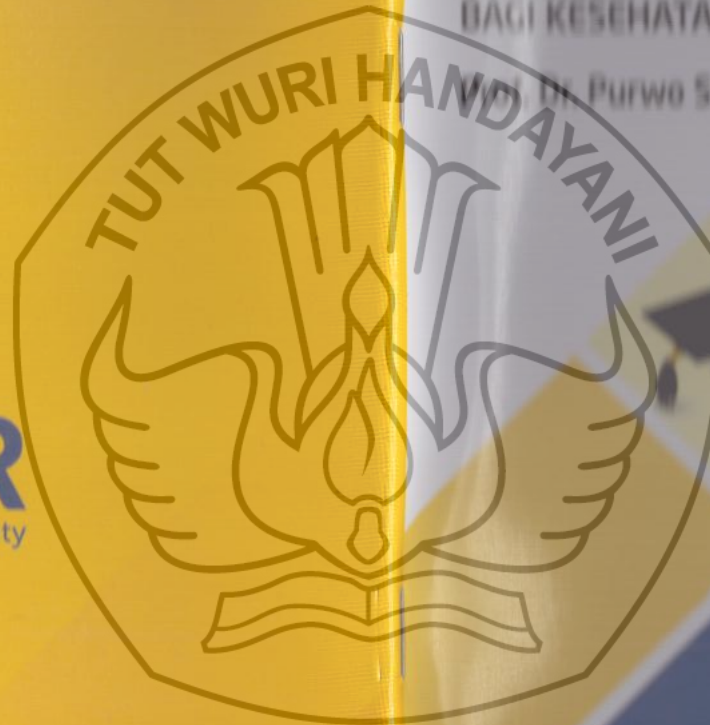




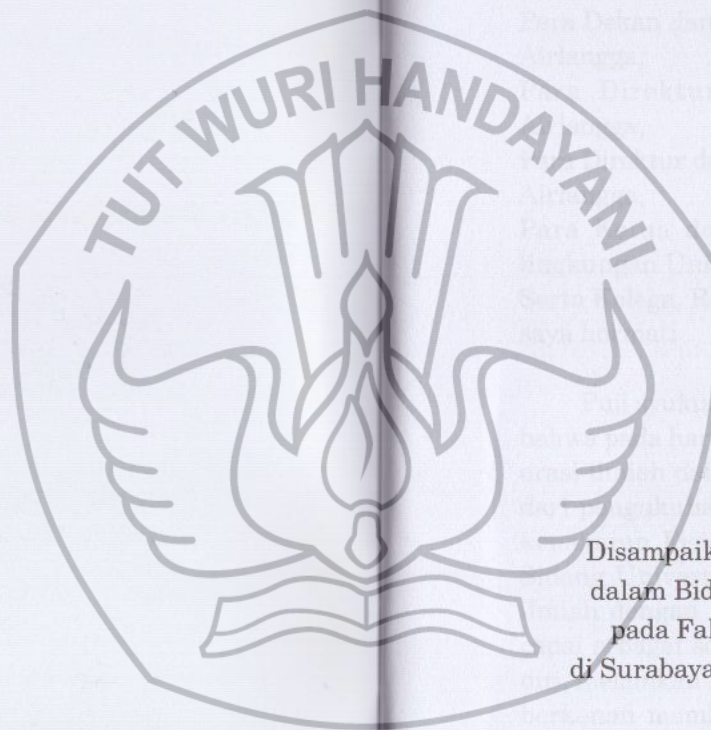
PIDATO PENGUKUHAN

INTEGRASI FISILOGI DALAM STRATEGI
PREVENTIF OBESITAS: BUKTI EMPIRIS,
PENDEKATAN INTERDISIPLINER, DAN IMPLIKASINYA
BAGI KESEHATAN MASYARAKAT INDONESIA

Prof. Dr. Purwo Sri Rejeki, dr., M.Kes.



**INTEGRASI FISILOGI DALAM STRATEGI
PREVENTIF OBESITAS: BUKTI EMPIRIS,
PENDEKATAN INTERDISIPLINER, DAN IMPLIKASINYA
BAGI KESEHATAN MASYARAKAT INDONESIA**



Pidato

Disampaikan pada Pengukuhan Jabatan Guru Besar
dalam Bidang Ilmu Fisiologi Metabolisme dan Aging
pada Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga
di Surabaya pada Hari Kamis, Tanggal 22 Januari 2026

Oleh

PURWO SRI REJEKI

Assalaamualaikum warahmatullaahi wabarokaatuh,

Yang saya hormati

Ketua dan Anggota Majelis Wali Amanat Universitas Airlangga,
 Rektor Universitas Airlangga,
 Ketua dan Anggota Senat Akademik Universitas Airlangga,
 Para Wakil Rektor Universitas Airlangga,
 Sekretaris Universitas Airlangga,
 Para Dekan dan Wakil Dekan Fakultas di lingkungan Universitas Airlangga,
 Para Direktur dan Wakil Direktur Sekolah Universitas Airlangga,
 Para Direktur dan Sekretaris Direktorat di lingkungan Universitas Airlangga,
 Para Ketua dan Sekretaris Badan, Lembaga, dan Pusat di lingkungan Universitas Airlangga,
 Serta Kolega, Rekan, Keluarga, Undangan dan para hadirin yang saya hormati

Puji syukur ke hadirat Allah Yang Maha Rahman dan Rahim, bahwa pada hari ini saya diberi kehormatan untuk menyampaikan orasi ilmiah dalam Sidang Universitas Airlangga, sebagai bagian dari pengukuhan saya sebagai Guru Besar dalam ranting ilmu/kepakaran Fisiologi Metabolisme dan Aging. Pada kesempatan Sidang Universitas Airlangga ini, izinkan saya membuka orasi ilmiah dengan penuh kerendahan hati. Apa yang hari ini saya capai sebagai seorang Guru Besar tidaklah lahir dari kehebatan diri, melainkan semata karena Maha Pemurahnya Allah yang telah berkenan memberikan percikan kecil dari keluasan kecerdasan dan ilmu-Nya. Ilmu pengetahuan laksana cahaya yang tak pernah dapat digenggam sepenuhnya. Ia hanya singgah sejenak, menerangi pikiran dan nurani, lalu menuntut tanggung jawab untuk diamalkan. Tugas seorang akademisi bukanlah mengklaim cahaya itu sebagai miliknya, melainkan menjaga agar percikan tersebut tetap menyala dan memberi manfaat bagi sesama. Kesadaran ini

semoga senantiasa membimbing langkah saya dalam menapaki perjalanan akademik hingga ke depannya.

Orasi ilmiah ini saya beri judul “Integrasi Fisiologi dalam Strategi Preventif Obesitas: Bukti Empiris, Pendekatan Interdisipliner, dan Implikasinya bagi Kesehatan Masyarakat Indonesia.” Judul ini merepresentasikan ikhtiar dan perjalanan keilmuan saya dalam memahami obesitas tidak hanya sebagai persoalan medis individual, tetapi sebagai fenomena fisiologis yang kompleks, yang menuntut pendekatan ilmiah yang utuh, lintas disiplin, dan dan relevan secara langsung dengan tantangan kesehatan masyarakat Indonesia.

OBESITAS SEBAGAI TANTANGAN KESEHATAN GLOBAL DAN NASIONAL

Overweight dan obesitas merupakan akumulasi lemak tubuh berlebih yang berisiko terhadap kesehatan. Pada dewasa, *World Health Organization* (WHO) mendefinisikan *overweight* dan obesitas masing-masing didefinisikan sebagai indeks masa tubuh (IMT) ≥ 25 dan ≥ 30 . Pada anak usia 5–19 tahun, *overweight* dan obesitas ditetapkan berdasarkan IMT menurut usia di atas 1 dan 2 standar deviasi median rujukan WHO, sedangkan pada anak di bawah 5 tahun berdasarkan berat badan menurut tinggi badan di atas 2 standar deviasi standar pertumbuhan WHO (1). Sedangkan untuk Asia Pasifik, WHO mengklasifikasikan IMT $\geq 23 \text{ kg/m}^2$ untuk *overweight* dan $\geq 25 \text{ kg/m}^2$ untuk obesitas, serta lingkaran pinggang (*waist circumference*) $> 90 \text{ cm}$ laki laki, dan $> 80 \text{ cm}$ perempuan (2).

Obesitas saat ini telah berkembang menjadi epidemi global yang nyata dan terus meningkat (3). Dalam tiga dekade terakhir, obesitas telah mengalami peningkatan prevalensi yang tajam dan berkelanjutan. Pada tahun 1990, sekitar 25% populasi dewasa dunia tergolong *overweight*, dengan proporsi obesitas yang relatif lebih rendah. Namun pada tahun 2022, prevalensi tersebut meningkat menjadi 43% populasi dewasa, dengan 16% di antaranya yaitu sekitar 890 juta orang hidup dengan obesitas. Angka ini menandai

peningkatan lebih dari dua kali lipat dibandingkan tiga dekade sebelumnya. Pada kelompok usia anak dan remaja, eskalasi ini bahkan lebih dramatis di mana prevalensi *overweight* meningkat dari 8% pada tahun 1990 menjadi 20% pada tahun 2022. Sementara obesitas meningkat dari sekitar 2% menjadi 8%, atau meningkat empat kali lipat dalam kurun waktu yang sama. Lebih lanjut, pada tahun 2024 diperkirakan terdapat 35 juta anak usia di bawah lima tahun yang telah mengalami kelebihan berat badan, menunjukkan bahwa obesitas kini telah bermula sejak fase paling awal dalam siklus kehidupan. Bahkan, proyeksi global memperkirakan bahwa pada tahun 2030, sekitar 20% populasi dewasa dunia akan menderita obesitas, dengan total hampir tiga miliar penduduk dunia masuk dalam kategori *overweight* dan obesitas (4). Angka-angka ini mencerminkan perubahan besar dalam pola hidup manusia modern dan menjadi peringatan serius bagi sistem kesehatan global (5).

Indonesia berada dalam arus peningkatan yang sama (6). Data Riset Kesehatan Dasar menunjukkan bahwa prevalensi obesitas pada penduduk dewasa berusia di atas 18 tahun meningkat secara konsisten dan tajam, dari 10,5 persen pada tahun 2007, menjadi 14,8 persen pada tahun 2013, dan melonjak hingga 21,8 persen pada tahun 2018 (7). Pada saat yang sama, prevalensi kelebihan berat badan juga meningkat dari 8,6 persen pada tahun 2007 menjadi 13,6 persen pada tahun 2018 (8). Berdasarkan *World Obesity Atlas* (2022), Indonesia menempati urutan ke-3 dari 10 negara di Asia Tenggara dengan estimasi prevalensi obesitas tertinggi, baik pada perempuan (14%) maupun laki-laki (8%). Data Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023 menunjukkan prevalensi obesitas dewasa (kelompok usia lebih dari 18 tahun) naik dari 21,8% (tahun 2018) menjadi 23,4% (tahun 2023) (2). Dengan kata lain, lebih dari sepertiga populasi dewasa Indonesia saat ini berada dalam kondisi berat badan berlebih dan obesitas (7). Data ini tidak sekadar menunjukkan perubahan angka, tetapi menggambarkan transformasi lingkungan hidup, pola konsumsi, serta menurunnya aktivitas fisik yang berdampak langsung pada respons fisiologis tubuh manusia (9).

Dari perspektif fisiologi, obesitas bukanlah sekadar akumulasi lemak, melainkan kondisi klinis kompleks yang memengaruhi hampir seluruh sistem organ (10). Lemak berlebih, khususnya lemak visceral, memicu resistensi insulin dan gangguan homeostasis glukosa, yang menjadi dasar munculnya diabetes melitus tipe 2, hipertensi, dislipidemia, dan penyakit kardiovaskular (11). Jaringan adiposa yang mengalami hipertrofi berperan aktif sebagai sumber inflamasi kronis tingkat rendah melalui peningkatan sitokin proinflamasi seperti interleukin-6 dan *tumor necrosis factor alfa* (TNF- α), sekaligus menurunkan faktor protektif seperti adiponectin (12). Pada tingkat seluler dan molekuler, kondisi ini mempercepat proses penuaan biologis melalui peningkatan stres oksidatif dan disregulasi jalur sinyal nutrisi (10). Dengan demikian, obesitas dapat dianalogikan sebagai tubuh yang dipaksa membawa beban jauh melampaui kapasitas rancangannya, membuat sistem bekerja terlalu keras, memanas secara kronis, dan mengalami kerusakan dini (3). Inilah yang menjadikan obesitas sebagai persoalan kesehatan masyarakat yang mendesak dan menuntut strategi preventif berbasis pemahaman fisiologis yang kuat dan terintegrasi (3,9).

Kompleksitas tata laksana *overweight* dan obesitas menjadi alasan utama mengapa upaya preventif harus ditempatkan sebagai strategi paling krusial. Penanganan obesitas memerlukan pendekatan multidisiplin yang panjang dan berlapis, mulai dari skrining, evaluasi komprehensif terhadap komplikasi kardiometabolik, mekanik, dan mental, hingga terapi jangka panjang yang bersifat individual. Diagnosis obesitas pun tidak lagi sederhana, karena tidak hanya ditentukan oleh indeks massa tubuh, tetapi juga oleh stadium penyakit dan derajat komorbiditasnya sebagaimana tercermin dalam Klasifikasi Edmonton (2). Intervensi yang tersedia mulai dari modifikasi gaya hidup, dukungan psikologis, terapi farmakologis, hingga tindakan bariatric, menuntut sumber daya yang besar, waktu yang panjang, serta komitmen tinggi dari pasien dan sistem kesehatan. Bahkan setelah berat badan berhasil diturunkan, pasien masih harus menjalani fase pemeliharaan seumur hidup untuk mencegah kekambuhan.

Inilah yang menjadikan obesitas sebagai persoalan kesehatan masyarakat yang mendesak dan menuntut strategi preventif berbasis pemahaman fisiologis yang kuat dan terintegrasi, agar intervensi dapat dilakukan lebih dini, lebih efektif, dan lebih berkelanjutan sepanjang siklus kehidupan.

PERMASALAHAN YANG DIBAHAS

Meningkatnya prevalensi obesitas, baik secara global maupun nasional, menunjukkan bahwa persoalan ini tidak dapat dipahami secara sederhana sebagai akibat dari kelebihan asupan energi semata (3,6). Obesitas merupakan kondisi kompleks yang berakar pada interaksi berbagai mekanisme fisiologis yang melibatkan sistem metabolik, endokrin, saraf, dan muskuloskeletal (9,13). Oleh karena itu, permasalahan pertama yang menjadi fokus dalam orasi ilmiah ini adalah **bagaimana mekanisme fisiologis mendasari terjadinya obesitas dan berbagai penyakit metabolik yang menyertainya**. Pemahaman yang tidak utuh terhadap mekanisme tersebut sering kali menyebabkan pendekatan penanganan obesitas bersifat parsial dan kurang berkelanjutan.

Pada tingkat fisiologis, obesitas ditandai oleh terganggunya homeostasis energi dan metabolisme, yang tercermin dalam resistensi insulin, disfungsi jaringan adiposa, serta perubahan regulasi hormonal (14). Jaringan lemak tidak lagi berfungsi sebagai penyimpan energi pasif, melainkan menjadi organ endokrin aktif yang memproduksi berbagai mediator inflamasi (13). Ketidakseimbangan sinyal-sinyal ini berdampak sistemik dan menjadi landasan munculnya penyakit metabolik kronis seperti diabetes melitus tipe 2, penyakit kardiovaskular, dan gangguan fungsi otot pada usia lanjut (15). Permasalahan ini menuntut kajian fisiologis yang mendalam agar strategi pencegahan tidak hanya berorientasi pada penurunan berat badan, tetapi juga pada pemulihan fungsi biologis tubuh secara menyeluruh.

