

## Analisis kadar vitamin D terhadap lemak tubuh, otot rangka, dan kekuatan otot pada mahasiswa kedokteran program studi profesi tahap awal

Frisca<sup>1,\*</sup>, Alexander Halim Santoso<sup>1</sup>, Daniel Goh<sup>2</sup>, Gracienne<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bagian Gizi Fakultas Kedokteran Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia

<sup>2</sup> Prodi Profesi Dokter Fakultas Kedokteran Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia

\*korespondensi email: [frisca@fk.untar.ac.id](mailto:frisca@fk.untar.ac.id)

Naskah masuk: 30-08-2025, Naskah direvisi: 25-09-2025, Naskah diterima untuk diterbitkan: 28-10-2025

### ABSTRAK

Vitamin D berperan penting dalam metabolisme tulang, imunomodulasi, serta fungsi otot dan lemak tubuh. Mahasiswa kedokteran tahap klinik awal termasuk kelompok rentan defisiensi vitamin D akibat gaya hidup sedentari dan minimnya paparan sinar matahari karena padatnya kuliah. Studi ini bertujuan untuk menganalisis hubungan kadar vitamin D terhadap lemak tubuh, otot rangka, dan kekuatan otot tangan pada kelompok tersebut. Studi potong lintang ini dilakukan pada 96 mahasiswa kedokteran tahap klinik awal Fakultas Kedokteran Universitas Tarumanagara. Kadar vitamin D diukur melalui serum 25(OH)D, sedangkan komposisi tubuh (total lemak, lemak visceral, lemak subkutan, dan total otot rangka) dievaluasi menggunakan bioimpedansi. Kekuatan otot tangan diukur dengan handgrip dynamometer digital. Analisis korelasi menggunakan uji Spearman Rank. Rerata kadar vitamin D pada studi ini sebesar  $61,41 \pm 16,82$  ng/mL. Hasil studi didapatkan korelasi negatif signifikan antara kadar vitamin D dengan total lemak tubuh ( $r = -0.201$ ;  $p = 0.049$ ) dan lemak subkutan ( $r = -0.219$ ;  $p = 0.032$ ) serta tidak ditemukan korelasi signifikan antara vitamin D dengan lemak visceral ( $r = -0.056$ ;  $p = 0.588$ ), otot rangka ( $r = 0.167$ ;  $p = 0.104$ ), maupun kekuatan genggam tangan ( $r = 0.046$ ;  $p = 0.656$ ). Sebaliknya, ditemukan korelasi negatif kuat antara total lemak tubuh dan otot rangka ( $r = -0.795$ ;  $p < 0.001$ ), serta korelasi positif signifikan antara otot rangka dan kekuatan genggam tangan ( $r = 0.463$ ;  $p < 0.001$ ). Studi ini disimpulkan bahwa kadar vitamin D berhubungan negatif dengan lemak subkutan, namun tidak berkorelasi dengan kekuatan otot atau massa otot rangka. Hasil ini menggarisbawahi pentingnya pemantauan status vitamin D dan komposisi tubuh pada mahasiswa kedokteran.

**Kata kunci:** vitamin D; komposisi tubuh; lemak tubuh; kekuatan otot; mahasiswa kedokteran

### ABSTRACT

*Vitamin D plays a key role in bone metabolism, immune modulation, and the regulation of muscle and fat function. Early clinical-phase medical students are at risk of deficiency due to sedentary lifestyles and limited sun exposure. This study aimed to examine the association between vitamin D levels, body composition, and handgrip strength in this population. A cross-sectional study was conducted among 96 early clinical-phase medical students at the Faculty of Medicine, Universitas Tarumanagara. Serum 25(OH)D was measured to determine vitamin D levels. Body composition (total fat, visceral fat, subcutaneous fat, and skeletal muscle mass) was assessed using bioelectrical impedance analysis, and handgrip strength was evaluated with a digital dynamometer. Correlations were analyzed using Spearman's rank test. The mean vitamin D level was  $61.41 \pm 16.82$  ng/mL. Vitamin D showed a significant negative correlation with total body fat ( $r = -0.201$ ;  $p = 0.049$ ) and subcutaneous fat ( $r = -0.219$ ;  $p = 0.032$ ). No significant correlation was observed with visceral fat, skeletal muscle, or handgrip strength. Conversely, total body fat correlated negatively with skeletal muscle ( $r = -0.795$ ;  $p < 0.001$ ), while skeletal muscle correlated positively with handgrip strength ( $r = 0.463$ ;  $p < 0.001$ ). Vitamin D levels were inversely associated with subcutaneous fat but not with skeletal muscle mass or handgrip strength. These findings emphasize the importance of monitoring vitamin D status and body composition among medical students.*

