DAFTAR ISI

Halaman Judul ……..……..... i
Halaman Pengesahan ……... ii
Identitas Dan Uraian Umum ..…….…… iii
DAFTAR ISI..... 1
RINGKASAN PROPOSAL..... 2
BAB 1. PENDAHULUAN..... 3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA..... 8
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN..... 24
BAB 4. JADWAL PENELITIAN..... 33
BAB 5. RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)..... 34
DAFTAR PUSTAKA..... 35
LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN..... 40
LAMPIRAN 2. SURAT KESEDIAAN BERKOMITMEN..... 42

RINGKASAN PROPOSAL

Pekerja sapu lapangan di Jakarta Barat merupakan kelompok pekerja yang rentan mengalami *metabolic stress* akibat paparan panas, polusi udara, aktivitas fisik berat yang tidak terstruktur, pola makan tidak teratur, stres psikologis, serta risiko dehidrasi, sementara data mengenai risiko metabolik pada kelompok ini masih terbatas. Penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh dasar ilmiah bagi pengembangan metode skrining sederhana risiko kardiometabolik, dengan tujuan menganalisis hubungan *Waist-to-Height Ratio* (WHtR) dengan profil *metabolic stress* berdasarkan *Atherogenic Index of Plasma* (AIP), persentase lemak tubuh, dan lemak viseral menggunakan *Bioelectrical Impedance Analysis* (BIA) pada pekerja sapu lapangan di Jakarta Barat. Manfaat penelitian mencakup penguatan kajian kesehatan kerja dan epidemiologi metabolik, deteksi dini obesitas sentral dan dislipidemia aterogenik, identifikasi pekerja yang memerlukan pemeriksaan lanjutan, serta penyusunan rekomendasi intervensi promotif dan preventif. Penelitian menggunakan desain *cross-sectional* analitik pada 65 pekerja sapu lapangan yang telah terdaftar, memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi, serta bersedia mengikuti penelitian; pemilihan sampel dilakukan dengan teknik *consecutive sampling*, yaitu seluruh subjek yang memenuhi kriteria direkrut secara berurutan sampai jumlah sampel terpenuhi. Pengumpulan data dilakukan melalui kuesioner, pengukuran antropometri, pemeriksaan komposisi tubuh menggunakan BIA, serta pemeriksaan trigliserida dan HDL-kolesterol serum puasa; analisis data menggunakan uji korelasi Spearman/Pearson, regresi Poisson termodifikasi dengan *robust variance*, dan analisis ROC. Topik penelitian ini selaras dengan *road map* ketua peneliti pada bidang gizi, khususnya status gizi, obesitas sentral, komposisi tubuh, pola makan, dan pencegahan penyakit tidak menular; didukung oleh anggota peneliti bidang biokimia dan metabolisme yang berfokus pada mekanisme *metabolic stress*, metabolisme lipid, dan interpretasi AIP; serta anggota bidang saraf dan psikiatri yang mengkaji keterkaitan stres kerja, dehidrasi, kelelahan, fungsi saraf, perilaku kesehatan, dan kondisi psikologis dengan risiko metabolik. Penelitian ini juga mendukung *Road Map Penelitian Fakultas* pada bidang gizi, biomedik, kesehatan kerja, neurosains, kesehatan jiwa, penyakit tidak menular, dan pengembangan skrining berbasis bukti. Mitra penelitian yang direncanakan adalah Suku Dinas Lingkungan Hidup Kota Administrasi Jakarta Barat beserta satuan pelaksana kebersihan kecamatan dan laboratorium klinik terakreditasi untuk pemeriksaan lipid. Luaran yang direncanakan berupa satu artikel pada jurnal nasional terakreditasi Sinta 3–4, *policy brief*, rekomendasi skrining kesehatan pekerja sektor sanitasi, poster infografis yang diajukan hak cipta, serta bahan edukasi untuk kegiatan pengabdian kepada masyarakat.

Kata Kunci :
Waist-to-Height Ratio; Atherogenic Index of Plasma; Bioelectrical Impedance Analysis; Lemak Viseral; Metabolic Stress

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penyakit kardiovaskular masih menjadi penyebab kematian nomor satu secara global dengan estimasi 17,9 juta kematian per tahun atau sekitar 32% dari seluruh kematian dunia (World Health Organization, 2023). Beban tersebut tidak terdistribusi merata: lebih dari tiga perempat kematian akibat CVD terjadi di negara berpenghasilan rendah dan menengah, tempat sistem deteksi dini dan layanan preventif masih terbatas (World Health Organization, 2023). Di Indonesia, CVD merupakan penyebab kematian tertinggi dengan kontribusi sekitar 35% dari seluruh kematian nasional berdasarkan data Sample Registration System (World Health Organization, 2023). Beban penyakit ini diperberat oleh tren obesitas yang terus meningkat, dengan Survei Kesehatan Indonesia mencatat prevalensi obesitas sentral pada penduduk usia 15 tahun ke atas mencapai 36,8%, naik dari 31% pada survei sebelumnya (Kementerian Kesehatan RI, 2024). DKI Jakarta tercatat sebagai provinsi dengan prevalensi gabungan overweight dan obesitas tertinggi secara nasional, yaitu sekitar 48% (Kementerian Kesehatan RI, 2024). Pola distribusi lemak tubuh khususnya lemak viseral terbukti lebih menentukan risiko metabolik daripada berat badan total, sebagaimana ditunjukkan pada populasi dewasa Indonesia dan Belanda (Sigit et al., 2020). Di tengah situasi epidemiologis tersebut, muncul paradoks pada kelompok pekerja lapangan: meskipun tampak aktif secara fisik, mereka tetap rentan mengalami gangguan metabolik akibat kombinasi stressor unik yang tidak dialami pekerja sektor lain (Eker et al., 2012).

Pekerja sapu lapangan di perkotaan merupakan kelompok yang secara konsisten terabaikan dalam kajian kesehatan kerja (Desye et al., 2025). Mereka bekerja di luar ruangan selama 6–8 jam per hari, terpapar suhu lingkungan tinggi, polutan udara jalan raya, debu jalan, serta beban kerja fisik intermiten yang tidak terstruktur (Desye et al., 2025). Bukti global terbaru menegaskan kerentanan kelompok ini, dengan meta-analisis terhadap pekerja sapu jalan di negara berpenghasilan rendah–menengah menemukan prevalensi gabungan gangguan respirasi okupasional sebesar 47,35% (Desye et al., 2025). Pada studi tersebut, masa kerja lebih dari lima tahun meningkatkan risiko gangguan respirasi hampir empat kali lipat, yang mengindikasikan adanya efek kumulatif paparan lingkungan (Desye et al., 2025). Studi pada pekerja sanitasi di Nepal juga menunjukkan beban morbiditas yang tinggi disertai akses layanan kesehatan yang terbatas (Khatri et al., 2025). Secara patofisiologis, kombinasi paparan tersebut memicu rangkaian respons stres metabolik yang melibatkan aktivasi aksis hipotalamus pituitary adrenal (HPA), resistensi insulin, dislipidemia aterogenik, dan inflamasi kronik derajat rendah suatu kondisi yang secara kolektif disebut metabolic stress.

Metabolic stress didefinisikan sebagai kondisi gangguan homeostasis metabolik akibat ketidakseimbangan antara beban stressor eksogen dan kapasitas adaptasi sistem metabolik tubuh (Hotamisligil, 2010). Secara molekuler, kondisi ini ditandai aktivasi jalur stres seluler NF-κB, JNK/AP-1, dan unfolded protein response yang menekan sinyal insulin sekaligus mendorong inflamasi (Hotamisligil, 2010). Secara klinis, metabolic stress bersifat multidimensi dan tidak dapat ditangkap utuh oleh satu penanda tunggal, karena ia termanifestasi secara bersamaan sebagai peningkatan lemak viseral, dislipidemia aterogenik, dan inflamasi subklinis (Hotamisligil, 2010). Oleh karena itu, penelitian ini secara sengaja mengukur dua dimensi yang paling praktis dinilai di lapangan menggunakan dua biomarker komplementer komposisi lemak tubuh melalui Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) dan Atherogenic Index of Plasma (AIP) agar profil metabolic stress pekerja sapu

lapangan dapat digambarkan secara lebih menyeluruh daripada satu penanda tunggal (Kurniawan et al., 2018; Dobiášová and Frohlich, 2001).