Permasalahan kedua yang saya angkat dalam orasi ilmiah ini adalah **bagaimana bukti empiris - sebagai pilar utama pengembangan strategi preventif obesitas berbasis fisiologi-**

belum sepenuhnya diterjemahkan ke dalam pendekatan pencegahan yang terintegrasi dan berkelanjutan. Berbagai penelitian eksperimental, klinis, dan populasi menunjukkan bahwa respons fisiologis individu terhadap intervensi gaya hidup sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh usia, komposisi tubuh, tingkat kebugaran, serta status metabolik awal, menegaskan bahwa obesitas bukan sekadar persoalan kelebihan berat badan, melainkan kondisi biologis yang kompleks dan dinamis. Dalam konteks ini, aktivitas fisik dan olahraga kerap dipahami secara sempit sebagai sarana pembakaran kalori, padahal dari sudut pandang fisiologi, kontraksi otot merupakan stimulus biologis yang kuat untuk memicu adaptasi metabolik melalui peningkatan sensitivitas insulin, perbaikan fungsi mitokondria, penekanan peradangan kronis, dan pemeliharaan keseimbangan energi (6,12,15).

Di sisi lain, praktik pembatasan asupan energi seperti puasa; baik dalam bentuk puasa intermiten, pembatasan waktu makan, maupun puasa yang berakar pada nilai budaya dan religius, juga memberikan stimulus fisiologis yang signifikan. Dari sudut pandang fisiologi, puasa mendorong peralihan metabolisme dari dominasi penggunaan glukosa menuju pemanfaatan lemak sebagai sumber energi, meningkatkan fleksibilitas metabolik, serta mengaktifkan mekanisme perbaikan seluler seperti autofagi (16). Puasa bukan sekadar menahan makan, melainkan kondisi adaptif yang memungkinkan tubuh melakukan penataan ulang metabolisme dan mempertahankan homeostasis energi dalam jangka panjang (11).

Namun demikian, pemahaman mengenai bagaimana aktivitas fisik, olahraga, dan puasa dapat saling melengkapi dalam memodulasi regulasi fisiologis tubuh pada kondisi obesitas masih bersifat parsial dan belum terintegrasi secara sistematis dalam strategi pencegahan di tingkat klinis maupun populasi. Pendekatan parsial yang menekankan salah satu aspek secara terpisah berpotensi menghasilkan manfaat yang terbatas dan sulit dipertahankan. Oleh karena itu diperlukan kerangka preventif

berbasis pemahaman fisiologis yang komprehensif agar intervensi dapat diterapkan secara tepat, aman, dan berkelanjutan.

Permasalahan ketiga yang menjadi perhatian dalam orasi ini ini berkaitan dengan **perlunya pendekatan interdisipliner berbasis fisiologi dalam memperkuat strategi pencegahan obesitas di tingkat individu dan masyarakat.** Obesitas tidak hanya dipengaruhi oleh faktor biologis, tetapi juga oleh lingkungan, perilaku, sosial, dan kebijakan publik. Tanpa integrasi antar disiplin; seperti fisiologi, ilmu olahraga, gizi, kesehatan masyarakat, dan ilmu perilaku, upaya pencegahan akan sulit mencapai dampak yang luas dan berkelanjutan (17). Dalam konteks ini, fisiologi berperan sebagai fondasi ilmiah yang menjelaskan *mengapa* suatu intervensi efektif baik olahraga, puasa, maupun perubahan perilaku, sementara disiplin lain membantu menjawab *bagaimana* intervensi tersebut dapat diterapkan dalam kehidupan nyata.

Dengan demikian, permasalahan obesitas menuntut pendekatan yang tidak hanya bersifat kuratif, tetapi juga preventif, sistemik, berbasis bukti ilmiah dan berpijak pada pemahaman fisiologis yang utuh. Orasi ilmiah ini berupaya menempatkan fisiologi sebagai poros integratif dalam memahami obesitas, merumuskan strategi pencegahan yang lebih efektif, serta memberikan kontribusi nyata bagi peningkatan kesehatan masyarakat Indonesia.

Mekanisme Fisiologis Obesitas dan Penyakit Metabolik Penyertanya

Mekanisme fisiologis yang mendasari terjadinya obesitas dan berbagai penyakit metabolik penyertanya bersifat kompleks dan saling berkelindan. Obesitas tidak lahir dari satu penyebab tunggal, melainkan merupakan hasil interaksi jangka panjang antara ketidakseimbangan energi, disfungsi jaringan adiposa, peradangan kronis tingkat rendah, serta gangguan regulasi hormonal dan molekuler (3,6,12). Kompleksitas inilah yang menjadikan obesitas sebagai tantangan besar dalam kesehatan masyarakat modern.

1. Ketidakseimbangan Energi dan Ekspansi Jaringan Adiposa

Pada dasarnya, obesitas berawal dari ketidakseimbangan kronis antara asupan energi dan pengeluaran energi (10). Ketika tubuh menerima energi secara terus-menerus melebihi kebutuhannya, kelebihan energi tersebut disimpan dalam bentuk lemak di jaringan adiposa. Proses ini berlangsung melalui pembesaran sel lemak yang sudah ada (*hipertrofi*) maupun pembentukan sel lemak baru (*hiperplasia* atau *adipogenesis*). Dalam kondisi fisiologis normal, jaringan adiposa subkutan berfungsi sebagai penyangga utama untuk tempat penyimpanan energi yang relatif aman. Namun, ketika kapasitas penyimpanan ini terlampaui; baik karena faktor genetik, gaya hidup, maupun stres metabolik, lemak tidak lagi tersimpan secara terkontrol (12).

Kelebihan lemak tersebut akan "tumpah" dan menumpuk di lokasi-lokasi yang secara fisiologis tidak dirancang sebagai tempat penyimpanan, seperti jaringan adiposa visceral di sekitar organ dalam, hati, jantung, dan otot rangka. Fenomena ini dikenal sebagai penumpukan lemak ektopik, dan di sinilah awal berbagai gangguan metabolik bermula. Lemak visceral, khususnya, memiliki aktivitas metabolik dan endokrin yang jauh lebih agresif dibandingkan lemak subkutan, sehingga sangat erat kaitannya dengan peningkatan risiko penyakit metabolik (3,9,12).

2. Adiposopati (*Sick Fat*) dan Disfungsi Metabolik

Seiring dengan membesarnya ukuran sel lemak, jaringan adiposa mengalami perubahan fungsi yang mendasar. Sel lemak yang mengalami hipertrofi berlebihan memasuki kondisi yang dikenal sebagai adiposopati, atau sering disebut sebagai *sick fat*. Dalam keadaan ini, jaringan lemak mengalami hipoksia, stres retikulum endoplasma, dan peningkatan stres oksidatif. Akibatnya, sel-sel lemak melepaskan asam lemak bebas (*free fatty acids*) dalam jumlah berlebihan ke dalam sirkulasi darah (3).

Peningkatan asam lemak bebas ini bersifat lipotoksik, karena dapat merusak fungsi organ vital seperti hati, otot rangka, dan

pankreas. Di otot dan hati, asam lemak bebas mengganggu jalur sinyal insulin, sehingga memicu resistensi insulin. Di pankreas, lipotoksitas dalam jangka panjang berkontribusi pada kegagalan sel beta dalam memproduksi insulin secara adekuat. Dengan demikian, obesitas tidak hanya menjadi masalah penumpukan lemak, tetapi juga menjadi pemicu utama gangguan homeostasis glukosa (9).

3. Inflamasi Kronis Tingkat Rendah

Lebih jauh lagi, jaringan adiposa pada individu dengan obesitas mengalami transformasi menjadi organ imun yang aktif secara patologis. Sel-sel lemak yang mengalami stres dan mati akan menarik infiltrasi sel-sel imun, terutama makrofag tipe M1 yang bersifat pro-inflamasi. Makrofag ini kemudian menghasilkan berbagai sitokin pro-inflamasi, seperti interleukin-6 (IL-6) dan *tumor necrosis factor-alpha* (TNF- α), yang secara langsung mengganggu sinyal dan kerja insulin, mengganggu homeostasis glukosa dan memperburuk resistensi insulin sistemik (15).

Pada saat yang sama, terjadi ketidakseimbangan sekresi hormon adiposa (18). Kadar leptin meningkat tajam seiring bertambahnya massa lemak, namun tubuh mengalami resistensi leptin (15). Resistensi leptin akan mengakibatkan kegagalan penekanan nafsu makan akibat gangguan sinyal kenyang dan peningkatan pengeluaran energi tidak lagi efektif. Sebaliknya, kadar adiponektin, yaitu hormon yang bersifat protektif terhadap peradangan dan meningkatkan sensitivitas insulin, justru menurun (15,18). Kombinasi kondisi ini menciptakan lingkungan internal yang mendukung peradangan kronis tingkat rendah dan disfungsi metabolik yang persisten (9).

4. Disregulasi Jalur *Mammalian Target of Rapamycin Complex* (mTORC1) dan Penuaan Dini

Pada tingkat molekuler, obesitas juga berkaitan dengan disregulasi jalur sinyal nutrisi, terutama jalur mTORC1. Aktivasi mTORC1 yang berlangsung terus-menerus akibat kelebihan nutrisi



akan menghambat mekanisme perbaikan sel, meningkatkan stres metabolik, dan berkontribusi terhadap percepatan proses penuaan seluler. Dengan demikian, obesitas tidak hanya meningkatkan risiko penyakit metabolik, tetapi juga mempercepat proses penuaan biologis (10).

5. Penyakit Metabolik yang Menyertai

Kombinasi antara resistensi insulin, lipotoksitas, inflamasi sistemik, dan disregulasi molekuler inilah yang pada akhirnya memicu berbagai penyakit metabolik penyerta. Kegagalan sel beta pankreas dan resistensi insulin di jaringan perifer menyebabkan diabetes melitus tipe 2 (12). Hipertensi yang dipicu oleh peningkatan aktivitas sistem saraf simpatis, stres oksidatif, dan gangguan fungsi pembuluh darah akibat asam lemak bebas dan leptin (19). Dislipidemia juga bisa terjadi pada obesitas dengan ditandai dengan kadar trigliserida tinggi dan kolesterol HDL yang rendah akibat gangguan metabolisme lemak di hati (7). Di sisi lain, inflamasi kronis mempercepat pembentukan plak pada pembuluh darah (aterosklerosis) dan memicu penyakit kardiovaskular. Kondisi hati berlemak non-alkoholik/ *nonalcoholic fatty liver disease* (NAFLD) juga bisa terjadi akibat penumpukan trigliserida berlebih di dalam sel hati. Seluruh kondisi ini saling memperkuat satu sama lain, membentuk lingkaran patologis yang sulit diputus tanpa intervensi yang tepat (9).

Untuk memudahkan pemahaman tentang penyimpanan energi dalam adiposit, kondisi ini dapat dianalogikan seperti sebuah gudang penyimpanan. Dalam keadaan normal, jaringan lemak berfungsi sebagai kontainer yang menyimpan energi secara rapi dan terkontrol. Namun, ketika energi terus masuk tanpa henti, kontainer tersebut menjadi sesak dan akhirnya tidak lagi mampu menampung isinya. Lemak yang “tumpah” kemudian memenuhi lorong-lorong dan *ruang mesin gudang* organ-organ vital menyebabkan *panas berlebih* berupa peradangan, merusak *sistem kelistrikan* metabolik, dan pada akhirnya mengganggu seluruh fungsi operasional tubuh (9).

Hal ini menegaskan bahwa obesitas adalah penyakit sistemik, bukan sekadar persoalan berat badan. Oleh karena itu, strategi pencegahan dan penanganannya harus berangkat dari pemahaman fisiologis yang komprehensif, integratif, dan berorientasi pada pemulihan fungsi biologis tubuh secara menyeluruh.

Bukti Empiris Pengembangan Strategi Preventif Obesitas Berbasis Fisiologi

1. Aktivitas Fisik dan Olahraga

Berbagai hasil penelitian yang telah saya lakukan menunjukkan bahwa efektivitas olahraga dalam konteks obesitas adalah satunya ditentukan oleh pemilihan **modalitas** latihan (15,19,20). Latihan gabungan yang mengintegrasikan komponen aerobik dan resisten terbukti memberikan dampak fisiologis yang paling komprehensif (15,21). Pendekatan ini tidak hanya menurunkan persentase serta massa lemak tubuh secara bermakna, tetapi secara simultan meningkatkan massa otot rangka. Temuan ini menegaskan bahwa intervensi olahraga yang tepat tidak sekadar mengurangi beban lemak, melainkan juga memperkuat kapasitas metabolik tubuh melalui pemeliharaan dan peningkatan jaringan otot sebagai organ endokrin dan metabolik utama (9,11,15).

Lebih lanjut, bukti empiris memperlihatkan adanya peran spesifik dari masing-masing jenis latihan. Latihan aerobik menunjukkan keunggulan dalam mendorong pembakaran lemak total melalui peningkatan kapasitas oksidatif, sementara latihan beban atau resisten berperan krusial dalam menginduksi hipertrofi otot dan mencegah kehilangan massa otot yang sering menyertai program penurunan berat badan. Sinergi antara kedua jenis latihan ini menjadi landasan penting dalam merancang strategi pencegahan obesitas yang tidak hanya efektif secara jangka pendek, tetapi juga berkelanjutan dalam menjaga fungsi metabolik jangka panjang (15,16).

Menariknya, manfaat olahraga tidak terbatas pada dimensi fisik semata. Program latihan multi-komponen berdurasi relatif singkat, yang mengombinasikan latihan aerobik, kekuatan,

keseimbangan, dan fleksibilitas, terbukti mampu meningkatkan fungsi eksekutif serta fungsi kognitif global, khususnya pada wanita pascamenopause. Hasil penelitian ini menjadi sangat relevan mengingat fase pascamenopause merupakan periode yang ditandai oleh penurunan fungsi metabolik, perubahan komposisi tubuh, serta meningkatnya risiko gangguan kognitif. Aktivitas fisik multi-komponen dalam konteks ini berperan sebagai intervensi fisiologis dan neuroprotektif yang simultan. Temuan ini memberikan bukti empiris bahwa olahraga berperan sebagai intervensi neurofisiologis yang mampu mendukung kesehatan otak, sekaligus memperluas makna pencegahan obesitas dari sekadar pengendalian berat badan menuju peningkatan kualitas hidup dan fungsi manusia secara menyeluruh (22).

Aspek penting lain yang secara konsisten saya temukan dalam berbagai penelitian adalah peran intensitas latihan sebagai penentu utama efektivitas dan keamanan intervensi olahraga pada obesitas (13,20,23). Hasil riset menunjukkan bahwa intensitas moderat, pada kisaran 60–70% denyut jantung maksimal, merupakan zona latihan yang paling optimal. Pada intensitas inilah olahraga berfungsi sebagai stimulus fisiologis yang cukup kuat untuk memicu adaptasi metabolik, namun tetap aman bagi tubuh (3,24).

Latihan dengan intensitas moderat, seperti berenang atau latihan treadmill, terbukti memberikan respons metabolik yang paling menguntungkan, ditandai dengan peningkatan kadar adiponektin yang bersifat anti-inflamasi serta perbaikan ekspresi *glucose transporter-2* (GLUT-2) di pankreas dan hati. Adaptasi ini mencerminkan perbaikan regulasi glukosa dan sensitivitas insulin, yang merupakan inti dari pencegahan komplikasi metabolik pada obesitas. Temuan ini sekaligus menegaskan bahwa respons fisiologis yang bermakna tidak selalu memerlukan latihan dengan intensitas ekstrem (3,5).

Lebih jauh, pendekatan intensitas moderat juga menunjukkan keunggulan dari sisi keamanan sistemik. Berbeda dengan latihan intensitas tinggi yang berpotensi memicu stres fisiologis berlebihan, cedera otot, dan inflamasi akut, intensitas moderat memungkinkan tubuh beradaptasi secara progresif dan berkelanjutan. Dengan

demikian, olahraga tidak hanya efektif secara biologis, tetapi juga realistis untuk diterapkan sebagai strategi preventif jangka panjang di tingkat individu maupun populasi (5,24).