**Keywords:** vitamin D; body composition; body fat; strength muscle; medical student

## PENDAHULUAN

Vitamin D merupakan mikronutrien esensial yang tidak hanya berperan dalam metabolisme kalsium dan kesehatan tulang, tetapi juga memiliki fungsi imunomodulator serta berpengaruh terhadap metabolisme lemak dan kekuatan otot rangka.<sup>1</sup> Bentuk aktif vitamin D, yaitu 1,25-dihidroksivitamin D, bekerja dengan mengikat reseptor vitamin D (*Vitamin-D receptor/VDR*) yang tersebar luas di berbagai jaringan, termasuk otot rangka dan jaringan adiposa. Aktivasi VDR di otot diketahui memengaruhi sintesis protein dan kontraktilitas otot, sementara di jaringan adiposa berperan dalam diferensiasi sel lemak dan metabolisme lipid. Kadar vitamin D yang adekuat diperlukan untuk menjaga komposisi tubuh dan fungsi otot yang optimal.<sup>2</sup>

Sejumlah studi menunjukkan bahwa kadar vitamin D yang rendah berkorelasi dengan peningkatan massa lemak tubuh, penurunan massa otot rangka, serta penurunan kekuatan otot, terutama pada populasi usia produktif.<sup>1,3</sup> Defisiensi vitamin D telah menjadi masalah kesehatan global, dengan prevalensi yang mengejutkan bahkan di negara-negara tropis. Di Indonesia, sebuah studi nasional oleh Santoso dan Charissa yang melaporkan bahwa sekitar 60,6% populasi dewasa muda mengalami defisiensi vitamin D dan 33,3% mengalami insufisien-

si vitamin D dengan proporsi tertinggi pada perempuan. Hal ini mengindikasikan bahwa paparan sinar matahari yang tinggi tidak selalu sebanding dengan status vitamin D yang adekuat.<sup>4</sup>

Gaya hidup sedentari, jadwal kegiatan akademik yang padat, serta kurangnya waktu untuk berolahraga dan berjemur, menjadikan mahasiswa Fakultas Kedokteran tahap klinik awal merupakan kelompok yang rentan terhadap kekurangan vitamin D. Gaya hidup semacam ini tidak hanya berisiko terhadap kekurangan vitamin D, tetapi juga dapat memengaruhi komposisi tubuh, termasuk peningkatan lemak tubuh dan penurunan massa serta fungsi otot rangka. Kelebihan lemak tubuh dan rendahnya kekuatan otot tangan telah dikaitkan dengan gangguan metabolik, penurunan kebugaran, serta penurunan performa klinis pada tenaga kesehatan muda. Studi oleh Musumeci juga menjelaskan bahwa penurunan kekuatan otot akibat pada usia muda berkaitan erat dengan terhadap kejadian sarkopenia dan kelemahan fungsional di usia lanjut, menjadikan perhatian terhadap status otot dan nutrisi menjadi krusial sejak dini.<sup>5,6</sup> Kondisi ini menjadi penting untuk diperhatikan mengingat peran mereka sebagai calon tenaga kesehatan di masa depan. Kekurangan vitamin D dapat

berdampak pada komposisi tubuh dan kekuatan otot, yang berpotensi mengganggu performa fisik maupun kesehatan jangka panjang. Oleh karena itu, studi mengenai keterkaitan kadar vitamin D dengan status tubuh dan fungsi otot pada populasi ini perlu dilakukan sebagai dasar intervensi preventif yang lebih tepat sasaran.