Waist-to-Height Ratio (WHtR) didefinisikan sebagai rasio lingkar pinggang (cm) terhadap tinggi badan (cm) dan merupakan proksi sederhana untuk adipositas sentral (Ashwell, Gunn and Gibson, 2012). Meta-analisis terhadap 31 studi dari 14 negara membuktikan bahwa WHtR lebih unggul daripada Indeks Massa Tubuh (IMT) dan lingkar pinggang dalam mendeteksi faktor risiko kardiometabolik, dengan nilai batas ≥0,50 yang konsisten lintas etnis dan jenis kelamin (Ashwell, Gunn and Gibson, 2012). Bukti mutakhir semakin memperkuat posisi WHtR, dengan analisis kohort prospektif berskala besar di Amerika Serikat menunjukkan WHtR lebih baik daripada IMT maupun lingkar pinggang dalam memprediksi mortalitas spesifik-penyebab (Patel et al., 2025). Keunggulan praktisnya tanpa alat mahal, mudah diukur, dan memiliki satu nilai batas universal menjadikan WHtR sangat relevan untuk skrining pekerja sektor informal di negara berkembang (Ashwell, Gunn and Gibson, 2012). Namun, sebagai indikator antropometri, WHtR hanya mengestimasi lemak viseral secara tidak langsung, sehingga penelitian ini melengkapinya dengan pengukuran komposisi tubuh objektif menggunakan BIA untuk memvalidasi kemampuan WHtR memprediksi lemak viseral aktual (Kurniawan et al., 2018).

AIP, yang dihitung sebagai log10(TG/HDL-C), pertama kali dikonseptualisasikan sebagai indeks tunggal yang mencerminkan keseimbangan antara lipoprotein aterogenik dan protektif sekaligus berkorelasi dengan ukuran partikel LDL kecil-padat (Dobiášová and Frohlich, 2001). Studi longitudinal sembilan tahun pada lebih dari 7.000 orang dewasa membuktikan AIP memprediksi kejadian sindrom metabolik, hipertensi, dan diabetes melitus tipe 2 (Li et al., 2021). Meta-analisis terhadap 51 studi observasional menemukan bahwa AIP tinggi berkaitan dengan peningkatan risiko penyakit jantung koroner sebesar 2,79 kali lipat (OR 2,79; 95% CI 1,75–4,45) (Assempoor et al., 2025). AIP juga terbukti memprediksi kejadian kardiovaskular jangka panjang pada kohort lima belas tahun (Sadeghi et al., 2021). Yang lebih relevan untuk penelitian ini, indeks gabungan AIP–WHtR memiliki kemampuan prediktif yang lebih baik dibandingkan AIP tunggal untuk risiko stroke, yang mengonfirmasi adanya sinergi biologis antara kedua variabel tersebut (Wang et al., 2025).

Dimensi adipositas diperkuat melalui pengukuran persentase lemak tubuh dan tingkat lemak viseral menggunakan BIA, metode non-invasif, portabel, cepat, dan jauh lebih murah daripada DXA atau CT (Kurniawan et al., 2018). Pada dewasa muda Indonesia, persentase lemak tubuh total dan tingkat lemak viseral terbukti memprediksi resistensi insulin lebih baik daripada lingkar pinggang dan IMT, sehingga relevansi BIA pada populasi Indonesia telah terdokumentasi (Kurniawan et al., 2018). Kelebihan lemak tubuh juga meningkatkan risiko diabetes tipe 2 bahkan pada individu dengan IMT normal, yang menegaskan pentingnya mengukur adipositas secara langsung dan bukan hanya berat badan (Mohammadian Khonsari et al., 2022). Dengan menambahkan BIA, penelitian ini tidak hanya mengukur lemak viseral secara objektif, tetapi juga dapat menguji sejauh mana WHtR alat lapangan yang murah mampu menggantikan pengukuran komposisi tubuh yang lebih kompleks (Ashwell, Gunn and Gibson, 2012; Kurniawan et al., 2018).

Meskipun bukti ilmiah mengenai WHtR, AIP, dan komposisi tubuh BIA secara individual sangat kuat, studi yang secara spesifik mengintegrasikan ketiga parameter ini dalam satu kerangka metabolic stress

pada pekerja sapu lapangan di Indonesia belum pernah dilakukan (Desye et al., 2025; Khatri et al., 2025). Penelitian yang ada pada pekerja sapu jalan umumnya berfokus pada gangguan respirasi dan muskuloskeletal, sementara dimensi metabolik mereka hampir tidak tersentuh (Desye et al., 2025). Kesenjangan riset inilah yang menjadi justifikasi utama dan nilai kebaruan pada proposal ini. Berdasarkan uraian latar belakang, permasalahan penelitian dapat diidentifikasi sebagai berikut yaitu pekerja sapu lapangan sangat rentan mengalami metabolic stress, tetapi hingga kini belum mendapat perhatian memadai dalam program kesehatan kerja di Indonesia, dan pemeriksaan kesehatan berkala bagi mereka bila ada umumnya tidak mencakup parameter metabolic. belum tersedia data ilmiah terpublikasi mengenai profil metabolic stress (dimensi lipid dan adipositas) pada pekerja sapu lapangan di Indonesia, khususnya di Jakarta. WHtR sebagai alat skrining sederhana dan tervalidasi internasional belum dimanfaatkan secara optimal serta belum divalidasi terhadap pengukuran lemak viseral objektif pada pekerja sektor informal Indonesia, dan belum ada data empiris yang menggambarkan besaran hubungan antara adipositas abdominal (WHtR) dengan profil lipid aterogenik (AIP) dan lemak viseral pada pekerja outdoor perkotaan Indonesia.

1.2. Perumusan Masalah

Bagaimana hubungan antara *Waist-to-Height Ratio* (WHtR) dengan profil *metabolic stress* pada pekerja sapu lapangan di Jakarta Barat tahun 2026?

Rumusan masalah khusus:

1. Bagaimana karakteristik pekerja sapu lapangan di Jakarta Barat berdasarkan usia, jenis kelamin, masa kerja, kebiasaan merokok, aktivitas fisik, dan pola makan?
2. Bagaimana distribusi nilai WHtR dan kategori obesitas abdominal pada pekerja sapu lapangan di Jakarta Barat?
3. Bagaimana profil *metabolic stress* berdasarkan nilai AIP, persentase lemak tubuh, dan tingkat lemak viseral pada pekerja sapu lapangan di Jakarta Barat?
4. Apakah terdapat hubungan antara WHtR dengan AIP?
5. Apakah terdapat hubungan antara WHtR dengan persentase lemak tubuh?
6. Apakah terdapat hubungan antara WHtR dengan tingkat lemak viseral?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan Umum

Menganalisis hubungan antara *Waist-to-Height Ratio* (WHtR) dengan profil *metabolic stress* pada pekerja sapu lapangan di Jakarta Barat tahun 2026..

Tujuan Khusus

1. Mendeskripsikan karakteristik pekerja sapu lapangan di Jakarta Barat berdasarkan usia, jenis kelamin, masa kerja, kebiasaan merokok, aktivitas fisik, dan pola makan.
2. Mendeskripsikan distribusi nilai WHtR dan kategori obesitas abdominal.
3. Mendeskripsikan profil *metabolic stress* berdasarkan nilai AIP, persentase lemak tubuh, dan tingkat lemak viseral.

4. Menganalisis hubungan WHtR dengan AIP.
5. Menganalisis hubungan WHtR dengan persentase lemak tubuh.
6. Menganalisis hubungan WHtR dengan tingkat lemak viseral.