Dalam kerangka konseptual yang lebih luas, temuan-temuan ini memperkuat pandangan bahwa obesitas tidak dapat dipahami semata sebagai akumulasi lemak berlebih, melainkan sebagai suatu kondisi adiposopati, yaitu keadaan ketika jaringan lemak mengalami disfungsi biologis. Pada adiposopati, jaringan adiposa tidak lagi berperan sebagai tempat penyimpanan energi yang inert, tetapi berubah menjadi organ endokrin dan imun yang aktif menghasilkan mediator pro-inflamasi. Kondisi ini menciptakan inflamasi kronis tingkat rendah yang persisten dan menjadi fondasi bagi resistensi insulin, disfungsi metabolik, serta percepatan proses penuaan biologis yang dikenal sebagai *inflammaging* (9,11).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa olahraga memiliki kemampuan unik untuk mengintervensi jalur patologi ini. Aktivitas fisik, khususnya latihan dengan intensitas moderat, bertindak sebagai stimulus fisiologis yang mampu menggeser lingkungan imunometabolik dari keadaan pro-inflamasi menuju keadaan yang lebih adaptif (4,13,18). Kontraksi otot rangka selama latihan memicu pelepasan mioqin, terutama Interleukin-6 (IL-6), yang dalam konteks ini berperan sebagai mediator anti-inflamasi. Interleukin-6 yang berasal dari otot berbeda secara biologis dari IL-6 yang dihasilkan oleh jaringan lemak pada kondisi adiposopati (4,5,8). Interleukin-6 otot berfungsi mengaktifkan respons anti-inflamasi lanjutan dan membantu meredam inflamasi kronis yang menjadi ciri utama obesitas (4,5).

Latihan resisten maupun latihan kombinasi yang dilakukan secara teratur terbukti menurunkan kadar sitokin pro-inflamasi seperti TNF- α serta menurunkan kadar IL-6 basal yang mencerminkan aktivitas inflamasi kronis (3,7). Penurunan mediator pro-inflamasi ini menjadi sangat relevan dalam konteks penuaan, karena inflamasi yang menetap merupakan salah satu mekanisme kunci yang menghubungkan obesitas dengan percepatan degenerasi seluler dan penurunan fungsi organ seiring bertambahnya usia (21). Dengan demikian, olahraga tidak hanya berperan dalam

pengendalian berat badan, tetapi juga dalam memperlambat lintasan inflammaging (7).

Pada tingkat jaringan adiposa, intervensi olahraga juga terbukti memperbaiki profil adipokin, yang merupakan penanda penting dari adiposopati. Peningkatan kadar adiponektin dan penurunan kadar leptin setelah program latihan mencerminkan perbaikan fungsi jaringan lemak itu sendiri. Adiponektin berperan sebagai molekul protektif yang meningkatkan sensitivitas insulin dan memberikan efek anti-inflamasi, sementara penurunan leptin membantu mengatasi resistensi leptin yang lazim pada obesitas. Perubahan ini menunjukkan bahwa olahraga mampu mentransformasi jaringan lemak dari sumber inflamasi menjadi jaringan yang lebih fungsional dan metabolik sehat (19).

Secara keseluruhan, rangkaian bukti empiris ini memperlihatkan bahwa olahraga berperan sebagai modulator imunometabolik yang bekerja melalui jalur inflamasi dan hormonal (3,19,25). Olahraga tidak sekadar mengurangi akumulasi lemak tubuh, tetapi mampu menggeser lingkungan biologis dari kondisi pro-inflamasi yang patologis menuju keadaan yang lebih seimbang dan adaptif, sekaligus memulihkan fungsi biologis jaringan adiposa yang mengalami disfungsi atau adiposopati. Melalui perbaikan profil sitokin dan adipokin, aktivitas fisik menekan inflamasi kronis tingkat rendah yang menjadi ciri obesitas dan berperan penting dalam memutus mata rantai antara obesitas, inflamasi kronis, dan percepatan penuaan biologis (inflammaging). Dengan demikian, pencegahan obesitas tidak lagi dipahami semata sebagai upaya menurunkan berat badan, melainkan sebagai strategi fundamental untuk menjaga kualitas penuaan, mempertahankan fungsi fisiologis tubuh, serta menekan risiko penyakit tidak menular sepanjang rentang kehidupan (3,12,13,18).

Pada tingkat molekuler, penelitian menunjukkan bahwa kontraksi otot rangka bukan sekadar peristiwa mekanik, melainkan pemicu utama perubahan ekspresi gen yang menentukan arah adaptasi metabolik tubuh pada kondisi obesitas. Latihan aerobik, baik yang dilakukan secara interval maupun kontinu, terbukti meningkatkan ekspresi *Peroxisome proliferator-activated receptor-*

gamma coactivator 1- α (PGC-1 α) dan *Fibronectin type III domain-containing protein 5* FNDC-5, yang selanjutnya mendorong pelepasan miohormon irisin. Irisin berperan penting dalam proses browning, yaitu transformasi jaringan lemak putih yang bersifat menyimpan energi menjadi jaringan lemak cokelat yang aktif secara metabolik (16,24). Melalui mekanisme ini, pengeluaran energi tubuh meningkat melalui termogenesis, sehingga olahraga tidak hanya menurunkan lemak secara kuantitatif, tetapi juga memperbaiki kualitas dan fungsi jaringan adiposa secara fisiologis (8,16,24).

Selain perubahan genetik tersebut, aktivitas fisik juga memberikan dampak hormonal dan penuaan yang bermakna (21,25). Latihan aerobik intensitas moderat selama sekitar 40 menit terbukti meningkatkan pelepasan *Growth Hormone* (GH), hormon yang berperan sentral dalam merangsang lipolisis, mempertahankan massa bebas lemak, dan mendukung laju metabolisme basal, khususnya pada individu obesitas dan kelompok usia lanjut (25). Lebih jauh, aktivitas fisik terprogram mampu menekan aktivitas jalur mTOR, suatu jalur molekuler yang berkaitan erat dengan penuaan dini seluler dan disfungsi metabolik. Temuan ini menegaskan bahwa olahraga bukan hanya strategi pengendalian obesitas, tetapi juga intervensi biologis yang berkontribusi langsung pada penuaan sehat (healthy aging), melalui regulasi hormonal dan molekuler yang terintegrasi (21).

Selain jenis dan intensitas latihan, penelitian ini juga menyoroti pentingnya profil sirkadian dan waktu pelaksanaan olahraga sebagai determinan respons fisiologis tubuh terhadap aktivitas fisik. Tubuh manusia bekerja mengikuti ritme biologis harian yang mengatur sekresi hormon, metabolisme energi, serta respons terhadap stres. Oleh karena itu, efektivitas olahraga tidak hanya ditentukan oleh apa dan berapa lama seseorang berolahraga, tetapi juga kapan aktivitas tersebut dilakukan. Temuan empiris menunjukkan bahwa olahraga yang dilakukan pada sore hingga malam hari memberikan respons fisiologis yang lebih menguntungkan dibandingkan dengan olahraga pagi hari, khususnya dalam konteks regulasi hormonal dan stres metabolik (13,26).

Dalam konteks pencegahan dan pengendalian obesitas, aktivitas fisik dan olahraga, serta pembatasan asupan energi melalui puasa merupakan intervensi non-farmakologis yang memiliki dasar fisiologis yang kuat. Keduanya bekerja bukan sekadar mengurangi berat badan, tetapi lebih mendasar lagi, yaitu memperbaiki regulasi biologis tubuh yang terganggu akibat obesitas (5).

2. Pembatasan Asupan Energi dan Puasa

Selain aktivitas fisik, penelitian yang saya lakukan juga mengeksplorasi pembatasan asupan energi melalui berbagai modalitas puasa sebagai strategi non-farmakologis dalam pengendalian obesitas dan pencegahan penuaan dini seluler. Pendekatan ini tidak memandang puasa semata sebagai praktik menahan makan, melainkan sebagai stimulus fisiologis terprogram yang mampu memicu adaptasi metabolik dan molekuler tubuh. Berbagai model puasa, mulai dari Puasa Periodik (Periodic Fasting/PF), pembatasan waktu makan (Time-Restricted Feeding/TRF), hingga puasa selang hari termodifikasi (Alternate-Day Modified Fasting/ADMF), dikaji untuk memahami efektivitas dan implikasi fisiologisnya pada individu dengan kelebihan berat badan dan obesitas (10,11,21).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa puasa memberikan dampak yang nyata terhadap fenotipe obesitas dan komposisi tubuh (21). Intervensi Puasa Periodik selama 10 hari terbukti secara signifikan menurunkan berat badan, indeks massa tubuh, lingkar pinggang, rasio pinggang-tinggi badan, serta lemak visceral (10). Lemak visceral merupakan komponen lemak yang paling erat kaitannya dengan risiko kardiometabolik dan penuaan metabolik (3). Namun demikian, temuan penting dari riset ini juga mengungkap sisi kritis dari pembatasan energi, yaitu bahwa puasa yang tidak disertai dengan aktivitas fisik yang memadai berpotensi menurunkan massa otot dan laju metabolisme basal. Hal ini menegaskan bahwa penurunan berat badan yang cepat tidak selalu identik dengan perbaikan kesehatan metabolik, terutama bila terjadi kehilangan jaringan bebas lemak (10).

Dalam hasil penelitian saya juga membandingkan antara TRF dan ADMF dalam intervensi selama 20 hari menunjukkan bahwa ADMF lebih efektif dalam menurunkan berat badan dan lemak visceral dibandingkan TRF. Temuan ini memperlihatkan bahwa pola dan distribusi waktu pembatasan energi memiliki implikasi fisiologis yang berbeda, dan tidak semua bentuk puasa memberikan efek yang sama. Secara keseluruhan, bukti empiris ini menegaskan bahwa puasa merupakan alat fisiologis yang kuat dalam modifikasi metabolik, namun harus ditempatkan dalam kerangka pendekatan terintegrasi yang mempertimbangkan pemeliharaan massa otot, keberlanjutan metabolisme basal, dan tujuan jangka panjang berupa penuaan sehat (healthy aging), bukan sekadar penurunan angka timbangan (11).

Pada tingkat regulasi metabolik, beberapa penelitian menegaskan bahwa puasa berperan sebagai pemicu utama aktivasi “saklar metabolik” (metabolic switch), suatu mekanisme adaptif yang mengubah cara tubuh memanfaatkan sumber energi. Dalam kondisi asupan energi yang dibatasi, tubuh secara bertahap beralih dari ketergantungan pada glukosa menuju mobilisasi lemak dan produksi badan keton sebagai bahan bakar utama. Transisi ini mencerminkan peningkatan fleksibilitas metabolik, suatu kapasitas fisiologis yang sering kali terganggu pada individu dengan obesitas dan sindrom metabolik. Dengan mengaktifkan saklar metabolik ini, puasa tidak hanya menurunkan cadangan energi berlebih, tetapi juga memperbaiki efisiensi penggunaan energi pada tingkat seluler (11,13).

Efek puasa terhadap profil glukosa dan lipid menunjukkan dinamika adaptasi metabolik yang kompleks. Puasa periodik terbukti secara signifikan menurunkan kadar glukosa darah puasa dan kolesterol total, yang merupakan penanda penting risiko kardiometabolik. Namun, pada fase awal intervensi, misalnya dalam periode 20 hari pertama dapat diamati peningkatan sementara kadar glukosa darah puasa. Fenomena ini tidak mencerminkan kegagalan intervensi, melainkan bagian dari proses adaptasi homeostasis glukosa ketika tubuh sedang beralih dari metabolisme berbasis karbohidrat menuju metabolisme berbasis lemak dan

keton. Temuan ini menegaskan bahwa puasa adalah proses adaptif yang dinamis, sehingga interpretasi hasilnya harus dilakukan secara fisiologis dan longitudinal, bukan sekadar berdasarkan perubahan parameter biokimia jangka pendek (11).

Pada tingkat yang paling fundamental, riset yang telah dilakukan menunjukkan bahwa puasa tidak hanya bekerja pada ranah metabolik, tetapi juga menembus hingga mekanisme molekuler dan regulasi gen yang berkaitan langsung dengan proses penuaan seluler. Obesitas diketahui mempercepat penuaan biologis melalui aktivasi berlebihan jalur *Mammalian Target of Rapamycin Complex* (mTORC1), suatu jalur sinyal yang mendorong pertumbuhan sel secara terus-menerus, namun dalam jangka panjang justru memicu disfungsi metabolik dan penuaan dini. Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa puasa periodik selama sepuluh hari mampu secara signifikan menghambat ekspresi gen mTORC1, sehingga menciptakan kondisi seluler yang lebih kondusif bagi proses perbaikan dan peremajaan. Penghambatan jalur ini menegaskan bahwa puasa berperan sebagai *cellular reset mechanism* yang menahan laju penuaan yang dipercepat oleh kelebihan energi kronis (21).

Puasa juga terbukti memodulasi keseimbangan antara kelangsungan hidup dan kematian sel. Peningkatan kadar protein Bcl-2, yang bersifat *pro-survival* dan *anti-apoptosis*, menunjukkan bahwa puasa membantu melindungi sel dari kematian yang tidak terprogram. Hubungan negatif antara kadar Bcl-2 dengan indeks massa tubuh dan lemak tubuh memperkuat indikasi bahwa semakin baik perbaikan komposisi tubuh, semakin kuat pula mekanisme perlindungan seluler yang teraktivasi. Pada saat yang sama, puasa periodik juga meningkatkan ekspresi *Human Telomerase Reverse Transcriptase* (hTERT), komponen penting dari enzim telomerase yang berperan dalam menjaga panjang dan integritas telomer. Temuan ini sangat bermakna, karena pemendekan telomer merupakan salah satu penanda utama penuaan seluler dan kerentanan terhadap penyakit degeneratif (10,21).

Lebih jauh, intervensi Time-Restricted Feeding selama 20 hari menunjukkan penurunan kadar *Insulin-like Growth*

Factor-1 (IGF-1), suatu hormon pertumbuhan yang apabila berada dalam kadar berlebih pada kondisi obesitas sering dikaitkan dengan peningkatan risiko karsinogenesis. Penurunan IGF-1 ini menandakan terciptanya lingkungan hormonal yang lebih seimbang dan protektif, sekaligus mendukung konsep penuaan sehat (*healthy aging*) (11). Secara keseluruhan, bukti empiris ini menegaskan bahwa puasa merupakan intervensi biologis yang mampu menyelaraskan ulang jalur pertumbuhan, kelangsungan hidup sel, dan stabilitas genetik, sehingga berpotensi memperlambat penuaan dini yang dipicu oleh obesitas dan kelebihan energi kronis (10,21).

Penelitian yang ada juga menegaskan bahwa protokol puasa yang diterapkan berada dalam batas aman bagi kesehatan fisik dan mental. Pelaksanaan puasa selama 10 hingga 21 hari terbukti aman dengan keluhan minimal dan bersifat ringan, seperti pusing sesaat atau mulut kering pada sebagian kecil partisipan. Lebih penting lagi, intervensi ini tidak memicu gangguan makan kompulsif (*Binge Eating Disorder*) dan justru mampu mempertahankan, bahkan meningkatkan kualitas hidup (*Quality of Life*). Temuan ini menegaskan bahwa puasa, bila dirancang secara terukur dan berbasis fisiologi, dapat menjadi strategi non-farmakologis yang aman, berkelanjutan, dan bermakna dalam pencegahan obesitas dan penuaan dini (21).

Pembatasan waktu makan TRF selama 20 hari menunjukkan pengaruh yang bermakna terhadap regulasi sistem imun pada individu dengan obesitas (11). Penurunan kadar sitokin pro-inflamasi Interferon-gamma (IFN- γ) pada wanita muda dengan obesitas mencerminkan perbaikan keseimbangan respons imun yang sebelumnya cenderung berada dalam kondisi hiperaktivasi (11,18). IFN- γ merupakan mediator penting dalam inflamasi kronis yang berkepanjangan, dan peningkatan sitokin ini pada obesitas berkontribusi terhadap disfungsi metabolik, resistensi insulin, serta peningkatan risiko penyakit tidak menular (18). Oleh karena itu, penurunan IFN- γ melalui intervensi TRE menandai terciptanya lingkungan imun yang lebih terkendali dan adaptif (11).