## METODE STUDI

Studi ini menggunakan desain potong lintang (*cross-sectional*) yang dilaksanakan pada tanggal 27–28 Februari 2025. Subjek ialah para dokter muda Fakultas Kedokteran Universitas Tarumanagara (FK UNTAR) yang akan memasuki rotasi klinik pertama. Pemilihan populasi ini dilakukan secara *total sampling* terhadap subjek yang memenuhi kriteria inklusi. Kriteria inklusi meliputi dokter muda yang: berusia minimal 21 tahun, telah menyelesaikan seluruh tahapan preklinik, bersedia mengikuti prosedur pengambilan data dengan memberikan persetujuan tertulis (*inform consent*), tidak sedang mengonsumsi suplemen vitamin D dalam 2 minggu terakhir. Kriteria eksklusi mencakup individu yang sedang mengalami gangguan muskuloskeletal atau kondisi medis yang memengaruhi kekuatan tangan, memiliki riwayat penyakit metabolik kronis (seperti diabetes mellitus atau gangguan tiroid),

tidak menjalani puasa selama minimal 8 jam sebelum pemeriksaan darah.

Parameter studi mencakup beberapa aspek komposisi tubuh dan status nutrisi. Pengukuran komposisi tubuh dilakukan dengan alat bioimpedansi Karada Scan OMRON HBF-375, yang mencakup total lemak tubuh, lemak visceral, lemak subkutan, dan total otot rangka. Tinggi badan diukur menggunakan microtoise merek GEA dalam posisi anatomis tegak. Kekuatan genggam tangan dinilai dengan Digital Hand Dynamometer CAMRY EH101, menggunakan rata-rata hasil pengukuran tangan kanan dan kiri, sesuai prosedur operasional standar (SPO) WHO dalam posisi duduk dengan siku membentuk sudut 90 derajat tanpa penopang. Kadar vitamin D serum dalam bentuk 25-hidroksi-vitamin D (25(OH)D) diukur melalui metode Flow Injection Analysis (FIA). Seluruh subjek diinstruksikan untuk menjalani puasa minimal 8 jam sebelum pengambilan sampel darah vena.

Data dianalisis dengan uji Pearson Correlation, namun akan menggunakan Spearman Rank Correlation jika berdasarkan uji normalitas Kolmogorov-Smirnov data tidak berdistribusi normal. Korelasi antara kadar vitamin D dan komposisi tubuh serta kekuatan genggam tangan disajikan dalam bentuk tabel koefisien korelasi dan ditampilkan pula

secara visual melalui *forest plot* untuk menunjukkan interval kepercayaan 95% pada nilai alfa 5% dan beta 20% (power 80%). Tabel heatmap digunakan untuk menjelaskan interkorelasi antar parameter dan indikator sindrom metabolik.

## HASIL STUDI

Studi ini melibatkan 96 responden yang memenuhi kriteria inklusi, dengan rerata

usia 22,33 tahun dan mayoritas berjenis kelamin perempuan (80,2%). Rerata kadar vitamin D (25(OH)D) sebesar 61,41 ng/mL dengan rentang 32 ng/mL hingga 96 ng/mL. Komposisi tubuh menunjukkan bahwa rerata total lemak tubuh sebesar 29,43%, lemak visceral 7,4%, dan lemak subkutan 26,22%. Sementara itu, rerata total otot rangka ialah 28,12% dan kekuatan genggam tangan 27,27 kg. **(Tabel 1)**

**Tabel 1. Karakteristik responden (N=96)**

| Variabel                      | Jumlah (%) | Mean (SD)     | Median (Min-Max)    |
|-------------------------------|------------|---------------|---------------------|
| Usia                          |            | 22,33 (1,46)  | 22 (21-33)          |
| Jenis kelamin                 |            |               |                     |
| Laki-laki                     | 19 (19,8%) |               |                     |
| Perempuan                     | 77 (80,2%) |               |                     |
| Kadar vit D (25(OH)D) (ng/mL) |            | 61,41 (16,82) | 58 (32-96)          |
| Total Lemak Tubuh (%)         |            | 29,43 (7,74)  | 30,4 (6,9 – 51,1)   |
| Lemak Visceral (%)            |            | 7,4 (5,02)    | 6,5 (1 – 28,5)      |
| Total Lemak Subkutan (%)      |            | 26,22 (10,80) | 25,85 (2,9 – 68,7)  |
| Total Otot Rangka (%)         |            | 28,12 (5,48)  | 26,8 (18,7 – 44,6)  |
| Kekuatan Genggam Tangan (Kg)  |            | 27,27 (11,28) | 23,9 (14,65 – 84,5) |