1.4. Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada pekerja sapu lapangan aktif yang terdaftar di wilayah Kota Administrasi Jakarta Barat. Lokasi pengambilan data tidak dibatasi pada kecamatan tertentu, tetapi disesuaikan dengan lokasi peserta yang telah ditetapkan oleh mitra dan memenuhi kriteria penelitian. Penelitian menggunakan desain *cross-sectional*, sehingga pengukuran *Waist-to-Height Ratio* (WHtR), *Atherogenic Index of Plasma* (AIP), persentase lemak tubuh, dan lemak viseral dilakukan pada satu waktu dan hanya dapat menggambarkan hubungan antarvariabel, bukan hubungan sebab-akibat. Profil *metabolic stress* dibatasi pada dua dimensi, yaitu dimensi lipid melalui AIP yang dihitung dari trigliserida dan HDL-kolesterol, serta dimensi adipositas melalui persentase lemak tubuh dan lemak viseral menggunakan *Bioelectrical Impedance Analysis* (BIA). Penelitian tidak menilai biomarker inflamasi, resistensi insulin, kortisol, maupun pajanan lingkungan secara langsung. Variabel perancu yang dianalisis meliputi usia, jenis kelamin, masa kerja, kebiasaan merokok, aktivitas fisik, dan pola makan, sedangkan faktor genetik, status sosial ekonomi, kualitas tidur, penggunaan obat lain, serta penyakit penyerta tertentu tidak dianalisis secara mendalam. Hasil penelitian terbatas pada karakteristik pekerja sapu lapangan di Jakarta Barat, sehingga generalisasi ke kelompok pekerja atau wilayah lain perlu dilakukan secara hati-hati.

1.5. Kaitan Penelitian dengan Road Map Penelitian Pribadi dan Road Map Penelitian Fakultas

Penelitian ini merupakan bagian dari kesinambungan *road map* penelitian tim yang bersifat multidisiplin. Ketua peneliti memiliki fokus penelitian pada bidang gizi, khususnya status gizi, obesitas sentral, komposisi tubuh, pola makan, dan risiko penyakit tidak menular. Dalam penelitian ini, fokus tersebut diwujudkan melalui pengukuran *Waist-to-Height Ratio* (WHtR), persentase lemak tubuh, lemak viseral, serta data pola makan untuk menilai hubungan status gizi dengan risiko kardiometabolik pada pekerja sapu lapangan.

Anggota peneliti bidang biokimia dan metabolisme berperan dalam mengkaji mekanisme *metabolic stress*, metabolisme lipid, resistensi insulin, peningkatan trigliserida, penurunan HDL-kolesterol, serta interpretasi *Atherogenic Index of Plasma* (AIP) sebagai penanda dislipidemia aterogenik. Keterlibatan bidang ini memperkuat dasar molekuler dan biokimiawi hubungan antara obesitas sentral, komposisi lemak tubuh, dan risiko kardiovaskular Anggota peneliti bidang saraf berkontribusi pada kajian mengenai dampak paparan panas, dehidrasi, stres oksidatif, kelelahan kerja, dan gangguan metabolik terhadap sistem saraf, fungsi kognitif, sistem saraf otonom, serta risiko neurovaskular. Sementara itu, anggota bidang psikiatri mengembangkan aspek stres psikologis kerja, kualitas tidur, perilaku makan, kebiasaan merokok, kecemasan, depresi, dan kualitas hidup sebagai faktor yang dapat memengaruhi kondisi metabolik pekerja.

Dengan demikian, penelitian ini mengintegrasikan bidang gizi, biokimia metabolisme, saraf, dan psikiatri dalam satu kerangka *metabolic stress*. Penelitian ini juga selaras dengan *Road Map Penelitian Fakultas* pada bidang penyakit tidak menular, kesehatan kerja, gizi, neurosains, kesehatan jiwa, kedokteran preventif, dan pengembangan metode skrining berbasis bukti. Hasil penelitian diharapkan

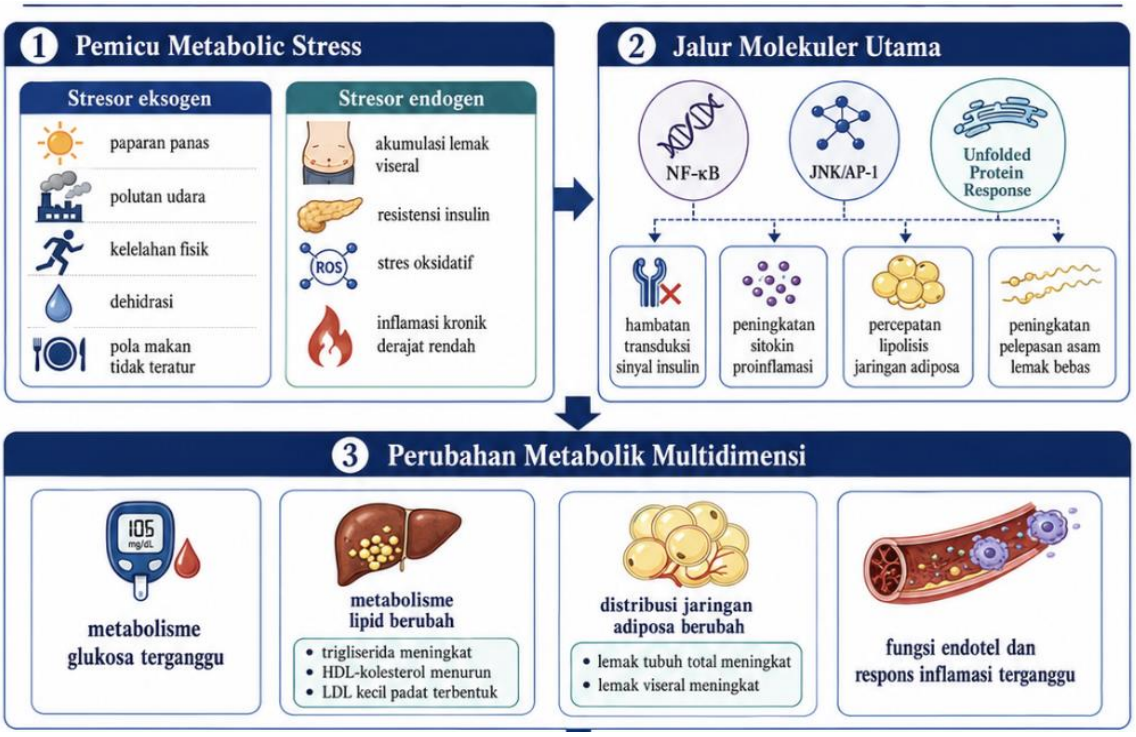
menjadi dasar bagi penelitian lanjutan berupa model skrining multidimensi, intervensi gizi dan gaya hidup, evaluasi fungsi saraf dan kesehatan mental, serta pencegahan risiko kardiometabolik pada pekerja lapangan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Metabolic Stress: Definisi dan Patofisiologi

Metabolic stress merupakan kondisi terganggunya homeostasis metabolik akibat ketidakseimbangan antara beban stresor yang diterima tubuh dan kemampuan sistem metabolik untuk beradaptasi. Kondisi ini dapat dipicu oleh stresor eksogen, seperti paparan panas, polutan udara, kelelahan fisik, dehidrasi, dan pola makan tidak teratur, maupun stresor endogen, seperti akumulasi lemak viseral, resistensi insulin, stres oksidatif, dan inflamasi kronik derajat rendah (Hotamisligil, 2010). Secara molekuler, *metabolic stress* ditandai oleh aktivasi jalur stres seluler, antara lain *nuclear factor-kappa B* (NF-κB), *c-Jun N-terminal kinase/activator protein-1* (JNK/AP-1), serta *unfolded protein response*. Aktivasi jalur tersebut dapat menghambat transduksi sinyal insulin, meningkatkan produksi sitokin proinflamasi, mempercepat lipolisis jaringan adiposa, dan meningkatkan pelepasan asam lemak bebas ke dalam sirkulasi (Hotamisligil, 2010; Ma et al., 2024).

