulasi metabolisme lemak, termasuk dalam proses akumulasi lemak subkutan. Hiperurisemia telah dikaitkan dengan peningkatan risiko penimbunan lemak subkutan, yang kemungkinan dimediasi melalui gangguan jalur metabolik seperti resistensi insulin. Selain itu, tingginya kadar asam urat juga berasosiasi dengan aktivasi respons inflamasi sistemik, yang turut berkontribusi terhadap proses adipogenesis dan akumulasi lemak di jaringan subkutan. Ketidakseimbangan homeostasis asam urat, dengan demikian, dapat mempercepat proses deposisi lemak subkutan dan berpotensi meningkatkan kerentanan terhadap berbagai gangguan metabolik. (Cariolou et al., 2023; Heymsfield, 2024; Nascimento et al., 2023)

Selain itu konsentrasi hemoglobin, baik dalam darah maupun jaringan adiposa, tampaknya memiliki hubungan multifaset dengan akumulasi lemak subkutan. Hemoglobin total dalam jaringan adiposa subkutan dikaitkan dengan peningkatan adipositas, baik secara umum maupun visceral, dan dapat menjadi indikator risiko metabolik. Peningkatan kadar heme

di jaringan adiposa turut berkontribusi terhadap disfungsi metabolisme glukosa, khususnya pada individu dengan diabetes tipe 2, melalui mekanisme yang memengaruhi sensitivitas insulin. Selain itu, bukti dari populasi pasien hemodialisis dan perempuan hamil menunjukkan bahwa ketebalan lemak subkutan berkorelasi dengan kadar HbA1c, sementara pada penderita diabetes tipe 1, aktivitas fisik menjadi penentu utama distribusi lemak subkutan, terlepas dari kontrol glikemik. Secara keseluruhan, hemoglobin dan metabolitnya memainkan peran penting dalam dinamika metabolisme lemak subkutan, baik melalui jalur inflamasi, oksidatif, maupun hormonal, dan memiliki potensi sebagai indikator klinis untuk menilai risiko metabolik dan kardiovaskular. (Demir et al., 2020; Jacob et al., 2006; Kuroiwa et al., 2019; Moreno-Navarrete et al., 2017)

Kadar glukosa darah juga memiliki peran penting dalam regulasi penyimpanan lemak subkutan, melalui mekanisme yang melibatkan diferensiasi sel adiposit dan aktivitas metabolik. Pada preadiposit subkutan sapi, konsentrasi glukosa yang optimal (3,0–3,5 mmol/L) terbukti menginduksi diferensiasi adipogenik secara signifikan melalui peningkatan ekspresi gen penanda adiposit serta distribusi transporter glukosa. (Bai et al., 2024) Pada manusia, glukosa juga berperan dalam modulasi metabolisme jaringan adiposa melalui hormon seperti *Glucose-dependent Insulinotropic Polypeptide* (GIP). Pada individu obesitas dengan diabetes tipe 2, GIP dapat memfasilitasi akumulasi lipid di jaringan adiposa subkutan, bahkan ketika efek insulinotropiknya terganggu, yang menandakan adanya respons maladaptif yang memperburuk profil metabolik. (Thondam et al., 2017) Sementara pada pasien dengan diabetes tipe 1, aktivitas fisik menjadi faktor dominan yang memengaruhi distribusi lemak, dibandingkan kontrol glikemik. (Jacob et al., 2006) Bahkan dalam kehamilan dengan diabetes yang terkontrol, janin tetap menunjukkan peningkatan deposisi jaringan adiposa, yang mengindikasikan bahwa kadar glukosa maternal berkontribusi terhadap perkembangan jaringan lemak janin. (Greco et al., 2003)

Profil lipid memainkan peran penting dalam modulasi penyimpanan lemak subkutan, baik secara langsung melalui kadar lipoprotein maupun secara tidak langsung melalui interaksi dengan faktor genetik, hormonal, dan lingkungan. Kadar LDL yang tinggi menunjukkan hubungan positif dengan ketebalan lemak subkutan, sedangkan HDL tampaknya tidak menunjukkan asosiasi serupa. Selain itu, ekspresi gen yang mengatur metabolisme lipid, seperti GADD45A, mempengaruhi diferensiasi adiposit dan distribusi jaringan lemak. Perubahan diet dan status hormonal, seperti ovariectomi, serta sistem pemberian makan, turut memodulasi metabolisme lipid, yang pada akhirnya berdampak pada akumulasi lemak subkutan. Temuan ini menunjukkan bahwa gangguan atau variasi dalam profil lipid dapat mencerminkan atau

memengaruhi akumulasi lemak subkutan, sehingga berimplikasi pada risiko metabolik yang lebih luas. (Damayanti et al., 2023; You et al., 2023)