Analisis korelasi Spearman menunjukkan bahwa kadar vitamin D memiliki korelasi negatif lemah namun signifikan terhadap total lemak tubuh ( $r = -0.201$ ;  $p = 0.049$ ) dan lemak subkutan ( $r = -0.219$ ;  $p = 0.032$ ), mengindikasikan bahwa semakin tinggi kadar vitamin D, semakin rendah proporsi lemak tubuh, khususnya lemak subkutan. Namun, kadar vitamin D tidak menunjukkan hubungan yang signifikan dengan lemak

visceral, total otot rangka, maupun kekuatan genggam tangan, sebagaimana tercermin dari nilai  $p > 0.05$  dan koefisien korelasi yang kecil. Penelusuran dari sisi komposisi tubuh, terdapat korelasi negatif sangat kuat antara total lemak tubuh dan total otot rangka ( $r = -0.795$ ;  $p < 0.001$ ), mengindikasikan bahwa akumulasi lemak berkaitan erat dengan penurunan massa otot. Hubungan ini juga diperkuat dengan

korelasi positif signifikan antara total otot rangka dan kekuatan genggam tangan ( $r = 0.463$ ;  $p < 0.001$ ), mendukung bahwa massa

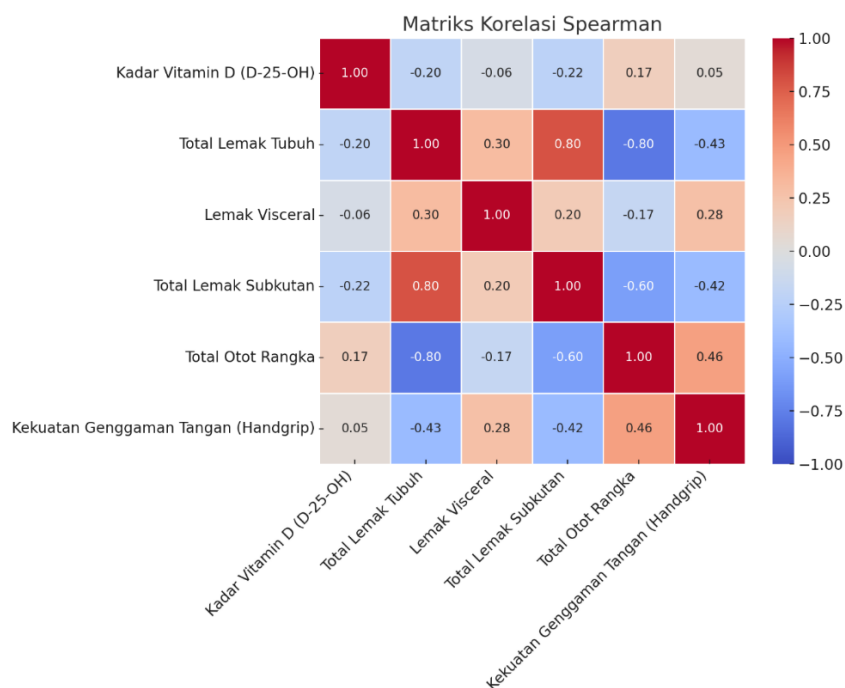
otot yang lebih besar berkontribusi pada peningkatan kekuatan otot fungsional (Tabel 2 dan Gambar 1)

**Tabel 2. Korelasi kadar vitamin D (25(OH)D) terhadap komposisi lemak otot tubuh dan kekuatan genggam tangan**

| Parameter      |                           |                         | Kadar Vitamin D (25(OH)D) | Total Lemak Tubuh | Lemak Viseral | Total Lemak Subkutan | Total Otot Rangka | Kekuatan Genggam Tangan (Handgrip) |
|----------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|---------------|----------------------|-------------------|------------------------------------|
| Spearman's rho | Kadar Vitamin D (25(OH)D) | Correlation Coefficient | 1.000                     | -.201*            | -.056         | -.219*               | .167              | .046                               |
|                |                           | Sig. (2-tailed)         | .                         | .049              | .588          | .032                 | .104              | .656                               |
|                | Total Lemak Tubuh         | Correlation Coefficient | -.201*                    | 1.000             | .305**        | .803**               | -.795**           | -.427**                            |
|                |                           | Sig. (2-tailed)         | .049                      | .                 | .003          | .000                 | .000              | .000                               |
|                | Lemak Viseral             | Correlation Coefficient | -.056                     | .305**            | 1.000         | .198                 | -.168             | .276**                             |
|                |                           | Sig. (2-tailed)         | .588                      | .003              | .             | .054                 | .102              | .006                               |
|                | Total Lemak Subkutan      | Correlation Coefficient | -.219*                    | .803**            | .198          | 1.000                | -.598**           | -.423**                            |
|                |                           | Sig. (2-tailed)         | .032                      | .000              | .054          | .                    | .000              | .000                               |
|                | Total Otot Rangka         | Correlation Coefficient | .167                      | -.795**           | -.168         | -.598**              | 1.000             | .463**                             |
|                |                           | Sig. (2-tailed)         | .104                      | .000              | .102          | .000                 | .                 | .000                               |
|                | Kekuatan Genggam Tangan   | Correlation Coefficient | .046                      | -.427**           | .276**        | -.423**              | .463**            | 1.000                              |
|                |                           | Sig. (2-tailed)         | .656                      | .000              | .006          | .000                 | .000              | .                                  |