Metabolic stress bersifat multidimensi karena tidak hanya memengaruhi metabolisme glukosa, tetapi juga mengubah metabolisme lipid, distribusi jaringan adiposa, fungsi endotel, serta respons inflamasi. Manifestasi klinisnya dapat berupa peningkatan trigliserida, penurunan HDL-kolesterol, pembentukan partikel LDL kecil dan padat, peningkatan lemak tubuh total, serta akumulasi lemak viseral. Oleh karena itu, satu indikator saja belum cukup untuk menggambarkan kondisi tersebut secara menyeluruh. Penelitian ini memfokuskan penilaian pada dua dimensi yang dapat diukur secara praktis dan relatif terjangkau di lapangan, yaitu dimensi lipid melalui *Atherogenic Index of Plasma* (AIP) serta dimensi adipositas melalui persentase lemak tubuh dan tingkat lemak viseral menggunakan *Bioelectrical Impedance Analysis* (BIA) (Dobiášová and Frohlich, 2001; Kurniawan et al., 2018).



Gambar 1. Gangguan homeostasis metabolic akibat ketidak seimbangan antara stressor dan kemampuan adaptasis sitemik

Pada pekerja lapangan, perkembangan *metabolic stress* dapat dijelaskan melalui beberapa mekanisme yang saling berhubungan. Pertama, paparan panas berkepanjangan dan tekanan kerja dapat mengaktifkan aksis hipotalamus–pituitari–adrenal (HPA), yang menyebabkan peningkatan sekresi kortisol (Ioannou et al., 2022). Kedua, peningkatan kortisol yang berlangsung kronik dapat mendorong akumulasi lemak abdominal, meningkatkan lipolisis jaringan adiposa viseral, serta menurunkan sensitivitas insulin (Hotamisligil, 2010). Ketiga, resistensi insulin menyebabkan peningkatan aliran asam lemak bebas menuju hati dan hiperinsulinemia kompensatorik, yang kemudian menstimulasi sintesis trigliserida dan *very-low-density lipoprotein* (VLDL) hepatik. Keempat, peningkatan VLDL dan trigliserida mempercepat pertukaran lipid melalui *cholesteryl ester transfer protein* (CETP), sehingga HDL menjadi kaya trigliserida dan lebih cepat dieliminasi dari sirkulasi. Keadaan tersebut menghasilkan pola dislipidemia aterogenik berupa trigliserida tinggi dan HDL-kolesterol rendah (Dobiášová and Frohlich, 2001). Kelima, kombinasi peningkatan trigliserida dan penurunan HDL-kolesterol akan meningkatkan nilai AIP sebagai indikator dimensi lipid. Pada saat yang sama, gangguan metabolik, stres hormonal, dan inflamasi kronik dapat meningkatkan persentase lemak tubuh serta akumulasi lemak viseral yang terukur melalui BIA sebagai indikator dimensi adipositas. Dengan demikian, pengukuran AIP dan komposisi lemak tubuh secara bersamaan diharapkan dapat memberikan gambaran *metabolic stress* yang lebih komprehensif pada pekerja sapu lapangan. Paparan panas okupasional dan faktor lingkungan kerja juga telah dilaporkan berhubungan dengan perubahan metabolisme, peningkatan stres fisiologis, dan perburukan faktor risiko kardiometabolik pada pekerja luar ruangan (Ioannou et al., 2022).

2.2 Waist-to-Height Ratio (WHtR)

2.2.1 Definisi dan Cara Pengukuran

Waist-to-Height Ratio (WHtR) merupakan rasio antara lingkar pinggang dan tinggi badan yang diukur dalam satuan yang sama. Indikator ini digunakan untuk menggambarkan adipositas sentral atau penumpukan lemak di daerah abdominal (Ashwell, Gunn and Gibson, 2012). WHtR dihitung menggunakan rumus:

$$\text{WHtR} = \frac{\text{Lingkar pinggang (cm)}}{\text{Tinggi badan (cm)}}$$

Pengukuran lingkar pinggang dilakukan menggunakan pita ukur non-elastis pada titik tengah antara batas bawah tulang rusuk terakhir dan batas atas krista iliaka. Pita ukur ditempatkan secara horizontal mengelilingi abdomen tanpa menekan kulit, dan hasil pengukuran dibaca pada akhir ekspirasi normal. Tinggi badan diukur menggunakan stadiometer dengan responden berdiri tegak tanpa alas kaki, tumit rapat, pandangan lurus ke depan, serta kepala berada pada posisi bidang Frankfurt horizontal (Ashwell, Gunn and Gibson, 2012). Untuk meningkatkan reliabilitas, pengukuran lingkar pinggang dan tinggi badan sebaiknya dilakukan minimal dua kali. Apabila terdapat perbedaan bermakna antara dua hasil pengukuran, dilakukan pengukuran ketiga, kemudian digunakan rata-rata dari dua nilai yang paling berdekatan. Penggunaan prosedur terstandar penting karena kesalahan dalam menentukan titik anatomis, posisi tubuh, ketegangan pita ukur, dan fase pernapasan dapat memengaruhi nilai WHtR.

2.2.2 WHtR sebagai Indikator Lemak Viseral

WHtR mencerminkan proporsi lingkar pinggang terhadap ukuran tubuh seseorang dan digunakan sebagai indikator sederhana adipositas abdominal. Dibandingkan lemak subkutan, lemak viseral memiliki aktivitas metabolik yang lebih tinggi karena melepaskan asam lemak bebas dan berbagai adipokin proinflamasi, seperti interleukin-6, *tumor necrosis factor-alpha*, dan resistin, serta menurunkan produksi adiponektin. Perubahan tersebut berkontribusi terhadap resistensi insulin, inflamasi kronik, peningkatan sintesis VLDL, hipertrigliseridemia, penurunan HDL-kolesterol, dan peningkatan risiko penyakit kardiovaskular (Hotamisligil, 2010; Sigit et al., 2020).

WHtR memiliki beberapa keunggulan dibandingkan Indeks Massa Tubuh (IMT). IMT menggambarkan hubungan berat badan dan tinggi badan, tetapi tidak dapat membedakan massa lemak dengan massa bebas lemak serta tidak menunjukkan lokasi distribusi lemak. Sementara itu, lingkar pinggang saja tidak mempertimbangkan variasi tinggi badan. WHtR menggabungkan ukuran lingkar pinggang dan tinggi badan, sehingga lebih mampu menggambarkan proporsi adipositas sentral pada individu dengan ukuran tubuh yang berbeda (Ashwell, Gunn and Gibson, 2012). Meta-analisis terhadap sejumlah penelitian menunjukkan bahwa WHtR memiliki kemampuan yang baik dalam mengidentifikasi hipertensi, diabetes melitus tipe 2, dislipidemia, sindrom metabolik, dan risiko penyakit kardiovaskular, bahkan dalam beberapa populasi menunjukkan kemampuan diskriminasi yang lebih baik daripada IMT maupun lingkar pinggang (Ashwell, Gunn and Gibson, 2012; Abdi Dezfouli et al., 2023). Nilai batas WHtR sebesar 0,50 banyak digunakan sebagai batas praktis untuk skrining risiko kardiometabolik pada orang dewasa. Pesan sederhana yang menyertainya adalah "pertahankan lingkar pinggang kurang dari setengah tinggi badan." Dengan demikian, seseorang dengan WHtR ≥0,50 dikategorikan memiliki peningkatan risiko adipositas sentral dan gangguan kardiometabolik.