Penuaan pada perempuan dewasa ditandai oleh perubahan signifikan dalam komposisi dan distribusi lemak tubuh, yang banyak dipengaruhi oleh dinamika hormonal, khususnya penurunan estrogen selama masa perimenopause dan menopause. Studi menunjukkan bahwa proses ini mendorong pergeseran distribusi lemak dari pola gynoid (pinggul dan paha) ke pola android (abdomen), yang berimplikasi langsung terhadap peningkatan risiko metabolik dan kardiovaskular. (Abildgaard et al., 2021; Hetemäki et al., 2025) Studi longitudinal juga menunjukkan bahwa akumulasi lemak tubuh cenderung meningkat hingga usia 75 tahun, dan kemudian mengalami penurunan yang kemungkinan berkaitan dengan penurunan massa tubuh secara umum. (Briand et al., 2024)

Temuan ini didukung oleh studi oleh Apaflo et al. (2024) melalui pemantauan glukosa berkelanjutan (CGM) menunjukkan bahwa variabilitas glukosa berkorelasi positif dengan persentase lemak tubuh total, lemak android, dan rasio android/gynoid. Korelasi ini menegaskan bahwa fluktuasi kadar glukosa tidak hanya merupakan indikator kontrol glikemik yang buruk, tetapi juga terkait erat dengan peningkatan akumulasi lemak di wilayah yang dikenal memiliki risiko kardiovaskular lebih tinggi. (Apaflo et al., 2024) Selain itu, studi Qin et al. (2023) melaporkan bahwa Indeks Adipositas Viseral (*Visceral Adiposity Index/VAI*), sebagai representasi kuantitatif lemak viseral, menunjukkan hubungan positif dengan kadar glukosa darah puasa. VAI yang lebih tinggi mencerminkan akumulasi lemak viseral yang lebih besar, yang pada gilirannya berhubungan dengan peningkatan glukosa plasma. (Qin et al., 2023)

Distribusi lemak subkutan pada perempuan dewasa tidak hanya ditentukan oleh usia dan hormon, tetapi juga berkorelasi dengan berbagai biomarker darah. Kadar hemoglobin yang lebih tinggi, misalnya, menunjukkan korelasi positif dengan ketebalan lemak subkutan di beberapa lokasi, yang dapat merefleksikan status nutrisi atau kapasitas anabolik jaringan adiposa. (Briand et al., 2024) Hubungan lemah namun bermakna antara glukosa darah puasa dengan ketebalan lemak trisep menunjukkan adanya pengaruh awal disfungsi metabolik terhadap distribusi lemak regional. (Liu et al., 2025) Selain itu, kadar asam urat yang lebih tinggi berasosiasi dengan penumpukan lemak di area seperti trisep dan suprailiaka, menandakan potensi kontribusi jalur metabolisme purin dalam proses adipogenesis, yang selama ini jarang disoroti dalam kajian distribusi lemak. (Briand et al., 2024) Sebaliknya, kadar HDL menunjukkan hubungan negatif terhadap ketebalan lemak di wilayah suprailiaka,

memperkuat hipotesis bahwa HDL memainkan peran protektif terhadap akumulasi lemak visceral dan risiko metabolik yang menyertainya. (Liu et al., 2025)

Selain faktor biologis, aktivitas fisik dan intervensi gaya hidup memainkan peran sentral dalam memodifikasi distribusi lemak tubuh dan profil metabolik, khususnya pada perempuan pascamenopause. Aktivitas fisik teratur, terutama dalam intensitas sedang hingga berat (*moderate-to-vigorous physical activity*/MVPA), secara konsisten dikaitkan dengan penurunan indeks obesitas, termasuk lingkaran pinggang, persentase lemak tubuh, dan lemak perut. (Liu et al., 2024) Selain itu, latihan fisik sistematis juga berperan dalam meningkatkan sensitivitas insulin, kontrol glikemik, serta komposisi tubuh secara keseluruhan, yang krusial dalam pencegahan dan penanganan gangguan metabolik. (Chomiuk et al., 2024)

#### 4. KESIMPULAN

Biomarker darah seperti hemoglobin, glukosa puasa, asam urat, dan HDL memiliki korelasi yang signifikan dalam mencerminkan perubahan distribusi lemak subkutan yang dimodulasi oleh usia pada perempuan dewasa. Korelasi spesifik antar variabel tersebut memperkuat bukti bahwa proses penuaan dan perubahan hormonal, khususnya pada masa transisi menopause, memengaruhi pola akumulasi lemak dan risiko metabolik secara sistemik.