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

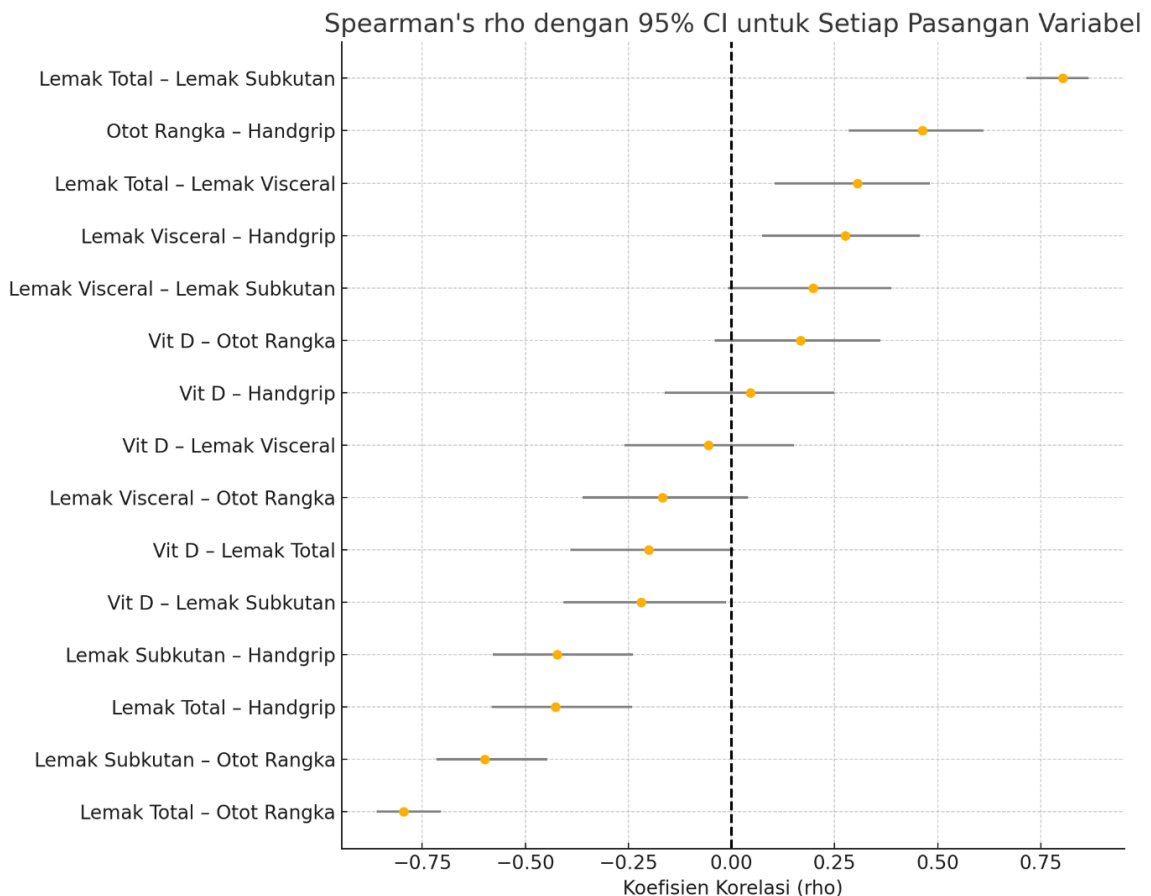
\*\*, Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).