Dalam penelitian ini, WHtR digunakan sebagai variabel bebas dan diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu tidak berisiko apabila WHtR <0,50 dan berisiko apabila WHtR ≥0,50. Meskipun WHtR merupakan indikator antropometri yang sederhana, murah, non-invasif, dan mudah digunakan di lapangan, WHtR tetap merupakan proksi tidak langsung dari lemak viseral. Oleh karena itu, penelitian ini tidak menyatakan WHtR sebagai pengganti BIA, tetapi menguji hubungan WHtR dengan persentase lemak tubuh dan tingkat lemak viseral yang diukur menggunakan BIA. Analisis tersebut diharapkan dapat memberikan informasi mengenai potensi WHtR sebagai alat skrining awal risiko adipositas dan *metabolic stress* pada pekerja sapu lapangan di Jakarta Barat (Ashwell, Gunn and Gibson, 2012; Kurniawan et al., 2018).

Tabel 2.1 Klasifikasi Waist-to-Height Ratio (Ashwell, Gunn and Gibson, 2012)

Nilai WHtR	Kategori	Risiko Kardiometabolik
< 0,40	Terlalu kurus	Risiko underweight
0,40 – 0,49	Normal / sehat	Risiko rendah

0,50 – 0,59	Obesitas sentral	Risiko sedang
≥ 0,60	Obesitas sentral berat	Risiko tinggi

2.3 Atherogenic Index of Plasma (AIP)

2.3.1 Definisi dan Perhitungan

Atherogenic Index of Plasma (AIP) merupakan indeks lipid yang dihitung dari logaritma basis 10 rasio kadar trigliserida terhadap HDL-kolesterol. AIP pertama kali diperkenalkan sebagai parameter yang berkorelasi dengan ukuran partikel lipoprotein dan laju esterifikasi kolesterol pada plasma yang telah dipisahkan dari lipoprotein apoB, sehingga dapat mencerminkan tingkat aterogenisitas plasma. Nilai AIP yang tinggi menggambarkan kombinasi trigliserida yang meningkat dan HDL-kolesterol yang menurun, yaitu pola khas dislipidemia aterogenik (Dobiášová and Frohlich, 2001).

Secara matematis, AIP dihitung menggunakan rumus:

$$\mathrm{AIP} = \log_{10}\left(\frac{\mathrm{TG\ (mmol/L)}}{\mathrm{HDL-C\ (mmol/L)}}\right)$$

Apabila hasil pemeriksaan laboratorium masih dinyatakan dalam mg/dL, kadar trigliserida dikonversi ke mmol/L dengan membaginya dengan 88,57, sedangkan HDL-kolesterol dikonversi dengan membaginya dengan 38,67. Penggunaan satuan mmol/L penting karena perhitungan AIP berdasarkan rasio molar trigliserida dan HDL-kolesterol, bukan rasio langsung dalam mg/dL (Dobiášová and Frohlich, 2001).

AIP memiliki beberapa keunggulan praktis karena hanya memerlukan dua komponen profil lipid rutin yang tersedia di sebagian besar laboratorium klinik. Selain relatif mudah dihitung dan tidak memerlukan pemeriksaan khusus, AIP dapat mengintegrasikan informasi dari trigliserida dan HDL-kolesterol dalam satu indeks. Penelitian longitudinal menunjukkan bahwa AIP berhubungan dengan kejadian sindrom metabolik, hipertensi, dan diabetes melitus tipe 2, sehingga berpotensi digunakan sebagai penanda tambahan dalam penilaian risiko metabolik dan kardiovaskular (Li et al., 2021). Namun, AIP tetap perlu digunakan sebagai parameter pelengkap dan tidak menggantikan evaluasi klinis maupun pemeriksaan profil lipid lengkap.

Dalam penelitian ini, AIP dihitung dari kadar trigliserida dan HDL-kolesterol serum puasa, kemudian dikategorikan menjadi risiko rendah apabila <0,11, risiko sedang apabila 0,11–0,21, dan risiko tinggi apabila >0,21. Klasifikasi tersebut digunakan untuk menggambarkan dimensi lipid dari *metabolic stress* pada pekerja sapu lapangan (Dobiášová and Frohlich, 2001; Sadeghi et al., 2021).

Tabel 2.2 Klasifikasi Atherogenic Index of Plasma
(Dobiášová and Frohlich, 2001; Sadeghi et al., 2021)

Nilai AIP	Kategori	Interpretasi Klinis
< 0,11	Rendah	Risiko kardiovaskular rendah; dominasi partikel LDL besar (kurang aterogenik)

0,11 – 0,21	Sedang	Risiko intermediat; mulai terbentuk partikel LDL kecil-padat (sdLDL)
> 0,21	Tinggi	Risiko tinggi; dominasi sdLDL dan lingkungan pro-aterogenik kuat

2.3.2 AIP sebagai Biomarker Metabolic Stress

Atherogenic Index of Plasma (AIP) mencerminkan keseimbangan antara lipoprotein proaterogenik, terutama trigliserida yang banyak terdapat dalam *very-low-density lipoprotein* (VLDL), dan lipoprotein antiaterogenik, yaitu HDL-kolesterol. AIP dihitung menggunakan rumus $\log_{10}$(TG/HDL-C) dalam satuan mmol/L. Nilai yang meningkat menunjukkan kombinasi kadar trigliserida tinggi dan HDL-kolesterol rendah, yang merupakan karakteristik utama dislipidemia aterogenik (Dobiášová and Frohlich, 2001). Dalam kondisi *metabolic stress*, peningkatan AIP terjadi melalui beberapa mekanisme yang saling berkaitan. Resistensi insulin meningkatkan pelepasan asam lemak bebas dari jaringan adiposa menuju hati, sehingga merangsang sintesis trigliserida dan VLDL hepatik. Hiperinsulinemia kompensatorik turut memperkuat proses tersebut. Peningkatan VLDL selanjutnya mempercepat pertukaran trigliserida dan ester kolesterol melalui aktivitas *cholesteryl ester transfer protein* (CETP). Akibatnya, partikel HDL menjadi kaya trigliserida, lebih mudah mengalami degradasi, dan lebih cepat dieliminasi dari sirkulasi, sehingga kadar HDL-kolesterol menurun. Inflamasi kronik derajat rendah juga dapat memperburuk metabolisme lipoprotein dan memperkuat pola dislipidemia aterogenik (Hotamisligil, 2010; Dobiášová and Frohlich, 2001).

AIP tidak hanya menggambarkan rasio antara trigliserida dan HDL-kolesterol, tetapi juga dilaporkan berkorelasi dengan keberadaan partikel LDL kecil dan padat yang lebih mudah mengalami oksidasi, menembus dinding arteri, dan berperan dalam proses aterosklerosis. Oleh karena itu, AIP dapat memberikan informasi risiko aterogenik yang lebih komprehensif dibandingkan penggunaan trigliserida atau HDL-kolesterol secara terpisah (Dobiášová and Frohlich, 2001).

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa peningkatan AIP berhubungan dengan sindrom metabolik, diabetes melitus tipe 2, hipertensi, aterosklerosis, dan penyakit kardiovaskular. Meta-analisis terhadap 51 studi observasional melaporkan bahwa AIP tinggi berkaitan dengan peningkatan risiko penyakit jantung koroner sebesar 2,79 kali dibandingkan AIP rendah (OR 2,79; IK 95% 1,75–4,45) (Assempoor et al., 2025). Hubungan AIP dengan kejadian kardiovaskular mayor, sindrom metabolik, dan diabetes juga dilaporkan dalam penelitian kohort prospektif (Li et al., 2021; Zheng et al., 2025). Dalam penelitian ini, AIP digunakan sebagai biomarker dimensi lipid dari *metabolic stress* karena dapat dihitung dari dua parameter laboratorium rutin, yaitu trigliserida dan HDL-kolesterol. Pemeriksaannya relatif sederhana, terjangkau, dan dapat diterapkan pada penelitian lapangan. Nilai AIP diklasifikasikan menjadi risiko rendah apabila <0,11, risiko sedang apabila 0,11–0,21, dan risiko tinggi apabila >0,21. Penggunaan AIP bersama pengukuran WHtR dan komposisi tubuh menggunakan BIA diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai hubungan adipositas sentral, dislipidemia aterogenik, dan risiko kardiometabolik pada pekerja sapu lapangan (Dobiášová and Frohlich, 2001; Kurniawan et al., 2018).