#### DAFTAR REFERENSI

- Abildgaard, J., Ploug, T., Al-Saoudi, E., Wagner, T., Thomsen, C., Ewertsen, C., Bzorek, M., Pedersen, B. K., Pedersen, A. T., & Lindegaard, B. (2021). Changes in abdominal subcutaneous adipose tissue phenotype following menopause is associated with increased visceral fat mass. *Scientific Reports*, 11(1), 14750. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-94189-2>  
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-94189-2>
- Apaflo, J., Sanders, K., Labadah, J., Narvaez, G., Rocha, V., Villalobos, U., & John Tomy, I. (2024). Blood Glucose Fluctuation Is Indicative of Adiposity. *Physiology*, 39(S1). <https://doi.org/10.1152/physiol.2024.39.S1.1453>  
<https://doi.org/10.1152/physiol.2024.39.S1.1453>
- Bai, B., Chen, M., Wang, S., Qu, J., Huang, X., & Li, L. (2024). Effects of Glucose Concentration on Differentiation, Adipogenic Marker Genes Expression and Glucose Transporter Distribution in Bovine Subcutaneous Preadipocytes. *Indian Journal of Animal Research*, Of. <https://doi.org/10.18805/IJAR.BF-1909>  
<https://doi.org/10.18805/IJAR.BF-1909>
- Briand, M., Raffin, J., Gonzalez-Bautista, E., Ritz, P., Abellan Van Kan, G., Pillard, F., Faruch-Bilfeld, M., Guyonnet, S., Dray, C., Vellas, B., de Souto Barreto, P., & Rolland, Y. (2024). Body composition and aging: cross-sectional results from the INSPIRE study in people 20 to 93 years old. *GeroScience*, 47(1), 863-875. <https://doi.org/10.1007/s11357->

[024-01245-6](https://doi.org/10.1007/s11357-024-01245-6)

<https://doi.org/10.1007/s11357-024-01245-6>

- Cariolou, M., Becerra-Tomás, N., Vieira, R., Balducci, K., Aune, D., Müller, D. C., Chan, D. S. M., & Tsilidis, K. K. (2023). Association Between Adiposity After Diagnosis of Prostate Cancer and Mortality: Systematic Review and Meta-Analysis. *BMJ Medicine*. <https://doi.org/10.1136/bmjmed-2022-000339>  
<https://doi.org/10.1136/bmjmed-2022-000339>
- Chomiuk, T., Niezgoda, N., Mamcarz, A., & Śliż, D. (2024). Physical activity in metabolic syndrome. *Frontiers in Physiology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1365761>  
<https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1365761>
- Damayanti, A. Y., Fatimah, F., Luthfiya, L., & Kusumadiastuti, A. D. (2023). Subcutaneous Fat Thickness with HDL and LDL Levels in Overweight Female Student. *Amerta Nutrition*, 7(2SP), 13-17. <https://doi.org/10.20473/amnt.v7i2SP.2023.13-17>  
<https://doi.org/10.20473/amnt.v7i2SP.2023.13-17>
- Demir, A. D., Karli, P., & Ayan, D. (2020). The Relationship Between Abdominal Subcutan Fat Tissue Thickness and HbA1c in Pregnant Women. *Gynecology Obstetrics & Reproductive Medicine*, 26(1), 11-16. <https://doi.org/10.21613/GORM.2019.970>  
<https://doi.org/10.21613/GORM.2019.970>
- El Khoudary, S. R., Venugopal, V., Manson, J. E., Brooks, M. M., Santoro, N., Black, D. M., Harman, M., Naftolin, F., Hodis, H. N., Brinton, E. A., Miller, V. M., Taylor, H. S., & Budoff, M. J. (2020). Heart fat and carotid artery atherosclerosis progression in recently menopausal women: impact of menopausal hormone therapy: The KEEPS trial. *Menopause*, 27(3), 255-262. <https://doi.org/10.1097/GME.0000000000001472>  
<https://doi.org/10.1097/GME.0000000000001472>
- Greco, P., Vimercati, A., Hyett, J., Rossi, A. C., Scioscia, M., Giorgino, F., Loverro, G., & Selvaggi, L. (2003). The ultrasound assessment of adipose tissue deposition in fetuses of 'well controlled' insulin-dependent diabetic pregnancies. *Diabetic Medicine*, 20(10), 858-862. <https://doi.org/10.1046/j.1464-5491.2003.01041.x>  
<https://doi.org/10.1046/j.1464-5491.2003.01041.x>
- Guo, L., Wei, C., Yi, L., Yang, W., Geng, Z., & Chen, X. (2021). Transcriptional Insights into Key Genes and Pathways Underlying Muscovy Duck Subcutaneous Fat Deposition at Different Developmental Stages. *Animals*, 11(7), 2099. <https://doi.org/10.3390/ani11072099>  
<https://doi.org/10.3390/ani11072099>
- Hassler, E. M., Deutschmann, H., Almer, G., Renner, W., Mangge, H., Herrmann, M., Leber, S., Michenthaler, M., Staszewski, A., Gunzer, F., Partl, R., & Reishofer, G. (2021). Distribution of subcutaneous and intermuscular fatty tissue of the mid-thigh measured by MRI-A putative indicator of serum adiponectin level and individual factors of cardio-metabolic risk. *PLOS ONE*, 16(11), e0259952. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259952>  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259952>