**Gambar 1. Heatmap interkorelasi antar parameter dan indikator sindrom metabolik**

Visualisasi *heatmap* pada Gambar 1 mempertegas pola korelasi ini, di mana intensitas warna biru menggambarkan korelasi negatif kuat (seperti antara total lemak tubuh dan otot rangka), sedangkan warna merah menunjukkan korelasi positif (misalnya antara total lemak tubuh dan lemak subkutan). Sementara itu, Gambar 2 dalam bentuk *forest plot* memperlihatkan interval kepercayaan untuk masing-masing koefisien korelasi.

Beberapa pasangan variabel, seperti total lemak tubuh dengan otot rangka, menunjukkan interval yang tidak melintasi titik nol, menandakan korelasi yang signifikan. Sebaliknya, pasangan kadar vitamin D dengan otot rangka dan kekuatan genggamannya memiliki interval yang memotong nol, menandakan hubungan yang tidak bermakna secara statistik.



**Gambar 2.** Plot interval kepercayaan korelasi pada nilai alfa < 5% antar kadar vitamin D (25(OH)D) terhadap komposisi lemak otot tubuh dan kekuatan genggamannya

## PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan rerata kadar vitamin D (25(OH)D) sebesar 62.41 ng/mL dengan rentang 32 – 96 ng/mL. Dengan rerata usia 22,33 tahun, nilai ini lebih tinggi dibandingkan oleh Garrahan, *et al* yang menunjukkan rerata kadar serum 25(OH)D hanya sebesar 22,8 ± 10 ng/mL pada responden dengan rerata usia 23,7 ± 3,1 tahun.<sup>7</sup> Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh beragamnya karakteristik responden pada studi pembandingan, seperti perbedaan ras, jumlah sampel, dan nilai indeks massa tubuh (IMT), riwayat paparan matahari dan pola makan responden yang tidak dinilai pada studi ini.

Analisa Spearman dalam menentukan korelasi antara kadar vitamin D dengan total lemak tubuh dan lemak subkutan menunjukkan semakin tinggi kadar vitamin D, maka semakin rendah kadar total lemak tubuh, terutama lemak subkutan. Hal ini sejalan dengan studi Zhu, *et al* yang menunjukkan korelasi negatif antara kadar vitamin D dengan massa lemak tubuh.<sup>8</sup> Terlebih studi oleh Dogan, *et al.* menunjukkan peningkatan penebalan lemak subkutan pada regio lengan atas, lengan bawah, dan paha.<sup>9</sup>

Studi ini juga didapatkan hasil bahwa kadar vitamin D tidak menunjukkan korelasi yang signifikan dengan lemak

viseral, total otot rangka, maupun kekuatan genggam tangan. Temuan ini berbeda dengan beberapa studi sebelumnya, seperti studi oleh Cominacini, *et al* yang menyebutkan hubungan signifikan antara kadar serum vitamin D dengan kadar lemak visceral.<sup>10</sup> Studi lain oleh Fox, *et al* mendapati adanya hubungan kuat antara kadar vitamin D dengan kekuatan genggam tangan.<sup>11</sup> Perbedaan hasil ini kemungkinan disebabkan oleh variasi populasi dan karakteristik subjek, di mana mahasiswa kedokteran tahap klinik awal cenderung memiliki aktivitas fisik, paparan sinar matahari, dan komposisi tubuh yang lebih homogen, sehingga mengurangi variabilitas kadar vitamin D dan dampaknya terhadap lemak visceral, otot rangka, maupun kekuatan otot tangan.

Hubungan antara vitamin D dan lemak tubuh telah banyak diteliti, dan sebagian besar studi menunjukkan bahwa kadar vitamin D berbanding terbalik dengan jumlah lemak tubuh total, khususnya lemak visceral. Salah satu mekanisme yang diusulkan ialah sequestrasi vitamin D dalam jaringan lemak, yang mengurangi ketersediaannya dalam sirkulasi. Individu dengan indeks massa tubuh (IMT) tinggi cenderung memiliki kadar vitamin D yang lebih rendah

dibandingkan dengan individu yang memiliki IMT normal. Meta-analisis oleh Vimalleswaran, *et al* menunjukkan bahwa obesitas yang ditandai dengan tingginya nilai IMT, secara signifikan meningkatkan risiko defisiensi vitamin D sehingga menandakan adanya hubungan timbal balik antara akumulasi lemak dan status vitamin D.<sup>12-14</sup>