Temuan ini menegaskan bahwa pembatasan waktu makan tidak hanya bekerja pada level metabolik, tetapi juga berperan sebagai modulator imunologis yang menekan inflamasi kronis tingkat rendah. Kondisi ini menjadi ciri utama obesitas dan bagian integral dari proses inflammaging. Dengan menurunkan beban inflamasi sistemik, TRF berpotensi memutus hubungan patologis antara obesitas, aktivasi imun berlebihan, dan percepatan penuaan biologis. Dalam konteks ini, puasa berbasis pengaturan waktu makan dapat dipandang sebagai strategi preventif yang menyasar simultan aspek metabolik dan imun, serta mendukung tercapainya kesehatan jangka panjang dan penuaan yang lebih berkualitas.

3. Sinergi Puasa dan Olahraga

Sinergi antara pembatasan asupan energi, seperti puasa intermiten, dan aktivitas olahraga terprogram merupakan strategi non-farmakologis yang terbukti efektif dalam meregulasi metabolisme dan mencegah obesitas. Pendekatan ini tidak hanya menargetkan penurunan berat badan secara jangka pendek, tetapi bekerja pada akar permasalahan fisiologis obesitas, yakni gangguan homeostasis energi, inflamasi kronis, dan disfungsi hormonal (16,20). Oleh karena itu, integrasi puasa dan olahraga perlu dipandang sebagai intervensi kesehatan publik berbasis bukti, bukan sekadar pilihan gaya hidup individual (7).

Puasa intermiten memicu saklar metabolik, yakni peralihan penggunaan energi dari glukosa menuju oksidasi lemak dan pembentukan badan keton. Ketika mekanisme ini diperkuat dengan olahraga aerobik, kebutuhan energi seluler meningkat, sehingga tubuh secara lebih efisien memobilisasi lemak visceral dan ektopik yang paling berisiko terhadap penyakit metabolik (11,16). Bukti empiris menunjukkan bahwa kombinasi ini lebih efektif menurunkan massa dan persentase lemak tubuh dibandingkan intervensi tunggal, sekaligus memberikan manfaat metabolik yang lebih stabil dan berkelanjutan (7,15).

Pada tingkat molekuler, sinergi puasa dan olahraga berperan dalam menormalkan jalur mTOR, yang pada obesitas sering kali teraktivasi secara berlebihan dan berkontribusi pada resistensi

insulin serta percepatan penuaan seluler. Penurunan aktivitas mTOR merangsang proses autofagi, memperbaiki kualitas sel, dan meningkatkan sensitivitas insulin. Selain itu, kontraksi otot selama olahraga meningkatkan pelepasan mioqin seperti PGC-1 α dan irisin, yang mendorong proses browning jaringan lemak dan meningkatkan termogenesis, sehingga pengeluaran energi total tubuh meningkat secara fisiologis (16,20,21).

Perspektif kebijakan, temuan ini menegaskan bahwa pencegahan obesitas yang efektif harus mengintegrasikan pengaturan pola makan berbasis waktu dengan promosi aktivitas fisik yang aman, terjangkau, dan berkelanjutan. Kebijakan kesehatan perlu bergeser dari pendekatan kuratif menuju strategi preventif berbasis fisiologi, dengan mendorong lingkungan yang memungkinkan masyarakat mengatur asupan energi, bergerak aktif, dan mempertahankan massa otot. Investasi pada strategi ini bukan hanya menurunkan beban penyakit metabolik, tetapi juga meningkatkan kualitas hidup dan produktivitas masyarakat dalam jangka panjang.

Pendekatan Interdisipliner Berbasis Fisiologi dalam Pencegahan Obesitas

Dalam kerangka pendekatan interdisipliner, obesitas dipahami sebagai kondisi adiposopati (*sick fat*), yaitu disfungsi jaringan lemak yang memicu inflamasi kronik derajat rendah, stres oksidatif, dan gangguan regulasi hormonal. Perspektif ini menggeser fokus pencegahan obesitas dari sekadar reduksi massa tubuh menuju pemulihan fungsi biologis dan metabolik tubuh secara menyeluruh.

Pendekatan interdisipliner berbasis fisiologi merupakan fondasi yang krusial dalam merespons epidemi obesitas global yang prevalensinya telah meningkat hampir tiga kali lipat sejak tahun 1975 dan diproyeksikan akan menjadi sekitar 20% populasi dewasa dunia pada tahun 2030 (7). Dalam perspektif ini, obesitas tidak dipahami semata sebagai masalah kelebihan berat badan atau akumulasi lemak secara kuantitatif, melainkan sebagai kondisi

adiposopati, yaitu keadaan di mana jaringan adiposa mengalami disfungsi biologis. Jaringan lemak yang "sakit" ini berubah menjadi sumber inflamasi kronis tingkat rendah, stres oksidatif, serta gangguan hormonal yang berdampak sistemik dan menjadi pintu masuk bagi berbagai penyakit metabolik kronis, seperti Diabetes Melitus Tipe 2, penyakit kardiovaskular, hingga kanker (7,9,13). Oleh karena itu, strategi pencegahan obesitas yang efektif harus diarahkan tidak hanya pada penurunan berat badan, tetapi pada pemulihan fungsi biologis dan keseimbangan fisiologi tubuh secara menyeluruh. Strategi ini mengintegrasikan modifikasi gaya hidup, manajemen nutrisi, dan aktivitas fisik yang terprogram untuk memulihkan homeostasis metabolik serta mencegah komplikasi kronis seperti Diabetes Tipe 2, penyakit kardiovaskular, dan kanker (9,12).

1. Strategi Tingkat Individu: Penguatan Fisiologi

Pada tingkat individu, fokus utama adalah membalikkan kondisi adiposopati (lemak sakit) dengan mengoptimalkan pengeluaran energi dan menghambat jalur molekuler yang terkait dengan penuaan dini. Beberapa modalitas yang dapat digunakan dalam strategi individual adalah dengan meningkatkan aktivitas fisik dan olahraga dan manajemen nutrisi dan puasa (9,11).

Modalitas Latihan Gabungan: Olahraga berperan sebagai terapi fisik yang melibatkan respon adaptif pada tingkat seluler dan sistemik. Penelitian menunjukkan bahwa latihan gabungan intensitas moderat (MICT) yang mengintegrasikan latihan aerobik dan beban adalah modalitas yang paling efektif untuk menurunkan lemak tubuh sekaligus meningkatkan massa otot rangka. Sinergi ini memicu jalur PGC-1 α , yang mendorong pelepasan irisin, sebuah miokin yang merangsang proses "*browning*" (pencokelatan) pada jaringan lemak putih untuk meningkatkan termogenesis dan oksidasi lemak. Di sisi lain olahraga intensitas moderat secara akut meningkatkan sitokin anti-inflamasi seperti IL-6 (miokin) yang kemudian merangsang IL-10, sekaligus menekan sitokin pro-inflamasi seperti TNF- α . Dengan demikian, olahraga tidak

hanya membakar kalori, tetapi bertindak sebagai intervensi anti-inflamasi sistemik (7,8,15).

Waktu Nutrisi dan Puasa: Intervensi individual juga diperkuat dengan manajemen nutrisi melalui pengaturan waktu makan dan praktik puasa, seperti time-restricted feeding dan puasa periodik memberikan dimensi tambahan yang sangat penting dalam pendekatan fisiologi ini. Praktik pembatasan asupan energi berbasis waktu memicu terjadinya saklar metabolik (metabolic switch), yaitu peralihan penggunaan energi tubuh dari glukosa menuju mobilisasi lemak dan produksi badan keton sebagai sumber energi utama. Peralihan ini meningkatkan fleksibilitas metabolik, memperbaiki fungsi mitokondria, serta membantu mengurangi penumpukan lemak ektopik pada organ-organ vital. Bukti menunjukkan bahwa puasa periodik dalam durasi tertentu mampu menghambat jalur mTORC1, suatu jalur penuaan yang cenderung hiperaktif pada obesitas dan berkontribusi terhadap resistensi insulin (11,16,21). Bersamaan dengan itu, terjadi perbaikan regulasi adipokin, dengan meningkatnya adiponektin yang bersifat protektif terhadap pembuluh darah dan sensitivitas insulin, serta menurunnya kadar leptin yang membantu mengatasi resistensi leptin dan mengembalikan regulasi nafsu makan (15). Bukti menunjukkan bahwa puasa periodik dalam durasi tertentu mampu Pada tingkat molekuler, puasa periodik terbukti dapat menghambat jalur mTORC1, jalur pensinyalan nutrien yang pada kondisi obesitas sering mengalami aktivasi berlebihan dan berkontribusi pada resistensi insulin serta percepatan penuaan seluler. Inhibisi jalur ini mendorong terjadinya autofagi, yakni proses pembersihan sel dari komponen yang rusak, sehingga mendukung konsep healthy aging (21).

Kedua strategi individual ini akan mengoptimalkan regulasi adipokin. Intervensi dirancang untuk memulihkan keseimbangan adipokin, khususnya dengan meningkatkan kadar adiponektin (yang memberikan perlindungan vaskular dan sensitivitas insulin) serta menurunkan kadar leptin untuk mengatasi resistensi leptin (8,15).

Pendekatan interdisipliner berbasis fisiologi tidak berhenti pada otot dan jaringan lemak, tetapi juga mencakup kesehatan saluran cerna melalui perhatian terhadap poros usus-otak (9,27). Obesitas sering dikaitkan dengan gangguan integritas penghalang usus (leaky gut), yang memungkinkan translokasi endotoksin seperti lipopolisakarida ke dalam sirkulasi sistemik dan memperberat inflamasi kronis. Intervensi melalui probiotik dan perbaikan mikrobiota usus membantu memperkuat barrier epitel, menurunkan beban inflamasi, serta memperbaiki regulasi metabolik secara tidak langsung. Dengan demikian, saluran cerna dipandang sebagai bagian integral dari sistem fisiologis yang memengaruhi regulasi berat badan dan kesehatan metabolik (17,27).

2. Strategi Tingkat Masyarakat: Kesehatan Masyarakat dan Pencegahan

Seluruh intervensi fisiologis ini tidak akan berkelanjutan tanpa modifikasi perilaku dan edukasi gaya hidup. Untuk masyarakat luas, pendekatan bergeser ke arah penciptaan lingkungan yang mendukung kesehatan metabolik melalui intervensi yang aman, nyaman, dan terjangkau. Pendekatan interdisipliner ini diarahkan pada penciptaan lingkungan yang mendukung kesehatan metabolik secara luas.

Salah satu tantangan utama adalah meningkatnya perilaku sedentari yang berkontribusi terhadap penambahan berat badan dan peradangan kronis tingkat rendah (8). Melawan gaya hidup sedenter pada masyarakat memerlukan pendekatan yang menyeluruh, tidak hanya mengandalkan kesadaran individu (12). Edukasi dan kampanye kesehatan publik menjadi langkah awal untuk menumbuhkan pemahaman akan risiko duduk terlalu lama, seperti obesitas, diabetes, dan penyakit jantung, sekaligus menanamkan pentingnya bergerak setiap hari (16). Fasilitas dan infrastruktur yang mendukung aktivitas fisik, seperti taman, jalur sepeda, trek jogging, lapangan olahraga, serta kantor dan sekolah yang ergonomis, dapat membuat masyarakat lebih mudah dan nyaman untuk aktif. Dukungan pemerintah melalui kebijakan dan program, seperti olahraga rutin di sekolah dan kantor, insentif untuk klub

olahraga, atau mendorong "*active commuting*", turut memperkuat budaya hidup aktif. Selain itu, membangun komunitas dan norma sosial yang mendorong aktivitas fisik, misalnya senam pagi, jalan santai bersama, atau olahraga keluarga akan menjadikan gerak bukan sekadar kewajiban, tetapi bagian menyenangkan dari kehidupan sehari-hari. Dengan kombinasi edukasi, lingkungan, kebijakan, dan budaya, masyarakat dapat bergerak lebih banyak, menjadikan gaya hidup aktif sebagai kebiasaan yang alami dan berkelanjutan (12,17,23).

Pembuatan program latihan yang dapat diakses untuk masyarakat juga dibutuhkan pada pendekatan interdisipliner ini. Program sebaiknya dirancang agar mudah diakses dan dapat dilakukan di berbagai lingkungan, baik di rumah, di ruang terbuka, maupun di fasilitas umum. Latihannya bisa berupa aktivitas ringan hingga sedang yang tidak memerlukan alat mahal, seperti jalan cepat, senam aerobik sederhana, latihan kekuatan menggunakan berat badan sendiri, yoga, atau peregangan. Program ini dapat diselenggarakan melalui komunitas lokal, sekolah, kantor, atau taman kota, dengan jadwal fleksibel yang memungkinkan masyarakat ikut sesuai waktu luang mereka. Dukungan digital juga penting, seperti video tutorial, aplikasi panduan latihan, atau platform media sosial yang membimbing dan memotivasi masyarakat untuk tetap aktif. Dengan pendekatan yang inklusif dan praktis, program latihan ini mendorong semua lapisan masyarakat bergerak lebih banyak, meningkatkan kesehatan, dan membangun budaya hidup aktif yang berkelanjutan. Latihan dengan intensitas moderat, sekitar 60–70% HRmax, merupakan strategi yang efektif dan aman dari perspektif fisiologi sekaligus kesehatan masyarakat. Latihan pada tingkat ini tidak hanya nyaman secara fisik, tetapi juga mampu menurunkan stres sistemik dengan mengurangi kadar hormon kortisol dan menekan produksi sitokin pro-inflamasi seperti IL-6 dan TNF- α , yang berperan dalam berbagai penyakit kronis. Perspektif psikologi, intensitas moderat lebih mudah dijalankan secara konsisten, meningkatkan motivasi dan kepatuhan masyarakat, serta memberikan efek positif terhadap kesehatan mental, seperti pengurangan kecemasan dan peningkatan mood.

Pendekatan ini juga dapat diintegrasikan dengan strategi sosial dan komunitas, misalnya dengan membentuk kelompok olahraga lokal, program senam bersama, atau pemanfaatan ruang publik untuk aktivitas fisik, sehingga tercipta dukungan sosial yang memperkuat perilaku sehat. Dengan demikian, program latihan moderat yang dirancang secara interdisipliner bisa menggabungkan aspek fisiologi, psikologi, dan dinamika sosial yang dapat menjadi model berkelanjutan untuk meningkatkan kualitas hidup dan mengurangi risiko penyakit kronis pada masyarakat luas (7,23).

Edukasi gaya hidup terpadu merupakan salah satu pilar utama dalam pendekatan pencegahan interdisipliner terhadap gangguan metabolik dan obesitas. Strategi ini menekankan pentingnya pemahaman masyarakat mengenai keseimbangan antara asupan dan pengeluaran kalori, serta dampaknya terhadap komposisi tubuh, kesehatan metabolik, dan risiko penyakit kronis (25). Intervensi yang terstruktur dan berfokus pada pendidikan, meskipun bersifat jangka pendek, misalnya selama empat minggu, telah terbukti mampu menghasilkan perubahan signifikan pada tubuh dan profil metabolik. Masyarakat yang diberi edukasi tentang pola makan seimbang, frekuensi dan jenis aktivitas fisik, serta manajemen perilaku sedentari, menunjukkan penurunan persentase lemak tubuh, peningkatan massa otot, perbaikan sensitivitas insulin, serta penurunan kadar lipid dan sitokin pro-inflamasi (13,28).