- Hetemäki, N., Robciuc, A., Vihma, V., Haanpää, M., Hämäläinen, E., Tikkanen, M. J., Mikkola, T. S., & Savolainen-Peltonen, H. (2025). Adipose Tissue Sex Steroids in Postmenopausal Women With and Without Menopausal Hormone Therapy. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 110(2), 511-522. <https://doi.org/10.1210/clinem/dgae458>  
<https://doi.org/10.1210/clinem/dgae458>
- Heymsfield, S. B. (2024). Advances in Body Composition: A 100-Year Journey. *International Journal of Obesity*. <https://doi.org/10.1038/s41366-024-01511-9>  
<https://doi.org/10.1038/s41366-024-01511-9>
- Jacob, A. N., Adams-Huet, B., & Raskin, P. (2006). The visceral and subcutaneous fat changes in type 1 diabetes: a pilot study. *Diabetes, Obesity and Metabolism*, 8(5), 524-530. <https://doi.org/10.1111/j.1463-1326.2005.00538.x>  
<https://doi.org/10.1111/j.1463-1326.2005.00538.x>
- Kohir, D. S., Murhan, A., & Sulastri, S. (2024). Skrining Faktor Risiko Obesitas Usia Produktif. *Jurnal Wacana Kesehatan*, 9(2), 97. <https://doi.org/10.52822/jwk.v9i2.673>  
<https://doi.org/10.52822/jwk.v9i2.673>
- Kuroiwa, M., Fuse, S., Amagasa, S., Kime, R., Endo, T., Kurosawa, Y., & Hamaoka, T. (2019). Relationship of Total Hemoglobin in Subcutaneous Adipose Tissue with Whole-Body and Visceral Adiposity in Humans. *Applied Sciences*, 9(12), 2442. <https://doi.org/10.3390/app9122442>  
<https://doi.org/10.3390/app9122442>
- Kuryłowicz, A. (2023). Estrogens in Adipose Tissue Physiology and Obesity-Related Dysfunction. *Biomedicines*, 11(3), 690. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11030690>  
<https://doi.org/10.3390/biomedicines11030690>
- Liu, Y., Gao, L., Wu, M., Yang, B., Ren, D., Zhang, Z., Zhang, W., & Wang, Y. (2025). Effect of adipose tissue deposition on insulin resistance in middle-aged and elderly women: Based on QCT and MRI mDIXON -Quant. *Journal of Diabetes Investigation*, 16(2), 292-297. <https://doi.org/10.1111/jdi.14352>  
<https://doi.org/10.1111/jdi.14352>
- Liu, Y., Mao, S., Xie, W., Agnieszka, H.-L. K., Helena, S. M., Magdalena, D.-Z., Qian, G., & Ossowski, Z. (2024). Relationship between physical activity and abdominal obesity and metabolic markers in postmenopausal women. *Scientific Reports*, 14(1), 26496. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-77900-x>  
<https://doi.org/10.1038/s41598-024-77900-x>
- Moreno, S., Ayers, C., Nguyen, N., Rohatgi, A., & Lau, E. S. (2024). Lipid changes across menopause status point to increased cardiovascular risk. *European Heart Journal*, 45(Supplement\_1). <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae666.2839>  
<https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehae666.2839>
- Moreno-Navarrete, J. M., Rodríguez, A., Ortega, F., Becerril, S., Sabater-Masdeu, M., Latorre, J., Ricart, W., Frühbeck, G., & Fernández-Real, J. M. (2017). Increased adipose tissue heme levels and exportation are associated with altered systemic glucose metabolism.