Selain kaitannya dengan lemak tubuh, vitamin D juga berperan dalam menjaga massa otot rangka. Studi observasional oleh Kulkarni, *et al* menunjukkan bahwa defisiensi vitamin D berhubungan dengan penurunan massa otot bebas lemak (*lean mass*), bahkan pada individu usia muda. Vitamin D memfasilitasi sintesis protein otot melalui jalur VDR dan membantu mencegah proses atrofi otot. Kadar vitamin D yang rendah pada populasi muda dapat berdampak jangka panjang terhadap kebugaran dan kapasitas fungsional, serta meningkatkan risiko kelemahan muskuloskeletal di usia lanjut.<sup>15</sup>

Selain korelasi dengan kadar vitamin D, variabel total lemak tubuh pada penelitian ini juga berkorelasi total otot rangka ( $r = -0.795; p < 0.001$ ). Lemak tubuh berlebih, terutama jaringan adiposa visceral, dapat menghasilkan sitokin proinflamasi seperti IL-6 dan TNF- $\alpha$  yang mengganggu homeostasis otot dengan menghambat

sintesis protein dan merangsang degradasi otot melalui aktivasi jalur ubiquitin-proteasome. Selain itu, kelebihan lemak juga dapat menyebabkan resistensi insulin, yang menurunkan aktivitas jalur anabolik PI3K-Akt-mTOR yang berperan penting dalam pembentukan dan pemeliharaan massa otot. Akumulasi lipid di dalam serat otot (*lipotoxicity*) turut mengganggu fungsi mitokondria dan memperburuk kualitas otot. Secara keseluruhan, interaksi antara peradangan kronik, gangguan metabolik, dan disfungsi otot menjelaskan penurunan massa otot rangka pada individu dengan lemak tubuh tinggi. Hasil ini didukung studi Das dan Goswami yang menunjukkan hubungan negatif antara total lemak tubuh dan massa otot rangka secara tidak langsung melalui mekanisme yang kompleks.<sup>16-19</sup>

Lebih lanjut, pada studi ini variabel total otot rangka dan kekuatan genggam tangan juga berkorelasi dengan signifikan ( $r = 0.463; p < 0.001$ ). Temuan ini konsisten dengan studi oleh Riviati, *et al* yang melaporkan bahwa penurunan massa otot rangka berhubungan dengan penurunan performa otot.<sup>20</sup> Massa otot yang lebih besar menyediakan jumlah serat otot yang lebih banyak dan luas penampang otot yang lebih besar, sehingga mampu menghasilkan gaya

kontraksi yang lebih besar, termasuk dalam aktivitas seperti menggenggam. Selain itu, kualitas otot yang baik juga berkontribusi terhadap efisiensi neuromuskular, yang turut memengaruhi kekuatan. Oleh karena itu, hubungan positif antara total otot rangka dan kekuatan genggam tangan pada studi ini dapat dijelaskan melalui kontribusi struktural dan fungsional otot terhadap performa fisik.<sup>3,21</sup>

## KESIMPULAN

Studi ini menunjukkan bahwa kadar vitamin D berkorelasi negatif secara signifikan namun lemah terhadap total lemak tubuh dan lemak subkutan, namun tidak menunjukkan hubungan yang bermakna dengan lemak visceral, massa otot rangka, maupun kekuatan genggam tangan pada mahasiswa kedokteran tahap klinik awal. Di sisi lain, ditemukan hubungan negatif yang kuat antara total lemak tubuh dan otot rangka, serta korelasi positif antara massa otot rangka dan kekuatan genggam tangan, yang menegaskan peran penting komposisi otot dalam menunjang fungsi fisik.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Kirwan R. Differential effects of vitamin D on upper and lower body fat-free mass: potential mechanisms. *Mol Biol Rep*. 2023;50(1):883–8.
2. Montenegro KR, Cruzat V, Carlessi R, Newsholme P. Mechanisms of Vitamin D action in skeletal muscle. *Nutr Res Rev*. 2019;32(2):192–204.
3. Trinidad-Fernández M, González-Molina F, Moya-Esteban A, Roldán-Jiménez C, González-Sánchez M, Cuesta-Vargas A. Muscle activity and architecture as a predictor of hand-grip strength. *Physiol Meas*. 2020;41(7):075008.
4. Santoso AH, Silaban DY, Charissa O. Pemetaan awal kadar 25(OH)D dan faktor risiko defisiensi vitamin D pada dewasa muda di Jakarta Barat. *Tarumanagara Med J*. 2023;5(1):16–25.
5. Musumeci G. Sarcopenia and exercise “The state of the art.” *J Funct Morphol Kinesiol*. 2017;2(4):40[11p].
6. Correa-Rodríguez M, Ramírez-Vélez R, Correa-Bautista JE, Castellanos-Vega R del P, Arias-Coronel F, González-Ruiz K, et al. Association of muscular fitness and body fatness with cardiometabolic risk factors: The FUPRECOL study. *Nutrients*. 2018;10(11):1–13.
7. Garrahan M, Gehman S, Rudolph SE, Tenforde AS, Ackerman KE, Popp KL, et al. Serum 25-Hydroxyvitamin D is Associated With Bone Microarchitecture and Strength in a Multiracial Cohort of Young Adults. *J Clin Endocrinol Metab*. 2022;107(9):E3679–88.
8. Zhu K, Oddy WH, Holt P, Ping-Delfos WCS, McVeigh J, Straker L, et al. Relationship between Vitamin D status from childhood to early adulthood with body composition in young Australian adults. *J Endocr Soc*. 2019;3(3):563–76.
9. Doğan Y, Kara M, Culha MA, Özçakar L, Kaymak B. The relationship between vitamin D deficiency, body composition, and physical/cognitive functions. *Arch Osteoporos*. 2022;17(1):66.
10. Cominacini M, Fumaneri A, Ballerini L, Braggio M, Valenti MT, Dalle Carbonare L. Unraveling the Connection: Visceral Adipose Tissue and Vitamin D Levels in Obesity. *Nutrients*. 2023;15(19):1–14.