Pendekatan ini bersifat interdisipliner karena menggabungkan aspek nutrisi, olahraga, psikologi perilaku, dan edukasi kesehatan masyarakat (20). Misalnya, ahli gizi dapat membimbing masyarakat dalam menyesuaikan asupan kalori sesuai kebutuhan individu, sementara ahli olahraga memberikan program aktivitas fisik yang aman dan efektif. Psikolog perilaku berperan membantu membangun kebiasaan baru, meningkatkan motivasi, dan mengurangi hambatan mental untuk beraktivitas, sedangkan tenaga kesehatan masyarakat memastikan penyebaran informasi yang tepat, mudah dipahami, dan menjangkau berbagai lapisan masyarakat (17). Dengan demikian, edukasi gaya hidup terpadu bukan hanya menekankan perubahan perilaku jangka pendek, tetapi juga menanamkan pemahaman dan kebiasaan yang berkelanjutan,

yang pada gilirannya meningkatkan kualitas hidup, menurunkan risiko penyakit metabolik, dan menjadi strategi pencegahan yang komprehensif dan berkelanjutan (13).

Kesejahteraan psikologis merupakan aspek yang tak kalah penting dalam setiap strategi interdisipliner untuk pencegahan dan pengelolaan obesitas di masyarakat (17). Pendekatan komunitas harus menempatkan prioritas pada upaya pencegahan gangguan makan berlebihan atau *Binge Eating Disorder*, yang sering muncul sebagai konsekuensi tekanan sosial atau pola diet yang ekstrem (21). Penurunan berat badan, jika hanya difokuskan pada angka di timbangan tanpa memperhatikan kondisi psikologis, berisiko menimbulkan stres, kecemasan, atau bahkan penurunan kualitas hidup yang signifikan. Oleh karena itu, setiap rejimen atau program intervensi harus dirancang secara holistik, dengan mempertimbangkan aspek emosional, sosial, dan psikologis peserta. Edukasi mengenai perilaku makan sehat, pengelolaan stres, serta dukungan sosial melalui kelompok komunitas menjadi sangat penting untuk memastikan bahwa perubahan gaya hidup tidak hanya efektif dari segi fisiologis, tetapi juga aman dan berkelanjutan dari sisi mental. Dengan mengintegrasikan kesejahteraan psikologis ke dalam strategi komunitas, kita tidak hanya menargetkan perbaikan komposisi tubuh atau parameter metabolik, tetapi juga membangun kualitas hidup yang lebih baik, menumbuhkan rasa percaya diri, dan memperkuat kapasitas individu untuk mempertahankan gaya hidup sehat dalam jangka panjang (17,21).

Secara keseluruhan, pendekatan interdisipliner berbasis fisiologi menekankan perlunya memahami dan menargetkan determinan molekuler yang mendasari adipogenesis dan proses inflamasi kronis, sehingga kita dapat mengobati akar penyebab obesitas, bukan sekadar gejalanya (9). Dengan memadukan pemahaman tentang “saklar metabolik” yang diatur oleh nutrisi dan memanfaatkan respons adaptif spesifik yang dipicu oleh aktivitas otot, intervensi ini mampu memodulasi metabolisme tubuh secara efektif (11). Strategi ini tidak hanya menekan akumulasi lemak dan inflamasi sistemik, tetapi juga mengurangi risiko penyakit

metabolik yang terkait, seperti resistensi insulin, dislipidemia, dan penyakit kardiometabolik. Pendekatan ini mencerminkan pentingnya kolaborasi lintas disiplin—menggabungkan ilmu gizi, fisiologi olahraga, biologi molekuler, dan ilmu kesehatan masyarakat—untuk merancang intervensi yang holistik, aman, dan berkelanjutan. Dengan demikian, kita membuka jalan bagi upaya pencegahan dan pengendalian obesitas yang lebih efektif, serta kontribusi nyata terhadap penurunan beban penyakit metabolik di tingkat global (9,11).

Metabolisme tubuh dapat diibaratkan sebagai sebuah mesin hibrida yang sangat kompleks (12). Ketika mesin ini terus diberi bahan bakar berlebih tanpa pernah digunakan secara optimal, maka residu pembakaran akan menumpuk sebagai peradangan, dan sistem penyimpanan energi mulai bocor dalam bentuk lipotoksitas. Pendekatan interdisipliner berperan layaknya tim perawatan menyeluruh: puasa membersihkan sistem bahan bakar, sementara latihan gabungan menyetel ulang mesin agar mampu bekerja lebih efisien dan tahan lama (21). Dengan perawatan yang tepat, mesin tidak hanya kembali berfungsi, tetapi juga siap menghadapi perjalanan panjang kehidupan.

SIMPULAN

Obesitas merupakan tantangan kesehatan yang bersifat sistemik, progresif, dan multidimensional. Ia tidak hanya mencerminkan kelebihan berat badan, tetapi merepresentasikan gangguan mendalam pada regulasi fisiologis tubuh, mulai dari keseimbangan energi, fungsi jaringan adiposa, peradangan kronis tingkat rendah, hingga disfungsi neuroendokrin dan vaskular. Oleh karena itu, obesitas tidak dapat dipahami dan ditangani secara parsial, melainkan memerlukan pendekatan ilmiah yang utuh dan terintegrasi.

Orasi ini menegaskan bahwa fisiologi memiliki peran sentral dalam menjelaskan mekanisme dasar obesitas dan penyakit metabolik penyertanya. Aktivitas fisik, olahraga terprogram, serta pembatasan asupan energi melalui puasa terbukti bekerja sebagai

stimulus biologis yang mampu memulihkan homeostasis metabolik. Intervensi-intervensi ini tidak hanya menurunkan massa lemak, tetapi juga memperbaiki fungsi otot rangka, meningkatkan efisiensi mitokondria, menekan peradangan, memperbaiki sensitivitas insulin, serta memulihkan regulasi nafsu makan melalui mekanisme neurofisiologis.

Lebih jauh, pendekatan interdisipliner berbasis fisiologi memungkinkan integrasi antara ilmu dasar, riset terapan, praktik klinis, dan kesehatan masyarakat. Dengan memadukan pemahaman molekuler, adaptasi sistemik, dan konteks sosial-budaya, strategi preventif obesitas dapat dirancang secara lebih efektif, berkelanjutan, dan manusiawi. Dalam konteks Indonesia, pendekatan ini memiliki relevansi tinggi karena intervensinya relatif sederhana, terjangkau, dan selaras dengan nilai budaya masyarakat.

Dengan demikian, integrasi fisiologi dalam strategi preventif obesitas bukan sekadar pilihan akademik, melainkan kebutuhan mendesak untuk menjawab tantangan kesehatan masyarakat masa kini dan masa depan.

REKOMENDASI

Sebagai penutup dari orasi ilmiah ini, saya ingin menyampaikan beberapa rekomendasi yang lahir dari kajian interdisipliner mengenai pencegahan dan pengelolaan obesitas. Rekomendasi ini tidak hanya bersandar pada data ilmiah terkini, tetapi juga mempertimbangkan implementasi praktis di masyarakat, dengan tujuan menghasilkan strategi yang holistik, berkelanjutan, dan berdampak nyata. Harapan saya, melalui penerapan pendekatan yang mengintegrasikan aspek fisiologi, nutrisi, aktivitas fisik, dan kesejahteraan psikologis, kita dapat mendorong terciptanya masyarakat yang lebih sehat, adaptif, dan resilien terhadap tantangan penyakit metabolik. Dengan kata lain, rekomendasi ini bukan sekadar saran teoretis, melainkan panduan aksi yang dapat diterapkan oleh profesional kesehatan, pembuat kebijakan, maupun komunitas masyarakat, demi mencapai kualitas hidup yang lebih baik secara luas.

Pertama, penguatan pendekatan preventif berbasis fisiologi menjadi fondasi utama. Upaya pencegahan obesitas tidak seharusnya hanya berfokus pada penurunan berat badan, tetapi juga menempatkan pemulihan fungsi metabolik, neuroendokrin, dan muskuloskeletal sebagai prioritas, sehingga intervensi bersifat menyeluruh dan berkelanjutan.

Kedua, integrasi aktivitas fisik dan praktik puasa yang aman perlu dijadikan bagian sistematis dari kebijakan promotif dan preventif. Pendekatan ini harus diterapkan di layanan kesehatan primer, institusi pendidikan, maupun lingkungan kerja, dengan prinsip adaptif dan berbasis bukti, agar setiap individu dapat memperoleh manfaat fisiologis secara optimal.

Ketiga, pengembangan program interdisipliner di tingkat masyarakat menjadi kunci keberhasilan pencegahan obesitas. Kolaborasi lintas disiplin—menggabungkan fisiologi, ilmu olahraga, gizi, kesehatan masyarakat, dan ilmu perilaku—dapat menghasilkan intervensi yang efektif, terjangkau, dan berkelanjutan, tanpa mengorbankan kualitas hidup maupun kesehatan mental masyarakat.

Keempat, peningkatan literasi fisiologi kesehatan sangat penting. Edukasi masyarakat perlu diarahkan pada pemahaman sederhana namun akurat mengenai bagaimana tubuh mengatur energi, nafsu makan, dan metabolisme, sehingga individu mampu membuat keputusan gaya hidup yang rasional, sehat, dan berkesadaran.

Kelima, penguatan riset translasi dan kebijakan berbasis bukti harus menjadi prioritas. Dukungan berkelanjutan terhadap riset fisiologi yang bersifat translasi akan memastikan temuan ilmiah dapat dijembatani menjadi rekomendasi klinis maupun kebijakan publik yang berdampak nyata bagi kesehatan masyarakat Indonesia.

Dengan demikian, rekomendasi ini saya persembahkan sebagai wujud komitmen terhadap kesehatan Masyarakat. Untuk melengkapi orasi ini, izinkan saya untuk mengucapkan rasa terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada semua yang

memberikan waktu, ruang, tempat dan kesempatan untuk saya bertumbuh.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan yang berbahagia ini, perkenalkan saya menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada **Prof. Dr. Mohammad Nasih, S.E., M.T., Ak., CA**, Rektor Universitas Airlangga periode 2020–2025 dan **Prof. Dr. Muhammad Madyan, S.E., M.Si., M.Fin.**, Rektor Universitas Airlangga periode 2025–2030, atas kepercayaan dan dukungan beliau berdua sehingga pengukuhan Guru Besar ini dapat terlaksana dengan baik. Kepemimpinan beliau menjadi harapan baru bagi keberlanjutan visi Airlangga sebagai universitas riset unggul yang berdampak bagi masyarakat.

Terima kasih dan penghargaan setulusnya saya sampaikan kepada para Wakil Rektor Universitas Airlangga, atas kepemimpinan dan dukungan strategis dalam menjalankan Tridharma Perguruan Tinggi. Kepada **Prof. Dr. Bambang Sektiari, dr., M.Kes.**, Wakil Rektor bidang AMA periode 2020–2025 dan **Prof. Ir. Mochammad Amin Alamsjah, M.Si., Ph.D.**, Wakil Rektor Bidang Akademik, Kemahasiswaan, dan Alumni Universitas Airlangga periode 2025–2030, terima kasih atas keberlanjutan kepemimpinan akademik yang visioner dan berorientasi pada mutu.

Kepada **Prof. Dr. Muhammad Madyan, S.E., M.Si., M.Fin** selaku Wakil Rektor Sumber Daya Universitas Airlangga periode 2020–2025 dan kepada **Prof. Dr. Ardianto, S.E., M.Si.**, Wakil Rektor II Universitas Airlangga periode 2025–2030, saya mengucapkan terima kasih atas penguatan tata kelola dan dukungan sumber daya bagi pelaksanaan tridharma perguruan tinggi.

Penghargaan dan terima kasih juga saya sampaikan kepada **Prof. Dr. Ni Nyoman Tri Puspaningsih, M.Si.**, Wakil Rektor Bidang Riset, Inovasi, dan *Community Development* periode 2020–2025, atas kontribusi besar dalam membangun dan menguatkan ekosistem riset Universitas Airlangga. Serta kepada **Prof. dr.**

Muhammad Miftahussurur, Sp.PD-KGEH., Ph.D., FINASIM, Wakil Rektor Bidang Riset, Inovasi, dan *Community Development* periode 2025-2030; apresiasi setinggi-tingginya juga kami sampaikan atas kepemimpinan kolaboratif dalam menguatkan budaya riset, inovasi berkelanjutan, serta pengabdian kepada masyarakat sebagai bagian tak terpisahkan dari Tri Dharma Perguruan Tinggi.

Kepada Wakil Rektor bidang IDI kepada **Prof. dr. Muhammad Miftahussurur, Sp.PD-KGEH., Ph.D., FINASIM** periode 2020-2025 dan **Prof. Dr. Koko Srimulyo, Drs., M.Si.**, Wakil Rektor Bidang Ekosistem Entrepreneurial dan Pengembangan Bisnis periode 2025-2030. Kami mengucapkan terima kasih atas dukungan kebijakan, tata kelola, dan penguatan sistem yang kondusif bagi pengembangan tridharma perguruan tinggi, khususnya dalam mewujudkan atmosfer akademik yang berdaya saing global dan berkelanjutan.

Saya menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada Ketua dan Sekretaris Senat Akademik Universitas Airlangga **Prof. Dr. H. Nursalam, M.Nurs. (Hons)** dan **Prof. Dr. Imam Mustofa, M.Kes., drh.**, yang secara konsisten menjalankan fungsi akademik tertinggi dengan penuh tanggung jawab dan integritas. Terima kasih pula saya sampaikan kepada seluruh anggota Senat Akademik Universitas Airlangga atas pemikiran, waktu, serta kontribusi intelektual yang telah diberikan. Dukungan Bapak/Ibu semua telah memperkuat fondasi akademik dan keilmuan di Universitas Airlangga.

Rasa hormat dan terima kasih juga saya sampaikan kepada **Prof. Dr. Koko Srimulyo, Drs., M.Si.** selaku Sekretaris Universitas Airlangga Periode 2025-2030 dan **Prof. Dr. Dwi Setyawan, S.Si., M.Si., Apt.**, selaku Sekretaris Universitas Airlangga Periode 2025-2030 atas dukungan administratif, koordinasi institusional, serta kerja keras yang telah Bapak lakukan dalam mendukung proses akademik ini.

Saya juga menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada Tim Penilai Angka Kredit (PAK) atas ketelitian, objektivitas, dan integritas akademik dalam menilai perjalanan dan capaian keilmuan saya hingga tahap pengukuhan ini.

Terima kasih saya sampaikan pula kepada Direktur Sumber Daya Manusia Universitas Airlangga 2020-2025 **Prof. Dr. Endang Dewi Masithah Ir.**, dan Direktur Sumber Daya Manusia, Manajemen Talenta dan Pengembangan Organisasi Universitas Airlangga periode 2025 **Prof Dr Radian Salman, SH, LLM** beserta jajaran atas dukungan administratif dan fasilitasi kepegawaian yang profesional dan berkelanjutan.

Penghormatan yang tinggi saya sampaikan kepada Pimpinan Fakultas Kedokteran periode 2020-2025 yaitu kepada **Prof. Dr. Budi Santoso, dr, SpOG, Subsp FER** sebagai Dekan, **Prof. Dr. Achmad Chusnu Romdhoni, dr., Sp.THT-BKL, Subsp.Onk(K), FICS** sebagai Wakil Dekan I, **Dr. Hanik Badriyah Hidayati, dr., Sp.N(K)** selaku Wakil Dekan II dan **Dr. Sulistiawati, dr., M.Kes** selaku Wakil Dekan III. Kepada Pimpinan Fakultas Kedokteran periode 2025-2030 **Prof. Dr. Eighty Mardiyani Kurniawati, dr., Sp.OG., Subsp.Urogin-RE** selaku Dekan, **Prof. Dr. Prastiya Indra Gunawan, dr., Sp.A(K)** selaku Wakil Dekan I, **Dr. Abdulloh Machin, dr., Sp.NKI (K)** selaku Wakil Dekan II dan **Prof. Dr. Asra Al Fauzi, dr., Sp.BS., Subsp.N-Vas(K)., SE., MM., FICS., FACS., IFAANS** selaku Wakil Dekan III atas kepemimpinan, kebijakan akademik, serta suasana ilmiah yang kondusif sehingga proses tridarma dapat tumbuh dan berkembang secara optimal.