2.4 Komposisi Tubuh dan Bioelectrical Impedance Analysis (BIA)

2.4.1 Komposisi Lemak Tubuh

Komposisi tubuh menggambarkan proporsi berbagai komponen penyusun berat badan, yang secara konseptual paling sering dipetakan menggunakan model dua kompartemen, yaitu massa lemak (fat mass) dan massa bebas lemak (fat-free mass), maupun model bertingkat yang lebih rinci hingga ke level atomik, molekuler, seluler, jaringan-sistem, dan tubuh utuh. Model bertingkat ini memberikan kerangka konseptual yang menjelaskan bagaimana berbagai metode pengukuran, mulai dari antropometri sederhana hingga pencitraan canggih, pada dasarnya mengestimasi kompartemen tubuh yang sama melalui pendekatan berbeda (Wang, Pierson and Heymsfield, 1992). Massa lemak mencakup seluruh lipid non-esensial dalam tubuh, sedangkan massa bebas lemak terdiri atas air, protein, glikogen, dan mineral tulang.

Distribusi lemak tubuh tidak bersifat homogen dan dapat dibedakan menjadi lemak subkutan yang terletak di bawah kulit serta lemak viseral yang terakumulasi di rongga abdomen mengelilingi organ dalam. Kedua jenis jaringan adiposa ini memiliki karakteristik anatomis, seluler, dan metabolik yang berbeda: lemak viseral lebih kaya vaskularisasi dan persarafan, lebih aktif secara metabolik, serta lebih responsif terhadap lipolisis, sehingga melepaskan asam lemak bebas dalam jumlah lebih besar langsung menuju sirkulasi portal hati dibandingkan lemak subkutan (Cesaro et al., 2023). Aktivitas metabolik yang tinggi ini menjadikan lemak viseral sebagai kontributor utama resistensi insulin, dislipidemia aterogenik, dan inflamasi kronik derajat rendah, sehingga akumulasinya berkaitan lebih erat dengan risiko kardiometabolik dibandingkan akumulasi lemak subkutan maupun berat badan total (Hotamisligil, 2010; Cesaro et al., 2023).

Karena perbedaan aktivitas metabolik antara kedua kompartemen lemak tersebut, pengukuran berat badan atau Indeks Massa Tubuh (IMT) semata tidak cukup untuk menggambarkan risiko kardiometabolik seseorang, sebab kedua ukuran ini tidak dapat membedakan proporsi massa lemak dari massa bebas lemak maupun lokasi distribusinya. Meta-analisis terhadap lebih dari 30 ribu subjek menunjukkan bahwa nilai batas IMT yang lazim digunakan untuk mendiagnosis obesitas memiliki sensitivitas rendah dalam mendeteksi kelebihan lemak tubuh, sehingga gagal mengidentifikasi hingga separuh individu dengan persentase lemak tubuh berlebih (Okorodudu et al., 2010). Individu dengan IMT normal namun persentase lemak tubuh tinggi suatu kondisi yang dikenal sebagai normal weight obesity tetap memiliki risiko kardiometabolik yang meningkat (Mohammadian Khonsari et al., 2022). Temuan ini menjadi salah satu justifikasi utama penggunaan pengukuran komposisi tubuh secara langsung, yaitu persentase lemak tubuh dan tingkat lemak viseral, sebagai pelengkap indikator antropometri tidak langsung seperti WHtR dalam penelitian ini.

Pada populasi dewasa muda Indonesia, persentase lemak tubuh total dan tingkat lemak viseral yang diukur secara langsung terbukti memprediksi resistensi insulin lebih baik dibandingkan lingkar pinggang maupun IMT, yang menegaskan relevansi pengukuran komposisi tubuh objektif pada populasi Indonesia (Kurniawan et al., 2018). Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini memosisikan persentase lemak tubuh dan tingkat lemak viseral sebagai representasi dimensi adipositas dari metabolic stress, yang diukur menggunakan metode Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) sebagaimana diuraikan pada sub-bab berikut.

2.4.2 Prinsip dan Keunggulan BIA

Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) merupakan metode untuk memperkirakan komposisi tubuh dengan mengalirkan arus listrik bolak-balik berintensitas sangat rendah melalui tubuh, kemudian mengukur impedansi jaringan yang terdiri atas resistansi dan reaktansi. Jaringan bebas lemak mengandung lebih banyak air dan elektrolit sehingga lebih mudah menghantarkan arus listrik, sedangkan jaringan lemak memiliki kandungan air yang lebih rendah dan memberikan hambatan listrik lebih besar. Berdasarkan nilai impedansi yang diperoleh serta data usia, jenis kelamin, tinggi badan, dan berat badan, perangkat BIA mengestimasi total air tubuh, massa bebas lemak, massa lemak, persentase lemak tubuh, massa otot, dan pada beberapa perangkat, tingkat lemak viseral (Kyle et al., 2004). BIA dapat menggunakan frekuensi tunggal maupun multifrekuensi. Perangkat segmental multifrekuensi mengukur impedansi pada beberapa bagian tubuh dan menggunakan lebih dari satu frekuensi, sehingga dapat memberikan estimasi distribusi massa lemak dan massa bebas lemak yang lebih rinci. Meskipun demikian, hasil BIA tetap merupakan estimasi yang bergantung pada persamaan prediksi dan karakteristik perangkat, bukan pengukuran langsung jaringan lemak seperti pada CT atau MRI (Kyle et al., 2004).

Dibandingkan metode pencitraan seperti *dual-energy X-ray absorptiometry* (DXA), CT, atau MRI, BIA memiliki keunggulan berupa pemeriksaan yang non-invasif, cepat, portabel, bebas radiasi, relatif murah, dan mudah diterapkan pada penelitian lapangan dengan jumlah subjek cukup besar. Karakteristik tersebut menjadikan BIA sesuai digunakan untuk penilaian komposisi tubuh pada pekerja sapu lapangan. Namun, akurasinya dapat dipengaruhi oleh status hidrasi, konsumsi makanan dan minuman, aktivitas fisik sebelum pemeriksaan, posisi tubuh, suhu lingkungan, serta penggunaan perangkat dan persamaan prediksi yang berbeda. Oleh karena itu, prosedur pemeriksaan perlu distandardisasi, misalnya dilakukan dalam kondisi puasa, kandung kemih telah dikosongkan, tidak melakukan aktivitas fisik berat sebelumnya, serta menggunakan perangkat dan protokol yang sama pada seluruh responden (Kyle et al., 2004). Dalam penelitian ini, BIA digunakan untuk menilai dimensi adipositas dari *metabolic stress*, terutama persentase lemak tubuh dan tingkat lemak viseral. Penggunaan BIA melengkapi WHtR karena WHtR hanya menggambarkan adipositas sentral secara tidak langsung, sedangkan BIA memberikan estimasi komposisi tubuh yang lebih terperinci.

Secara konseptual, estimasi BIA terhadap massa lemak dan massa bebas lemak merupakan penerapan praktis dari model komposisi tubuh bertingkat, dengan nilai resistansi dan reaktansi pada level jaringan-sistem dikonversi menjadi estimasi kompartemen tubuh melalui persamaan prediksi populasi-spesifik (Wang, Pierson and Heymsfield, 1992; Kyle et al., 2004). Dengan demikian, BIA memungkinkan penilaian dimensi adipositas metabolic stress secara langsung dan kuantitatif, melengkapi keterbatasan WHtR yang hanya mengestimasi adipositas sentral secara tidak langsung melalui ukuran antropometri (Ashwell, Gunn and Gibson, 2012).