11. Fox FAU, Koch L, Breteler M, Aziz N. 25-hydroxyvitamin D level is associated with greater grip strength across adult life span : a population-based cohort study. *Endocr Connect.* 2023;12(4):e220501.
12. Vimalaswaran KS, Berry DJ, Lu C, Tikkanen E, Pilz S, Hiraki LT, et al. Causal Relationship between Obesity and Vitamin D Status Causal Relationship between Obesity and Vitamin D Status: Bi-Directional Mendelian Randomization Analysis of Multiple Cohorts. *PLOS Med.* 2013;10(2):e1001383
13. Park CY, Shin Y, Kim JH, Zhu S, Jung YS, Han SN. Effects of high fat diet-induced obesity on vitamin D metabolism and tissue distribution in vitamin D deficient or supplemented mice. *Nutr Metab.* 2020;17(1):1–12.
14. Li Y feng, Zheng X, Gao W lan, Tao F, Chen Y. Association between serum vitamin D levels and visceral adipose tissue among adolescents: a cross-sectional observational study in NHANES 2011–2015. *BMC Pediatr.* 2022;22(1):1–14.
15. Kulkarni B, Kuper H, Kinra S, Charyulu M, Ben-Shlomo Y, Smith G, et al. Relationship of Vitamin D Status with Muscle Mass and Muscle Strength in Young Indian Adults – Evidence from Andhra Pradesh Children and Parents Study Cohort. *Eur J Nutr Food Saf.* 2015;5(5):918–9.
16. Wu H, Ballantyne CM, Wu H, Ballantyne CM. Skeletal muscle inflammation and insulin resistance in obesity Skeletal muscle inflammation and insulin resistance in obesity. *J Clin Invest.* 2017;127(1):43–54.
17. Webster JM, Kempen LJAP, Hardy RS, Langen RCJ. Inflammation and Skeletal Muscle Wasting During Cachexia. *Front Physiol.* 2020;11:597675.
18. Abdullah MY, Alqwaidi SD, Alshehri AM, Alamry FA, Alamri RS. Obesity-Induced Inflammation and Its Role in the Development of Insulin Resistance. *J Healthcare Sci.* 2024;4(10):448–54.
19. Das D, Goswami H. Exercise Capability with Total Body Fat Percent & Skeletal Muscle Percent in Male Students aged 18 - 25 Years : A Correlational Study. *Journal for ReAttach Therapy and Developmental Diversities.* 2023;6(9):1856–71.
20. Riviati N, Indra B. Relationship between muscle mass and muscle strength with physical performance in older adults: A systematic review. *Sage Open Med.* 2023;11:20503121231214650.
21. Semenova EA, Kikuchi N, Homma H, Kozuma A, Saito M, Zempo H, et al. Identification of Genomic Predictors of Muscle Fiber Size. *Cells.* 2024;13(14):1212[13p].