Saya menyampaikan terima kasih yang mendalam kepada Departemen Faal, rumah pertama tempat saya bertumbuh dan selalu kembali. Bersama para guru, senior, dan sejawat (**Prof. Gadis, Prof. Bambang, Argarini PhD, dr. Kristanti, dr. Irfiansyah, dr. Sundari, dr. Hayuris, dr. Arum, dr. Munir dan dr. Didin**) serta para supporting system Faal (**Bu Nuri, Mbak Mif dan Mas Heru** serta **Pak Arifin** yang sangat membantu), cara berpikir fisiologis saya ditempa dengan keteladanan, ketekunan, dan kejujuran ilmiah. Di sinilah saya belajar bahwa homeostasis bukan sekadar konsep biologis, melainkan filosofi tentang keseimbangan antara nalar dan nurani, kerja keras dan kerendahan hati, serta pencapaian ilmiah dan pengabdian. Semoga Departemen Faal Universitas Airlangga senantiasa menjadi ruang subur bagi lahirnya

insan akademik yang kokoh keilmuannya dan setia mengabdikan ilmu bagi kemaslahatan masyarakat. Terkhusus untuk **Prof. Lilik**, kawan seangkatan FK 93 yang mengabarkan kesempatan menjadi Dosen di Departemen Ilmu Faal pada tahun 2004 lalu. Terima kasih, dan saya senang bahwa kita berdua bisa bersama di titik ini pada waktu yang sama.

Saya juga menyampaikan terima kasih yang tulus kepada Tim Direktorat Riset dan Inovasi Universitas Airlangga (**Pak Yanuardi, Bu Kurnia, Pak Setho, Bu Amaliyah, Pak Munawi, Mbak Nia, Mbak Wundri, Mas Ferdian, Mbak Ika, Mbak Dinda, Mbak Syafira, Mbak Annisa, Mbak Aisyah, dan Mas Riki**) yang telah menjadi keluarga baru dalam pengabdian sekaligus ruang pembelajaran kepemimpinan kolektif. Di sinilah saya merasakan makna kebersamaan, kami saling menggenggam tangan untuk menguatkan, memulihkan, dan menjaga arah langkah di tengah tuntutan akselerasi riset dan inovasi. Direktorat Riset dan Inovasi bukan sekadar ruang kerja, melainkan ruang tumbuh, tempat kolaborasi, kepercayaan, dan integritas menjelma menjadi energi bersama. Kebersamaan ini meneguhkan keyakinan saya bahwa kepemimpinan riset bukan tentang berlari paling cepat, melainkan mengajak semua bergerak seirama, siap berlari ketika diperlukan, demi melahirkan ilmu, inovasi, dan kebijakan berbasis riset yang berdampak bagi masyarakat serta menguatkan reputasi global Universitas Airlangga.

Kepada seluruh kolega dosen dan tenaga kependidikan di program studi S1, S2 dan S3 Fakultas Kedokteran, saya menyampaikan terima kasih atas kebersamaan intelektual, diskusi ilmiah, kolaborasi riset, serta dukungan moral yang menjadi bagian penting dalam perjalanan akademik saya.

Ucapan terima kasih juga saya tujukan kepada para Guru saya sejak sekolah dasar, sekolah menengah hingga pendidikan tinggi, dosen pembimbing tesis saya **dr. Harlina, M.Si** dan (**alm**) **dr. Choesnan Effendi, AIFM** serta Promotor dan Kopromotor saya (**alm**) **Prof. Dr. Harjanto JM, dr., AIFM** dan **Prof. Dr. Ir. Suhariningsih** yang telah mendidik, membimbing, dan menanamkan fondasi keilmuan serta nilai-nilai integritas sejak

awal perjalanan pendidikan saya. Jejak keteladanan Panjenengan sekalian senantiasa menjadi rujukan dan pengingat dalam setiap langkah pengabdian saya di dunia akademik.

Saya menyampaikan terima kasih yang tulus dan penuh rasa bangga kepada Tim Riset Metabolisme dan Prevensi Aging, yang telah menjadi ruang tumbuh, ruang berbagi, dan ruang saling menguatkan dalam perjalanan keilmuan saya. Secara khusus, saya berterima kasih kepada **Dr. Adi Pranoto, M.Kes**, mahasiswa yang sekarang menjadi rekan sejawat yang konsisten dalam komitmen ilmiah.

Tak lupa, Salam hangat untuk teman-teman komunitas **Profesiku Inspirasimu, Ikasmaksi Surabaya, teman-teman FK angkatan 93, teman-teman S2 dan teman-teman S3**. Semoga semangat kebersamaan dan dedikasi kita terus menebar manfaat, memperkuat persaudaraan, dan menjadi inspirasi bagi generasi berikutnya. Terus maju dan selalu memberi yang terbaik dalam profesi kita.

Secara khusus, saya menyampaikan terima kasih penuh sayang kepada para **mahasiswa S1, S2 dan S3** yang saya cintai dan banggakan. Mereka adalah sumber inspirasi yang tak pernah kering melalui pertanyaan kritis, keingintahuan yang jujur, dan semangat belajar yang terus menantang saya untuk bertumbuh. Mahasiswa bukan sekadar objek pendidikan, melainkan mitra intelektual tempat ilmu diuji, diperbarui, dan dimaknai. Melalui bimbingan, penelitian, dan pengabdian bersama, saya belajar bahwa ilmu hanya akan hidup jika dibagikan. Semoga ilmu yang kita rawat bersama kelak menjelma menjadi amal pengetahuan yang memberi manfaat nyata bagi masyarakat dan kesehatan bangsa.

Dengan penuh rasa syukur dan haru, izinkan saya menyampaikan terima kasih yang terdalam kepada keluarga tercinta, yang menjadi sumber kekuatan paling sunyi namun paling kokoh dalam perjalanan akademik saya.

Secara khusus dan dengan penuh ketulusan, saya menyampaikan bakti yang tak terhingga kepada ibu saya **Ibu Susilaningati** dan **Bapak Kasno, (alm)** **Bapak Wasir** dan **Ibu Rosita Sutarti** dan mertua saya **Ibu Jenny Sulistin** dan (**alm**)

Bapak Imam Supardi. Bagi saya, mereka adalah kekuatan doa yang paling hening sekaligus paling dahsyat. Ada keyakinan yang tumbuh dari pengalaman hidup: setiap kali di pagi hari saya dipeluk oleh Ibu, saya percaya bahwa pada hari itu segala kesulitan akan dilunakkan, setiap jalan yang terjal akan dibukakan kemudahannya oleh Gusti Allah. Jika hari ini saya diberi amanah dan kepercayaan untuk berdiri di mimbar ini, maka di baliknya ada doa seorang ibu dan keluarga yang tidak pernah berhenti mengetuk langit. Semoga Gusti Allah senantiasa melimpahkan kesehatan, keberkahan usia, dan kebahagiaan bagi Ibu dan keluarga saya, serta menjadikan setiap doa yang beliau-beliau panjatkan sebagai cahaya yang terus menuntun langkah saya dan keluarga.

Dengan penuh rasa syukur, saya mengucapkan terima kasih kepada suami tercinta, **Eko Purwanto, S.T., M.M.** Beliau adalah penyeimbang dalam hidup dan akademik saya; menjaga langkah tetap berpijak, dalam ketenangan hati dan pikiran jernih. Di tengah dinamika akademik, kehadirannya menenangkan, mengingatkan untuk bersyukur, memberi jeda saat ambisi berlari terlalu cepat, serta menguatkan saat beban terasa berat. Dari kebersamaan ini, saya belajar bahwa keseimbangan adalah kunci keberlanjutan dalam hidup, ilmu, dan pengabdian. Semoga Allah senantiasa melimpahkan kesehatan, ketenteraman, dan keberkahan pada setiap langkah kita, serta menjadikan kebersamaan ini sumber kekuatan untuk memberi manfaat bagi keluarga, institusi, dan masyarakat.

Secara khusus, kepada dua buah hatiku tercinta, **dr. Nabilah Izzatunnisa dan Faiq Amirul Hakim**, izinkan Bunda menyampaikan terima kasih yang lahir dari kedalaman hati. Kalian adalah api dan air dalam perjalanan hidup Bunda. Api yang menyalakan semangat ketika langkah terasa melambat, dan air yang menenangkan ketika lelah dan penat menyelimuti hari-hari panjang di dunia akademik. Di tengah kesibukan riset, pengajaran, dan pengabdian, kehadiran kalian adalah pemantik harapan sekaligus penghapus kelelahan. Senyum, doa, dan kebersamaan yang sering kali sederhana namun bermakna menjadi ruang pemulihan yang tak tergantikan. Dari kalian, Bunda belajar bahwa ilmu yang paling

bernilai bukan hanya yang terakumulasi dalam angka kredit dan publikasi, tetapi yang mampu menghadirkan makna, ketulusan, dan kebahagiaan dalam kehidupan. Semoga langkah kecil yang Bunda tempuh hari ini dapat menjadi teladan bahwa mencintai ilmu harus selalu sejalan dengan mencintai kehidupan. Dan semoga kalian kelak tumbuh menjadi insan yang berilmu, berakhlak, serta mampu menghadirkan manfaat bagi sesama.

Untuk **Bani Hartono, Bani Paring, Bani Supi, dan Bani Nawi**, terima kasih atas cinta yang menguatkan, doa yang tak pernah putus, dan semangat yang selalu menyertai. Kehadiran keluarga besar ini adalah anugerah yang menjadi penopang langkah saya hingga hari ini. Saya juga memanjatkan doa untuk seluruh keluarga tercinta, semoga kami senantiasa diberi kesehatan, ketenteraman, dan kekuatan untuk saling menguatkan dalam setiap peran kehidupan. Semoga kebersamaan keluarga tetap menjadi ruang paling jujur untuk bertumbuh, berbagi nilai, dan merawat makna hidup, sehingga ilmu yang saya tekuni tidak menjauhkan saya dari kemanusiaan, melainkan justru mendekatkannya.

Hadirin yang saya hormati,

Pada bagian penutup ini, izinkan saya menautkan kembali perjalanan orasi ini pada hakikat ilmu sebagai amanah. Saya berdoa semoga apa yang telah saya sampaikan hari ini tidak berhenti sebagai uraian akademik, tetapi tumbuh menjadi komitmen batin untuk terus belajar, meneliti, dan mengabdikan dengan rendah hati. Semoga Gusti Allah senantiasa membimbing langkah saya agar tetap istiqamah menjaga integritas keilmuan, menumbuhkan kepekaan sosial, serta mengabdikan fisiologi bagi kemaslahatan manusia, khususnya dalam upaya mencegah dan mengendalikan obesitas sebagai tantangan kesehatan zaman ini.

Untuk Universitas Airlangga, tempat saya bertumbuh dan mengabdikan, saya berharap dan berdoa agar senantiasa menjadi rumah besar ilmu pengetahuan yang unggul, berkarakter, dan berdampak nyata bagi masyarakat. Semoga Universitas Airlangga terus melahirkan pemikiran-pemikiran ilmiah yang berpihak pada

kesehatan, keadilan, dan keberlanjutan, serta menjadi pelopor dalam pengembangan strategi preventif berbasis sains, termasuk dalam menghadapi epidemi obesitas dan penyakit metabolik di Indonesia.

Akhirnya, saya menaruh harapan besar bagi kesehatan masyarakat Indonesia. Semoga upaya pencegahan obesitas tidak hanya dipahami sebagai tanggung jawab individu, tetapi sebagai gerakan kolektif yang berakar pada ilmu, kebijakan yang berkeadilan, dan budaya hidup sehat. Semoga masyarakat kita mampu tumbuh menjadi masyarakat yang lebih sadar tubuh, lebih menghargai keseimbangan hidup, dan lebih berdaya dalam menjaga kesehatannya sepanjang daur kehidupan.

Sebagaimana ilmu hanyalah percikan kecil dari keluasan kecerdasan Gusti Allah, semoga percikan itu tetap menyala - menerangi langkah kita, menghangatkan pengabdian kita, dan menjadi cahaya bagi generasi yang akan melanjutkan ikhtiar ini. Terima kasih.

WabiLLahi Taufiq walhidayah

Wassalamu'alaikum warahmatuLLahi wabarakatuh

DAFTAR RUJUKAN

1. World Health Organization. Obesity WPRO [Internet]. [cited 2026 Jan 14]. Available from: <https://www.who.int/westernpacific/health-topics/obesity>
2. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.01.07/MENKES/509/2025 Tentang Pedoman Nasional Pelayanan Klinis Tata Laksana Obesitas Dewasa [Internet]. 2025. Available from: <https://keslan.kemkes.go.id/unduh/KMK%20No.%20HK.01.07-MENKES-509-2025.pdf>
3. Pranoto A, Putera SHP, Yudhistira D, Ristiawan B, Al Adha Nikmah R, Bimantoro AP, **Rejeki PS**, et al. Long-term Endurance Training as a Modulator for Preventing Cardiovascular Disease Risk in Obese Individuals. *Teor metod fiz viov*. 2025 Mar 30;25(2):221-7.
4. Adila F, **Rejeki PS**, Herawati L. Acute Moderate-Intensity Strength Exercise Increases Anti-Inflammatory Cytokines in Obese Females. *Teor metod fiz viov*. 2023 Feb 28;23(1):35-41.
5. Harianto TD, Pamungkas PS, **Rejeki PS**, Wungu CDK, Susanto J, Izzatunnisa N, et al. The effect of exercise intensity on pancreatic and liver glut-2 expression in high fructose-fed mice. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*. 2024;(57):35-47.
6. Permana NJ, Lesmana R, Setiawan S, Lubis L, Rosdianto AM, **Rejeki PS**. Correlation of Various Levels of Body Mass Index to Vascular Endothelial Growth Factor-A. *AMJ* [Internet]. 2025 Sept 30 [cited 2026 Jan 11];12(3). Available from: <https://journal.fk.unpad.ac.id/index.php/amj/article/view/4296>
7. Pranoto A, Cahyono MBA, Yakobus R, Izzatunnisa N, Ramadhan RN, **Rejeki PS**, et al. Long-Term Resistance-Endurance Combined Training Reduces Pro-Inflammatory Cytokines in Young Adult Females with Obesity. *Sports*. 2023 Mar;11(3):54.
8. Ilmi SBZ, Wibowo NF, Karimullah A, Indra Devi A, Yosnengsih Y, Syamsudin F, **Rejeki PS**, et al. The Impact of High Intensity Intermittent Exercise (HIIE) on Serum Leptin Levels in Sedentary Overweight Adult Women. *Journal of Medicinal and Chemical Sciences*. 2023 Oct 1;6(10):2549-57.
9. Bays H, Blonde L, Rosenson R. Adiposopathy: how do diet, exercise and weight loss drug therapies improve metabolic disease in overweight patients? *Expert Review of Cardiovascular Therapy*. 2006 Nov;4(6):871-95.
10. Yuliyanasari N, Setiawan HK, Pranoto A, Izzatunnisa N, Zamri EN, Miftahussurur M, **Rejeki PS**, et al. Time-restricted periodic fasting: A