2.4.3 Nilai Batas dan Bukti Terkini

Persentase lemak tubuh dan tingkat lemak viseral diukur menggunakan BIA segmental multifrekuensi dan dianalisis sebagai data numerik. Kategorisasi risiko dilakukan berdasarkan nilai batas yang direkomendasikan oleh perangkat yang digunakan atau rujukan yang telah divalidasi pada populasi dewasa Indonesia. Pengukuran BIA digunakan untuk memberikan estimasi objektif komposisi tubuh

dan menilai hubungan WHtR dengan dimensi adipositas *metabolic stress*. Karena BIA bukan metode baku emas untuk mengukur lemak viseral, hasilnya diinterpretasikan sebagai estimasi komposisi tubuh yang dipengaruhi oleh kondisi hidrasi, karakteristik responden, serta algoritma perangkat (Kurniawan et al., 2018).

Bukti terkini menegaskan pentingnya nilai batas komposisi tubuh yang divalidasi secara populasi-spesifik, mengingat nilai batas IMT konvensional terbukti tidak sensitif terhadap kelebihan adipositas pada proporsi besar populasi (Okorodudu et al., 2010). Nilai batas persentase lemak tubuh dan tingkat lemak viseral yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada rujukan yang telah divalidasi pada populasi dewasa Indonesia (Kurniawan et al., 2018), sehingga lebih relevan diterapkan pada pekerja sapu lapangan di Jakarta Barat dibandingkan nilai batas yang dikembangkan pada populasi non-Asia. Dengan mengombinasikan nilai batas WHtR (Ashwell, Gunn and Gibson, 2012) dan nilai batas komposisi tubuh berbasis BIA (Kurniawan et al., 2018), penelitian ini dapat menilai dimensi adipositas metabolic stress secara berlapis, yaitu melalui indikator antropometri sederhana sekaligus pengukuran komposisi tubuh yang lebih objektif.

Tabel 2.3 Nilai Batas Komposisi Tubuh Berbasis BIA untuk Risiko Kardiometabolik (Kurniawan et al., 2018)

Parameter BIA	**Nilai Batas Berisiko**
Persentase lemak tubuh (laki-laki)	≥ 25,9%
Persentase lemak tubuh (perempuan)	≥ 37,1%
Tingkat lemak viseral (skala 1–30)	> 10 (kelebihan lemak viseral)

2.5 Pekerja Sapu Lapangan: Profil Paparan dan Risiko Metabolik

Pekerja sapu lapangan merupakan tenaga kebersihan lingkungan yang bekerja terutama di jalan raya, trotoar, taman, dan ruang publik terbuka. Karakteristik pekerjaan tersebut menyebabkan pekerja terpapar secara bersamaan terhadap panas lingkungan, radiasi matahari, polusi udara, debu jalan, aktivitas fisik berulang, keterbatasan waktu istirahat, serta berbagai tekanan psikososial. Kombinasi paparan lingkungan dan tuntutan kerja tersebut dapat meningkatkan beban fisiologis tubuh dan berkontribusi terhadap gangguan respirasi, muskuloskeletal, serta risiko kardiometabolik. Pekerja luar ruang dengan aktivitas fisik tinggi juga termasuk kelompok yang rentan terhadap stres panas, terutama apabila hidrasi, waktu istirahat, dan proses aklimatisasi tidak memadai (Ioannou *et al*., 2022; International Labour Organization, 2024).

Paparan panas merupakan salah satu stresor utama pada pekerja lapangan. Ketika bekerja dalam suhu dan kelembapan tinggi, tubuh meningkatkan aliran darah ke kulit dan produksi keringat untuk mempertahankan suhu inti. Proses tersebut meningkatkan beban kerja sistem kardiovaskular dan kehilangan cairan tubuh. Apabila paparan berlangsung lama dan tidak diimbangi dengan hidrasi serta

pemulihan yang cukup, pekerja dapat mengalami dehidrasi, kelelahan, penurunan kemampuan kerja, dan gangguan kesehatan terkait panas. Besarnya respons fisiologis dipengaruhi oleh intensitas kerja, pakaian, tingkat aklimatisasi, kondisi kesehatan, dan lingkungan kerja, sehingga paparan panas dalam penelitian ini diposisikan sebagai faktor yang berpotensi memengaruhi homeostasis metabolik, bukan sebagai penyebab langsung peningkatan AIP atau lemak viseral (NIOSH, 2016; Ireland, Johnston and Knott, 2023). Polusi udara dan debu jalan juga merupakan paparan penting karena pekerja melakukan aktivitas di dekat lalu lintas dan sumber emisi kendaraan. Partikulat halus, terutama $PM_{2.5}$, dapat memicu stres oksidatif, respons inflamasi sistemik, disfungsi endotel, dan gangguan sensitivitas insulin. Studi longitudinal pada populasi perkotaan di India menunjukkan bahwa peningkatan pajanan $PM_{2.5}$ berhubungan dengan peningkatan glukosa darah dan kejadian diabetes tipe 2. Temuan tersebut mendukung dugaan bahwa paparan polusi dapat berkontribusi terhadap risiko metabolik, meskipun penelitian ini tidak mengukur konsentrasi polutan, biomarker inflamasi, ataupun stres oksidatif secara langsung (Mandal *et al*., 2023; Liang *et al*., 2019).

Aktivitas fisik pekerja sapu lapangan mencakup berjalan, menyapu, membungkuk, mengangkat, dan mendorong peralatan dalam waktu relatif lama. Aktivitas fisik pada dasarnya bermanfaat bagi kesehatan metabolik apabila dilakukan dalam dosis yang sesuai dan disertai pemulihan. Namun, aktivitas kerja yang berat, repetitif, berlangsung di lingkungan panas, dan tidak diimbangi waktu istirahat dapat meningkatkan kelelahan serta beban fisiologis. Aktivitas fisik dalam pekerjaan juga tidak selalu memberikan manfaat kardiovaskular yang sama dengan aktivitas fisik pada waktu luang, sehingga dalam penelitian ini aktivitas fisik dinilai sebagai variabel yang dapat memengaruhi hubungan antara WHtR dan profil *metabolic stress* (Coenen *et al*., 2024).

Pola makan yang tidak teratur dapat terjadi akibat jadwal kerja pagi, durasi kerja yang panjang, keterbatasan akses terhadap makanan sehat, dan kecenderungan memilih makanan praktis. Kebiasaan melewatkan waktu makan serta konsumsi makanan tinggi energi, lemak, gula, atau garam dapat berkontribusi terhadap peningkatan asupan energi, obesitas sentral, hipertrigliseridemia, dan penurunan HDL-kolesterol. Ketidakseimbangan antara asupan energi dan kebutuhan tubuh dalam jangka panjang juga berperan dalam akumulasi lemak viseral serta resistensi insulin. Oleh karena itu, pola makan perlu diperhitungkan sebagai faktor perilaku yang dapat menjelaskan variasi WHtR, AIP, dan komposisi tubuh pada pekerja lapangan (Noubiap et al., 2025; Fan and Pedersen, 2021).

Tekanan psikososial kerja dapat berasal dari tuntutan pekerjaan, rendahnya kontrol terhadap lingkungan kerja, ketidakpastian status pekerjaan, kondisi sosial ekonomi, serta keterbatasan dukungan sosial. Stres kerja yang berlangsung kronik dapat mengaktivasi sistem saraf simpatis dan aksis hipotalamus–pituitari–adrenal, serta memengaruhi kualitas tidur, perilaku makan, kebiasaan merokok, dan aktivitas fisik. Faktor-faktor tersebut pada akhirnya dapat meningkatkan risiko obesitas sentral, hipertensi, diabetes, dan penyakit kardiovaskular. Meskipun penelitian ini tidak melakukan diagnosis gangguan psikiatri atau pemeriksaan kortisol, tekanan psikososial tetap dipertimbangkan sebagai salah satu faktor yang berpotensi memengaruhi profil metabolik pekerja (Kivimäki and Steptoe, 2018; Taouk *et al*., 2020).