- Scientific Reports*, 7(1), 5305. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-05597-2>  
<https://doi.org/10.1038/s41598-017-05597-2>
- Nascimento, L. M., Lavôr, L. C. de C., Rodrigues, B. G. M., Campos, F., Viola, P. C. de A. F., Lucarini, M., Durazzo, A., Arcanjo, D. D. R., Martins, M. do C. de C. e, & Frota, K. de M. G. (2023). Association Between Consumption of Ultra-Processed Food and Body Composition of Adults in a Capital City of a Brazilian Region. *Nutrients*.  
<https://doi.org/10.3390/nu15143157>  
<https://doi.org/10.3390/nu15143157>
- Pereira-Junior, S. A. G., Costa, R. V., Rodrigues, J. L., Torrecilhas, J. A., Chiaratti, M. R., Lanna, D. P. D., das Chagas, J. C., Nociti, R. P., Meirelles, F. V, Ferraz, J. B. S., Fernandes, M. H. M. R., Almeida, M. T. C., & Ezequiel, J. M. B. (2024). Soybean molasses increases subcutaneous fat deposition while reducing lipid oxidation in the meat of castrated lambs. *Journal of Animal Science*, 102. <https://doi.org/10.1093/jas/skae130>  
<https://doi.org/10.1093/jas/skae130>
- Qin, Y., Qiao, Y., Wang, D., Li, M., Yang, Z., Li, L., Yan, G., & Tang, C. (2023). Visceral adiposity index is positively associated with fasting plasma glucose: a cross-sectional study from National Health and Nutrition Examination Survey 2017-2020. *BMC Public Health*, 23(1), 313. <https://doi.org/10.1186/s12889-023-15231-8>  
<https://doi.org/10.1186/s12889-023-15231-8>
- Sun, H., Hong, S. Y., Ruan, Z., Liu, C., Wang, Y., & Fang, C. (2023). Serum Uric Acid to High-density Lipoprotein Cholesterol Ratio Is Associated With Visceral Fat in Patients With Type 2 Diabetes. *Diabetes Metabolic Syndrome and Obesity Targets and Therapy*.  
<https://doi.org/10.2147/dmso.s403895>  
<https://doi.org/10.2147/DMSO.S403895>
- Thondam, S. K., Daousi, C., Wilding, J. P. H., Holst, J. J., Ameen, G. I., Yang, C., Whitmore, C., Mora, S., & Cuthbertson, D. J. (2017). Glucose-dependent insulinotropic polypeptide promotes lipid deposition in subcutaneous adipocytes in obese type 2 diabetes patients: a maladaptive response. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 312(3), E224-E233. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00347.2016>  
<https://doi.org/10.1152/ajpendo.00347.2016>
- Tsukagoshi-Yamaguchi, A. (2023). Metabolomic Analysis of Serum Samples From a Clinical Study on Ipragliflozin and Metformin Treatment in Japanese Patients With Type 2 Diabetes: Exploring Human Metabolites Associated With Visceral Fat Reduction. *Pharmacotherapy the Journal of Human Pharmacology and Drug Therapy*.  
<https://doi.org/10.1002/phar.2884>  
<https://doi.org/10.1002/phar.2884>
- Wang, Y. (2024). Associations of Serum Uric Acid to High-Density Lipoprotein Cholesterol Ratio With Trunk Fat Mass and Visceral Fat Accumulation. *Diabetes Metabolic Syndrome and Obesity Targets and Therapy*. <https://doi.org/10.2147/dmso.s444142>  
<https://doi.org/10.2147/DMSO.S444142>
- Whytock, K. L., Divoux, A., Sun, Y., Pino, M. F., Yu, G., Jin, C. A., Robino, J. J., Plekhanov, A., Varlamov, O., Smith, S. R., Walsh, M. J., & Sparks, L. M. (2024). Aging human abdominal subcutaneous white adipose tissue at single cell resolution. *Aging Cell*,

23(11). <https://doi.org/10.1111/accel.14287>

- Xiong, L., Pei, J., Bao, P., Wang, X., Guo, S., Cao, M., Kang, Y., Yan, P., & Guo, X. (2023). The Effect of the Feeding System on Fat Deposition in Yak Subcutaneous Fat. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(8), 7381. <https://doi.org/10.3390/ijms24087381>
- You, W., Liu, S., Li, J., Tu, Y., & Shan, T. (2023). GADD45A regulates subcutaneous fat deposition and lipid metabolism by interacting with Stat1. *BMC Biology*, 21(1), 212. <https://doi.org/10.1186/s12915-023-01713-z>