- revolutionary approach to combat obesity by enhancing Bcl-2 pro-survival proteins. *Clinical Nutrition Open Science*. 2025 Oct;63:304–14.
11. Rachmayanti DA, **Rejeki PS**, Argarini R, Novida H, Soenarti S, Halim S, et al. Effects of Short-Term (20-Day) Alternate-Day Modified Fasting and Time-Restricted Feeding on Fasting Glucose and IGF-1 in Obese Young Women. 2025;(13).
 12. Jakab J, Mišić B, Mikšić Š, Juranić B, Čosić V, Schwarz D, et al. Adipogenesis as a Potential Anti-Obesity Target: A Review of Pharmacological Treatment and Natural Products. *DMSO*. 2021 Jan;Volume 14:67–83.
 13. Munir M, **Sri Rejeki P**, Universitas Airlangga, Faculty of Medicine, Department of Medical Physiology and Biochemistry, Pranoto A, Universitas Airlangga, Faculty of Medicine, Doctoral Program of Medical Science, Ratna Sari D, et al. Response of Pro-Inflammatory Cytokines After A Single Bout of Moderate-Intensity Endurance Exercise in Obese. *Sport Mont*. 2024 Feb 1;22(1):123–7.
 14. Puspita DI, **Rejeki PS**, Sari GM, Munir M, Izzatunnisa N, Muhammad, et al. The Effect of Difference Training Intensity on Increased Adiponectin Levels in High-fructose-induced Mice (*Mus musculus*). *Revista de Investigación e Innovación en Ciencias de la Salud*. 2025;7(1):1–16.
 15. **Rejeki PS**, Pranoto A, Argarini R, Hakim FA, Nazmuddin M, Van Laar T, et al. Using Different Types of Exercise Can Have Varied Effects on Fat Mass and Muscle Mass in Obese Females. *Teor metod fiz vihov*. 2025 July 30;25(4):912–9.
 16. Sari AR, Risdayanto RD, Pradipta MH, Qorni UA, **Rejeki PS**, Argarini R, et al. Impact of Time-Restricted Feeding and Aerobic Exercise Combination on Promotes Myokine Levels and Improve Body Composition in Obese Women. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*. 2024;(53):1–10.
 17. Agustina R, Ekawidyan KR, Mutiyani M, Prafiyanti E, Nindya TS, Damayanti W, et al. Study protocol for a randomised controlled trial evaluating the efficacy of dietary modulation of probiotics on nutritional status and antibody response to SARS-CoV-2 in Indonesian adolescents: gut-lung axis (DIVINE). *BMJ Open*. 2025 Apr;15(4):e087934.
 18. Izzatunnisa N, Hakim FA, Putra WMI, **Rejeki PS**, Herawati L, Novida H, et al. Moderate-Intensity exercise has most beneficial effect on inflammatory response in fructose-induced mice (*Mus musculus*). *Retos*. 2024 Sept 19;60:552–60.
 19. **Rejeki PS**, Pranoto A, Rahmanto I, Izzatunnisa N, Yosika GF, Hernaningsih Y, et al. The Positive Effect of Four-Week Combined Aerobic-Resistance Training on Body Composition and Adipokine Levels in Obese Females. *Sports*. 2023 Apr;11(4):90.
 20. Pranoto A, Ramadhan R, **Rejeki PS**, Miftahussurur M, Yosika GF, Nindya T, et al. The role of long-term combination training in reducing and maintaining of body fat in obese young adult women. *Retos*. 2024 Jan 29;53:139–46.
 21. Yuliyanasari N, Zamri EN, Miftahussurur M, **Rejeki PS**. Safety, health improvement, and expression of aging-related genes during 10-day periodic fasting in overweight and obesity. *ijirss*. 2025 June 2;8(3):4616–24.
 22. Ramadhana DR, Putra RP, Sibarani MA, Sulistiawati S, Sari DR, **Rejeki PS**, et al. Short-term multicomponent exercise training improves executive function in postmenopausal women. *Fernandes TP, editor. PLoS ONE*. 2024 Aug 14;19(8):e0307812.
 23. Sugiharto S, Merawati D, Pranoto A, **Rejeki PS**, Lupita MochN, Adji BS, et al. Acute Interval and Continuous Moderate Intensity Exercise Enhanced Circadian Thermogenic Activity through Browning related Genes in Obese Adolescent Female. *Mal J Fund Appl Sci*. 2021 Oct 30;17(5):566–81.
 24. Sugiharto null, Pranoto A, Ihsan N, Goenawan H, Merawati D, **Rejeki PS**, et al. Physiological regulation of moderate-intensity exercise in improving the biomarkers visfatin and myonectin as a modulator of increasing metabolic performance in obese. *J Basic Clin Physiol Pharmacol*. 2025 Feb 19;
 25. Pranoto A, **Rejeki PS**, Miftahussurur M, Yosika GF, Ihsan M, Herawati L, et al. Aerobic Exercise Increases Release of Growth Hormone in the Blood Circulation in Obese Women. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*. 2024;(51):726–31.
 26. Dharmasanti H, **Rejeki PS**, Sulistiawati S, Mohamad Shariff MH, Fauzi Antoni M, Subagio I, et al. The beneficial effects of six weeks of swimming exercise on growth hormone and cortisol levels in male mice (*Mus musculus*). *Retos*. 2024 Aug 27;59:1126–31.
 27. Athiyyah AF, Nindya TS, Ranuh RG, Darma A, Sumitro KR, **Rejeki PS**, et al. Role of oral probiotic supplementation on gut permeability in obesity: A systematic review of randomized controlled trials. *Food Hydrocolloids for Health*. 2025 Dec;8:100225.
 28. Andarianto A, **Rejeki PS**, Pranoto A, Izzatunnisa N, Rahmanto I, Muhammad M, et al. Effects of moderate-intensity combination exercise on increase adiponectin levels, muscle mass, and decrease fat mass in obese women. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*. 2024;(55):296–301.

RIWAYAT HIDUP

A. Data Pribadi

Nama Lengkap : Prof. Dr. Purwo Sri Rejeki, dr., M.Kes, AIFO
 NIP : 19750612200501200
 Tempat/Tanggal Lahir : Surabaya, 12 Juni 1975
 Agama : Islam
 Jenis Kelamin : Perempuan
 Status Perkawinan : Sudah menikah
 Nama Suami/Istri : Eko Purwanto, ST, MM
 Nama Anak : 1. Dr. Nabillah Izzatunisa
 2. Faiq Amirul Hakim
 Pekerjaan : Dosen
 Golongan/Pangkat : 4A/Pembina
 Jabatan Akademik : Profesor
 Perguruan Tinggi : Universitas Airlangga
 Alamat : Jl. Prof. Dr. Moestopo 47, Surabaya, Jawa Timur
 Telp./Faks. : (031) 5914043
 Alamat Rumah : Sambikerep III/15, Surabaya
 Telp./Faks. : (031) 7408051
 Alamat e-mail : purwo-s-r@fk.unair.ac.id

B. Riwayat Pendidikan

Pendidikan Dasar, Menengah dan Tinggi (S1-S3)

1987	SDN Sambikerep I Surabaya
1990	SMPN 20 Surabaya
1993	SMAN 11 Surabaya
2000	S1 Kedokteran FK UNAIR
2007	S2 Ilmu Kedokteran Dasar Minat Ilmu Faal FK UNAIR
2016	S3 Ilmu Kedokteran FK UNAIR
2024-sekarang	S2 Pendidikan Kedokteran FK UNAIR

C. Pendidikan Tambahan: Pelatihan/Lokakarya/Simposium

2013 Sandwich Like Program – National Cheng Kung University

D. Kepangkatan/Jabatan Fungsional

Kepangkatan

Penata Muda Tingkat I : 1 Februari 2006
 Penata : 1 April 2020
 Penata Tingkat I : 1 April 2023
 Pembina : 1 April 2025

Jabatan Fungsional

Asisten Ahli : 1 April 2007
 Lektor : 1 September 2009
 Lektor Kepala : 1 Desember 2022
 Profesor : 1 Oktober 2025

Publikasi Karya Ilmiah Melalui Jurnal/Publikasi

Jumlah Artikel terindeks scopus : 81
 H-indeks Scopus : 13
 H-indeks Google Scholar : 1.103
 Sinta Score Overall : 2.811

Publikasi Artikel/Jurnal dalam Lima Tahun Terakhir

2025 The Effect of Difference Training Intensity on Increased Adiponectin Levels in High-fructose-induced Mice (Mus musculus) | El efecto de diferentes intensidades de entrenamiento sobre el aumento de los niveles de adiponectina en ratones (Mus musculus) inducidos por alta fructosa
 2025 Effects of Short-Term (20-Day) Alternate-Day Modified Fasting and Time-Restricted Feeding on Fasting Glucose and IGF-1 in Obese Young Women
 2025 Role of oral probiotic supplementation on gut permeability in obesity: A systematic review of randomized controlled trials
 2025 Time-restricted periodic fasting: A revolutionary approach to combat obesity by enhancing Bcl-2 pro-survival proteins

2025 The Effects of Time-Restricted Eating and Alternate-Day Modified Fasting on Interferon- γ and Interleukin-10 Levels in Young Asian Women with Obesity: A Quasi-Experimental Study

2025 Using Different Types of Exercise Can Have Varied Effects on Fat Mass and Muscle Mass in Obese Females

2025 Regulation of Metabolic Aging Through Adenosine Mono Phosphate-Activated Protein Kinase and Mammalian Target of Rapamycin: A Comparative Study of Intermittent Fasting Variations in Obese Young Women

2025 Study protocol for a randomised controlled trial evaluating the efficacy of dietary modulation of probiotics on nutritional status and antibody response to SARS-CoV-2 in Indonesian adolescents: gut-lung axis (DIVINE)

2025 Long-term Endurance Training as a Modulator for Preventing Cardiovascular Disease Risk in Obese Individuals

2025 Physiological regulation of moderate-intensity exercise in improving the biomarkers visfatin and myonectin as a modulator of increasing metabolic performance in obese

2025 Effect of providing cooling techniques (pre-cooling & per-cooling) on cognitive function

2025 Comparison of Saffron (*crocus sativus* L.) and Atorvastatin for Anti-dyslipidaemic and Anti-Oxidant Effects in Dyslipidaemia Male Rat Models

2025 A Mechanistic Review on Toxicity Effects of Methamphetamine

2025 Correlation of Various Levels of Body Mass Index to Vascular Endothelial Growth Factor-A

2025 Endurance-strength training intervention program as a mediator in improving metabolic health in obesity

2025 The impact of aerobic exercise on enhancing SIRT1 and SIRT3 in the blood circulation among individuals with obesity

2025 Changes in serum irisin, PGC-1 α , and IL-6 following combined strength-endurance training in obese young women

2024 Combined Aerobic Exercise with Intermittent Fasting Is Effective for Reducing mTOR and Bcl-2 Levels in Obese Females

2024 Moderate-Intensity exercise has most beneficial effect on inflammatory response in fructose-induced mice

2024 The Impact of Ten Days of Periodic Fasting on the Modulation of the Longevity Gene in Overweight and Obese Individuals: A Quasi-Experimental Study

2024 Impact of Time-Restricted Feeding and Aerobic Exercise Combination on Promotes Myokine Levels and Improve Body Composition in Obese Women

2024 Aerobic Exercise Increases Release of Growth Hormone in the Blood Circulation in Obese Women

2024 The effect of exercise intensity on anthropometric parameters and renal damage in high fructose- induced mice

2024 Effects of moderate-intensity combination exercise on increase adiponectin levels, muscle mass, and decrease fat mass in obese women

2024 The role of long-term combination training in reducing and maintaining of body fat in obese young adult women

2024 1. World Health Organization. Obesity WPRO [Internet]. [cited 2026 Jan 14]. Available from: <https://www.who.int/westernpacific/health-topics/obesity>

2. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor HK.01.07/MENKES/509/2025 Tentang Pedoman Nasional Pelayanan Klinis Tata Laksana Obesitas Dewasa [Internet]. 2025. Available from: <https://keslan.kemkes.go.id/unduhan/KMK%20No.%20HK.01.07-MENKES-509-2025.pdf>

3. Pranoto A, Putera SHP, Yudhistira D, Ristiawan B, Al Adha Nikmah R, Bimantoro AP, et al. Long-term Endurance Training as a Modulator for Preventing Cardiovascular Disease Risk in Obese Individuals. *Teor metod fiz vihov*. 2025 Mar 30;25(2):221-7.

4. Rejeki PS, Pranoto A, Rahmanto I, Izzatunnisa N, Yosika GF, Hernaningsih Y, et al. The Positive Effect of Four-Week Combined Aerobic-Resistance Training on Body Composition and Adipokine Levels in Obese Females. *Sports*. 2023 Apr;11(4):90.

5. Adila F, Rejeki PS, Herawati L. Acute Moderate-Intensity Strength Exercise Increases Anti-Inflammatory Cytokines in Obese Females. *Teor metod fiz vihov*. 2023 Feb 28;23(1):35-41.

6. Harianto TD, Pamungkas PS, Rejeki PS, Wungu CDK, Susanto J, Izzatunnisa N, et al. The effect of exercise intensity on pancreatic and liver glut-2 expression in high fructose-fed mice. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*. 2024;(57):35-47.

7. Permana NJ, Lesmana R, Setiawan S, Lubis L, Rosdianto AM, Rejeki PS. Correlation of Various Levels of Body Mass Index to Vascular Endothelial Growth Factor-A. AMJ [Internet]. 2025 Sept 30 [cited 2026 Jan 11];12(3). Available from: <https://journal.fk.unpad.ac.id/index.php/amj/article/view/4296>
8. Pranoto A, Cahyono MBA, Yakobus R, Izzatunnisa N, Ramadhan RN, Rejeki PS, et al. Long-Term Resistance-Endurance Combined Training Reduces Pro-Inflammatory Cytokines in Young Adult Females with Obesity. Sports. 2023 Mar;11(3):54.
9. Ilmi SBZ, Wibowo NF, Karimullah A, Indra Devi A, Yosnengsih Y, Syamsudin F, et al. The Impact of High Intensity Intermittent Exercise (HIIE) on Serum Leptin Levels in Sedentary Overweight Adult Women. Journal of Medicinal and Chemical Sciences. 2023 Oct 1;6(10):2549–57.
10. Bays H, Blonde L, Rosenson R. Adiposopathy: how do diet, exercise and weight loss drug therapies improve metabolic disease in overweight patients? Expert Review of Cardiovascular Therapy. 2006 Nov;4(6):871–95.
11. Yuliyanasari N, Setiawan HK, Pranoto A, Izzatunnisa N, Zamri EN, Miftahussurur M, et al. Time-restricted periodic fasting: A revolutionary approach to combat obesity by enhancing Bcl-2 pro-survival proteins. Clinical Nutrition Open Science. 2025 Oct;63:304–14.
12. Rachmayanti DA, Rejeki PS, Argarini R, Novida H, Soenarti S, Halim S, et al. Effects of Short-Term (20-Day) Alternate-Day Modified Fasting and Time-Restricted Feeding on Fasting Glucose and IGF-1 in Obese Young Women. 2025;(13).
13. Jakab J, Miškić B, Mikšić Š, Juranić B, Čosić V, Schwarz D, et al. Adipogenesis as a Potential Anti-Obesity Target: A Review of Pharmacological Treatment and Natural Products. DMSO. 2021 Jan;Volume 14:67–83.
14. Munir M, Sri Rejeki P, Universitas Airlangga, Faculty of Medicine, Department of Medical Physiology and Biochemistry, Pranoto A, Universitas Airlangga, Faculty of Medicine, Doctoral Program of Medical Science, Ratna Sari D, et al. Response of Pro-Inflammatory Cytokines After A Single Bout of Moderate-Intensity Endurance Exercise in Obese. Sport Mont. 2024 Feb 1;22(1):123–7.
15. Puspita DI, Rejeki PS, Sari GM, Munir M, Izzatunnisa N, Muhammad, et al. The Effect of Difference Training Intensity on Increased Adiponectin Levels in High-fructose-induced Mice (*Mus musculus*). Revista de Investigación e Innovación en Ciencias de la Salud. 2025;7(1):1–16.
16. Rejeki PS, Pranoto A, Argarini R, Hakim FA, Nazmuddin M, Van Laar T, et al. Using Different Types of Exercise Can Have Varied Effects on Fat Mass and Muscle Mass in Obese Females. Teor metod fiz vihov. 2025 July 30;25(4):912–9.
17. Sari AR, Risdianto RD, Pradipta MH, Qorni UA, Rejeki PS, Argarini R, et al. Impact of Time-Restricted Feeding and Aerobic Exercise Combination on Promotes Myokine Levels and Improve Body Composition in Obese Women. Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación. 2024;(53):1–10.
18. Sugiharto S, Merawati D, Pranoto A, Rejeki PS, Lupita MochN, Adji BS, et al. Acute Interval and Continuous Moderate Intensity Exercise Enhanced Circadian Thermogenic Activity through Browning related Genes in Obese Adolescent Female. Mal J Fund Appl Sci. 2021 Oct 30;17(5):566–81.
19. Agustina R, Ekawidyan KR, Mutiyani M, Prafiyanti E, Nindya TS, Damayanti W, et al. Study protocol for a randomised controlled trial evaluating the efficacy of dietary modulation of probiotics on nutritional status and antibody response to SARS-CoV-2 in Indonesian adolescents: gut-lung axis (DIVINE). BMJ Open. 2025 Apr;15(4):e087934.
20. Izzatunnisa N, Hakim FA, Putra WMI, Rejeki PS, Herawati L, Novida H, et al. Moderate-Intensity exercise has most beneficial effect on inflammatory response in fructose-induced mice (*Mus musculus*). Retos. 2024 Sept 19;60:552–60.
21. Andarianto A, Rejeki PS, Pranoto A, Izzatunnisa N, Rahmanto I, Muhammad M, et al. Effects of moderate-intensity combination exercise on increase adiponectin levels, muscle mass, and decrease fat mass in obese women. Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación. 2024;(55):296–301.
22. Pranoto A, Ramadhan R, Rejeki P, Miftahussurur M, Yosika GF, Nindya T, et al. The role of long-term combination training in reducing and maintaining of body fat in obese young adult women. Retos. 2024 Jan 29;53:139–46.

23. Yulianasari N, Zamri EN, Miftahussurur M, Rejeki PS. Safety, health improvement, and expression of aging-related genes during 10-day periodic fasting in overweight and obesity. *ijirss*. 2025 June 2;8(3):4616–24.

24. Athiyyah AF, Nindya TS, Ranuh RG, Darma A, Sumitro KR, Rejeki PS, et al. Role of oral probiotic supplementation on gut permeability in obesity: A systematic review of randomized controlled trials. *Food Hydrocolloids for Health*. 2025 Dec;8:100225.

25. Pranoto A, Rejeki PS, Miftahussurur M, Yosika GF, Ihsan M, Herawati L, et al. Aerobic Exercise Increases Release of Growth Hormone in the Blood Circulation in Obese Women. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*. 2024;(51):726–31.

2024 The Effect of Exercise Intensity on Pancreatic and Liver GLUT-2 Expression in High Fructose-Fed Mice

2024 Response of Pro-Inflammatory Cytokines After A Single Bout of Moderate-Intensity Endurance Exercise in Obese

2024 Treadmill has a more beneficial effect than cycling on fat loss through myokines secretion in obese women

2024 Short-term multicomponent exercise training improves executive function in postmenopausal women

2024 The beneficial effects of six weeks of swimming exercise on growth hormone and cortisol levels in male mice (*Mus musculus*)

2024 The effect of different types of swimming intensity on increasing serum bone specific-alkaline phosphatase levels of obese male mice (*Mus Musculus*) | El efecto de diferentes tipos de natación de intensidad sobre el aumento de los niveles séricos de fosfatasa alcalina específica ósea de ratones machos obesos (*Mus Musculus*)

2024 The effect of exercise intensity on pancreatic and liver glut-2 expression in high fructose-fed mice

2024 High-intensity combination exercise has the highest effect on increasing serum irisin and interleukin 6 levels in women with obesity

2023 The Positive Effect of 4-Weeks Combined Aerobic-Resistance Training on Body Composition and Adipokines Levels in Obese Females

2023 Importance of moderate-to-vigorous physical activity during the COVID-19 pandemic: a systematic review and meta-analysis

2023 Acute Moderate-Intensity Strength Exercise Increases Anti-Inflammatory Cytokines in Obese Females

2023 Long-Term Resistance-Endurance Combined Training Reduces Pro-Inflammatory

2023 Single 30 min treadmill exercise session suppresses the production of pro-inflammatory cytokines and oxidative stress in obese female adolescents

2023 Response of TNF- α Levels and Blood Glucose Levels after Acute High-Intensity Intermittent Exercise in Overweight Women

2022 Analysis of gastric microbiota and *Helicobacter pylori* infection in gastroesophageal reflux disease

2022 The pattern of serum brain-derived neurotrophic factor levels after acute interval exercise versus acute continuous exercise in obese adolescent females

2022 The Effect of Continous Exercise and Midification Interval Exercise on Decreasing MDA and blood lactate levels in non professional Shorinji Kempo Athletes

2022 Moderate-intensity exercise decreases the circulating level of betatrophin and its correlation among markers of obesity in women

2022 High-intensity interval training improves physical performance without C-reactive protein (CRP) level alteration in overweight sedentary women

2022 Potential molecular interaction of nutmeg's (*myristica fragrans*) active compound via activation of caspase-3

2022 Effects of a 4-Week Moderate-Intensity Swimming Exercise Increase Serotonin Levels in Mice (*Mus musculus*)

2022 Inflammatory Markes in Response to interval and continuous exercise in obese women

2022 Effect of Long Term Ketogenic Diet Mice Serum Adiponectin

2022 Effect of Nocturnal and Diurnal Moderate-Intensity on Increasing Irisin Level of Female Mice (*Mus Musculus*)

2022 Chronic Unpredictable Mild Stress Impacts on Chondrocyte Apoptosis and Long-Bone Growth in Adolescent Mice

2022 Effect of Long Term Ketogenic Diet Mice Serum Adiponectin

2022 Normal Walking Speed According to Age and Gender in Preliminary Students in Surabaya

2022	Effect of Long-Term Ketogenic Diet In Mice Serum Adiponectin
2021	The effect of moderate intensity continuous exercise on serum irisin levels in obese adolescent women
2021	The Effect of Ketogenic Diet on Bcl2 Expression as An Apoptosis Marker in Cancer Treatment: A Systematic Review
2021	The Effect of Ketogenic Diet on Bcl2 Expression as an Apoptosis Marker in Cancer Treatment: a Systematic Review
2021	Effect of High Fat Diet on Body Weight, Visceral Fat Weight, and PPARG Expressions on Visceral Fat in Mice
2021	Physical Condition Comparison between Female Athlete Indoor Hockey of East Java Team and National Team
2021	Acute Interval and Continous Moderate Intensity Exercise Enhanced Circadian Thermogenic Activity through Browning-related Genes in Obese Adolscent
2021	The effect of long term ketogenic diet on serum adiponectin and insulin-like growth factor 1 levels in mice
2021	Negative Correlation between Serum Brain-derived Neurotrophic Factor Levels and Obesity Predictor Markers and Inflammation Levels in Females with Obesity
2021	A high-fat diet decreases serum TNF-alpha and breast tumor area on benzopyrene induced mice (Mus musculus)
2021	Irisin serum increasing pattern is higher at moderate-intensity continuous exercise than at moderate-intensity interval exercise in obese females
2021	The Expression of Visceral Fat Uncoupling Protein-1 is Higher in Moderate-Intensity Swimming than in Low or High-Intensity Swimming in Mice
2021	Comparison of High-Intensity Interval Training and Moderate-Intensity Continuous Training on VO ₂ max and Response Reaction Time in Basketball Referees.
2021	Exercise Intensity May affect Bdnf Level in the Hippocampus of Fructose-Induced Mice.
2021	Effect of Moderate-Intensity Acute Physical Activity on Decreasing Cortisol Levels in Obese Female.
2021	Ketogenic Diet Slows Down Weight Gain in Juvenile Mus musculus with Benzopyrene as Cancer Inducer.

E. Penulisan buku

2023	Buku Ajar Sistem Integumen
2022	Buku Ajar Metabolisme Energi Dan Regulasi Suhu Tubuh
2022	AGING
2021	ADIPOGENESIS Perkembangan Adiposa Dari Sel Punca Hingga Adiposit
2021	DIET KETOGENIK
2019	Guyton Dan Hall Buku Ajar Fisiologi Kedokteran
2019	Fitness Personal Trainer Guide
2019	Fisiologi Laktasi Dalam Catatan Tentang ASI
2019	Ovariektomi Pada Tikus Dan Mencit
2016	Tumbuh Kembang Remaja

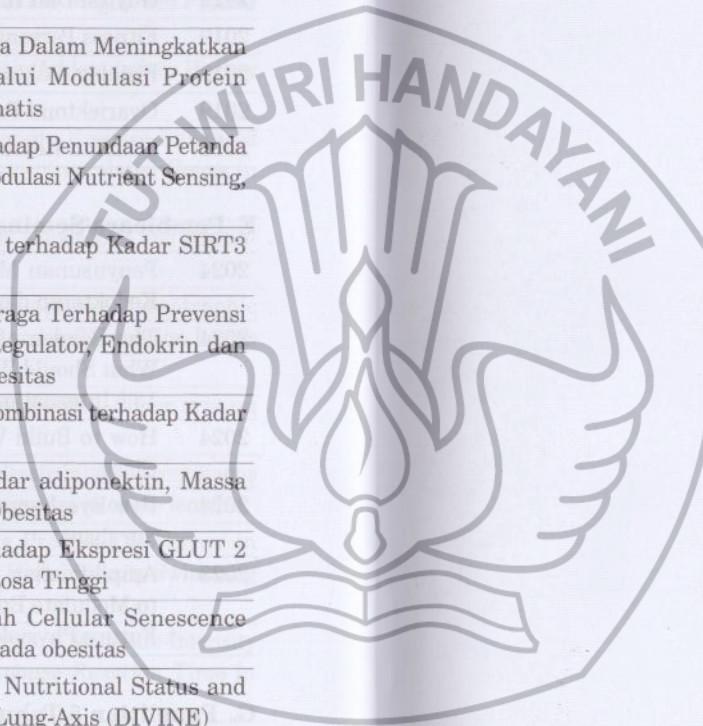
F. Pembicara/Seminar/Kuliah Tamu 5 Tahun Terakhir

2024	Penyusunan Modul Pembelajaran Jurusan Kedokteran Fakultas Kedokteran dan Kesehatan Universitas Jambi
2024	The Burden of Childhood and Adolescent Obesity in Indonesia: What Should We Do? 13 th International Convention of Asian Scholars (ICAS)
2024	How to Build Work of Lasting Impact in UNAIR Writing Master Class
2024	Bye Bye Lemas, Ini Tips Bugar Saat Puasa – Podcast TV IDI Surabaya
2023	Amplification Effect of Exercise on Intermittent Fasting Impact to Modulate Body Composition in Obese Female FAOPS 2023- The Future Physiology is Today, Korea

G. Penelitian 5 Tahun Terakhir

2025	Validasi Panel Petanda Biologis sebagai Dasar Pengembangan Kit Diagnostik Sarkopenia pada Obesitas
2025	Potensi Kombucha Ampas Cokelat sebagai Pangan Fungsional untuk Mengatasi Obesitas

2025	Efek Latihan Fisik Terhadap Penghambatan Early Ovarian Aging Melalui Modulasi Endokrin dan Inflamasi pada Perempuan Obesitas
2025	Comparison Sequence of Moderate Intensity Combination Training to Brain Aging Prevention Through Detection of Hormonal, Protein Factor and Lipid Marker in Obese Women Biofluid
2024	Early Aging Protective Effect of Resistance Endurance Combined Training in Obese Female: The Myokines and Adipokines pathway
2024	Komparasi Mekanisme Intensitas Olahraga Dalam Meningkatkan Surveilans Pasien CA Nasofaring Melalui Modulasi Protein Modulator Dan Inflamasi: Tinjauan Sistematis
2024	Komparasi Mekanisme Variasi Fasting Terhadap Penundaan Petanda Aging pada Perempuan Obesitas Melalui Modulasi Nutrient Sensing, Inflamasi Dan Imunitas
2024	Efek Intensitas Olahraga jenis Kombinasi terhadap Kadar SIRT3 pada perempuan obesitas
2023	Mekanisme Intermitten Fasting dan Olahraga Terhadap Prevensi Penuaan Dini Melalui Modulasi Protein Regulator, Endokrin dan Aktivitas Telomerase Pada Perempuan Obesitas
2022	Komparasi Efek Intensitas Olahraga jenis Kombinasi terhadap Kadar IL6 pada perempuan obesitas
2022	Efek Olahraga Jenis Kombinasi pada Kadar adiponektin, Massa Lemak dan Massa Otot pada perempuan Obesitas
2022	Komparasi Efek Intensitas Olahraga Terhadap Ekspresi GLUT 2 Pankreas pada Mencit yang Dipapar Fruktosa Tinggi
2022	Potensi Restriksi Kalori dalam Mencegah Cellular Senescence Melalui Analisis Kadar m-TOR dan BCL2 pada obesitas
2021	Dietary Modulation of Gut Microbiota on Nutritional Status and COVID-19 Infection in Adolescents: Gut-Lung-Axis (DIVINE)
2021	Hubungan Antara Komposisi Mikrobiota Lambung dengan Biofilm <i>Helicobacter pylori</i> dan Resistensi Antibiotika
2021	Efek Kontroversi Olahraga dalam Terapi Covid-19. Sebuah Pendekatan Immunologi Olahraga
2021	Mekanisme Olahraga dalam Prevensi Proses Early Aging melalui Supresi Stres Oksidatif dan Inflamasi Kronis



- 2023 Efek Latihan Fisik Terhadap Penghambatan Early Aging Melalui Stresor Psikologis dan Inflamasi pada Percepatan Obesitas
- 2023 Comparison between of Metabolic Inactivity Counterpart Training to Early Aging Prevention through Direction of Hormonal, Protein Factor and Lipid Metabolism (Rus Vigena Burdard)
- 2024 Early Aging: Protective Effect of Resistance Endurance Combined Training in Obese Female: The Mitochondria and Adipogenesis pathway
- 2024 Komparasi Mekanisme Intersitas Olahraga Dalam Meningkatkan Supresasi Pasien OA Memerangi Masalah Metabolis Protein, Modulator Dan Inflamasi Terhadap Osteoporosis
- 2024 Komparasi Mekanisme Variasi Peningkatan Terhadap Protein Aktif pada Percepatan Obesitas Melalui Metabolisme Protein, Modulator Dan Inflamasi
- 2024 Efek Intersitas Olahraga yang Kombinasi terhadap Early Aging pada percepatan obesitas
- 2024 Mekanisme Interaksi Peningkatan Dan Olahraga Terhadap Protein, Hormonal Dan Metabolis Masalah Protein, Endokrin, Modulator Dan Aktivitas Terintegrasi Pada Percepatan Obesitas
- 2022 Komparasi Efek Intersitas Olahraga pada Kardiometabolik dan Endokrin pada percepatan obesitas
- 2022 Efek Olahraga Jenis Kardiometabolik pada Kardiometabolik, Hormonal, Lemak dan Massa Otot pada percepatan Obesitas
- 2022 Komparasi Efek Intersitas Olahraga Terhadap Kardiometabolik, Hormonal pada Mencit yang Diaplikasikan Protokol Tumor
- 2022 Peningkatan Resistensi Seluler dalam Meningkatkan Seluler, Senesensi Melalui Analisis Kadar is-10 α dan p53 pada obesitas
- 2021 Effect Modulation of Gut Microbiota on Nutritional Intake and COVID-19 Infection in Adolescent Gut-Lung Axis (Dewi)
- 2021 Hubungan Antara Aspek-aspek Mikrobiota Gut dengan Resistensi Terhadap bakteri dan Resistensi Anti-Obesitas
- 2021 Efek Kardiometabolik Olahraga dalam Terapi Covid-19 Sebagai Pendekatan Integrasi Olahraga
- 2021 Mekanisme Olahraga dalam Proses Early Aging melalui Supresi Stres Oksidatif dan Inflamasi Kronis