Dehidrasi dapat terjadi akibat produksi keringat yang tinggi, paparan panas berkepanjangan, dan asupan cairan yang tidak memadai. Kehilangan cairan dapat menurunkan volume plasma dan menyebabkan hemokonsentrasi sementara, sehingga beberapa hasil pemeriksaan darah dapat tampak lebih tinggi dibandingkan kondisi hidrasi yang adekuat. Dehidrasi juga meningkatkan beban kardiovaskular dan dapat memperburuk kelelahan kerja. Oleh karena itu, kondisi sebelum pemeriksaan, termasuk status puasa, konsumsi cairan, aktivitas fisik, dan waktu pengambilan darah, harus distandardisasi untuk mengurangi variasi pra-analitik (NIOSH, 2016; Ebi *et al*., 2021).
Secara keseluruhan, panas, polusi udara, aktivitas fisik kerja, pola makan, tekanan psikososial, dan dehidrasi tidak bekerja secara terpisah, tetapi dapat saling berinteraksi melalui stres fisiologis, inflamasi, stres oksidatif, perubahan perilaku kesehatan, serta gangguan regulasi glukosa dan lipid. Dalam penelitian ini, *metabolic stress* dibatasi pada dua dimensi yang dapat diukur secara praktis, yaitu dimensi lipid melalui AIP serta dimensi adipositas melalui persentase lemak tubuh dan tingkat lemak viseral menggunakan BIA. WHtR digunakan sebagai indikator sederhana adipositas sentral, kemudian dianalisis hubungannya dengan kedua dimensi tersebut tanpa menyimpulkan hubungan sebab-akibat karena penelitian menggunakan desain *cross-sectional* (Dobiášová and Frohlich, 2001; Kurniawan *et al*., 2018).

2.6 Hubungan Waist-to-Height Ratio dengan Profil Metabolic Stress

Dasar ilmiah penelitian ini tidak hanya terletak pada kemampuan masing-masing parameter dalam menggambarkan risiko kardiometabolik, melainkan pada keterkaitan biologis dan empiris antara adipositas sentral yang direpresentasikan oleh WHtR dengan perubahan dimensi lipid dan adipositas yang mencerminkan profil *metabolic stress*. Bukti mengenai hubungan WHtR dengan AIP, persentase lemak tubuh, dan lemak viseral menjadi landasan utama hipotesis bahwa peningkatan adipositas abdominal berhubungan dengan perubahan metabolisme lipid dan peningkatan beban jaringan lemak secara bersamaan (Reyes-Ferrada *et al*., 2020). Secara biologis, peningkatan WHtR menunjukkan bertambahnya proporsi lingkar pinggang terhadap tinggi badan dan digunakan sebagai proksi sederhana adipositas sentral. Akumulasi jaringan lemak viseral bersifat penting karena jaringan ini aktif secara metabolik dan dapat meningkatkan pelepasan asam lemak bebas serta mediator proinflamasi. Peningkatan aliran asam lemak bebas menuju hati mendorong sintesis trigliserida dan sekresi *very-low-density lipoprotein* (VLDL), sedangkan resistensi insulin memperburuk lipolisis jaringan adiposa. Kondisi tersebut dapat menghasilkan pola dislipidemia aterogenik berupa peningkatan trigliserida dan penurunan HDL-kolesterol, yang selanjutnya tercermin dalam peningkatan nilai AIP. Dengan demikian, hubungan WHtR dengan AIP memiliki dasar patofisiologis melalui keterkaitan antara adipositas sentral, resistensi insulin, dan gangguan metabolisme lipoprotein (Hotamisligil, 2010; Dobiášová and Frohlich, 2001).

Pada dimensi lipid, hubungan antara WHtR dan AIP telah didokumentasikan melalui beberapa jalur bukti. Studi pada orang dewasa di Chili menunjukkan bahwa WHtR berperan sebagai mediator dalam hubungan antara kebugaran kardiorespirasi, aktivitas fisik, waktu sedentari, dan nilai AIP. Temuan tersebut menunjukkan bahwa sebagian pengaruh perilaku aktivitas fisik terhadap profil lipid aterogenik dapat berlangsung melalui perubahan adipositas sentral. Dengan kata lain, individu dengan

kebugaran lebih rendah, aktivitas fisik lebih sedikit, atau waktu duduk lebih tinggi dapat memiliki WHtR yang lebih besar, yang selanjutnya berkaitan dengan peningkatan AIP. Hasil tersebut mendukung penempatan WHtR sebagai indikator antropometri yang secara biologis berhubungan dengan dimensi lipid *metabolic stress*, bukan hanya sebagai ukuran bentuk tubuh (Reyes-Ferrada *et al*., 2020). Hubungan tersebut semakin relevan karena AIP tidak sekadar merupakan rasio matematis trigliserida terhadap HDL-kolesterol. Nilai AIP yang tinggi menggambarkan lingkungan plasma yang lebih aterogenik dan berkaitan dengan kecenderungan terbentuknya partikel LDL kecil dan padat. Pada individu dengan adipositas sentral, peningkatan produksi VLDL dan pertukaran lipid yang dimediasi oleh *cholesteryl ester transfer protein* dapat menurunkan kadar HDL-kolesterol sekaligus meningkatkan trigliserida. Oleh karena itu, meningkatnya WHtR diperkirakan berjalan searah dengan peningkatan AIP melalui gangguan metabolisme lipid yang sama-sama berakar pada penumpukan lemak viseral dan resistensi insulin (Dobiášová and Frohlich, 2001; Reyes-Ferrada *et al*., 2020).

Bukti yang lebih mutakhir menunjukkan bahwa penggabungan AIP dan WHtR berpotensi memberikan informasi risiko yang lebih baik daripada penggunaan AIP secara tunggal. Indeks gabungan AIP–WHtR dilaporkan memiliki kemampuan prediktif yang lebih baik terhadap risiko stroke pada populasi dengan sindrom kardio–renal–metabolik. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa komponen antropometri dan lipid memberikan informasi yang saling melengkapi: WHtR mencerminkan adipositas sentral, sedangkan AIP mencerminkan dislipidemia aterogenik. Walaupun penelitian ini tidak membentuk indeks gabungan baru dan tidak menilai kejadian stroke, bukti tersebut mendukung penggunaan WHtR dan AIP secara bersamaan dalam menggambarkan risiko metabolik (Wang *et al*., 2025).

Pada dimensi adipositas, WHtR dan komposisi tubuh tidak dapat dianggap sebagai pengukuran yang sepenuhnya sama. WHtR menilai proporsi lingkar pinggang terhadap tinggi badan dan terutama digunakan sebagai indikator adipositas abdominal, sedangkan BIA memperkirakan persentase lemak tubuh secara keseluruhan dan tingkat lemak viseral. Oleh karena itu, dua individu dengan nilai WHtR yang serupa belum tentu memiliki persentase lemak tubuh atau distribusi lemak viseral yang sama. Penggunaan kedua metode secara simultan memungkinkan penelitian menilai apakah peningkatan WHtR benar-benar disertai peningkatan beban adipositas yang terukur menggunakan BIA. Studi kohort prospektif berskala besar pada UK Biobank yang melibatkan lebih dari 386.000 peserta menunjukkan bahwa WHtR dan persentase lemak tubuh masing-masing berasosiasi secara independen dengan kejadian penyakit kardiovaskular iskemik, bahkan setelah keduanya dimasukkan secara bersamaan dalam analisis. Temuan ini menunjukkan bahwa WHtR dan persentase lemak tubuh menangkap aspek risiko yang berbeda tetapi saling melengkapi. WHtR terutama mencerminkan distribusi lemak di daerah abdominal, sedangkan persentase lemak tubuh menggambarkan besarnya adipositas total. Oleh karena itu, pengukuran WHtR bersama komposisi tubuh berbasis BIA memberikan penilaian yang lebih komprehensif daripada penggunaan salah satu indikator saja (Feng *et al*., 2024).

Relevansi penggunaan BIA juga diperkuat oleh bukti pada populasi Indonesia. Pada dewasa muda Indonesia, persentase lemak tubuh dan tingkat lemak viseral dilaporkan memiliki kemampuan yang

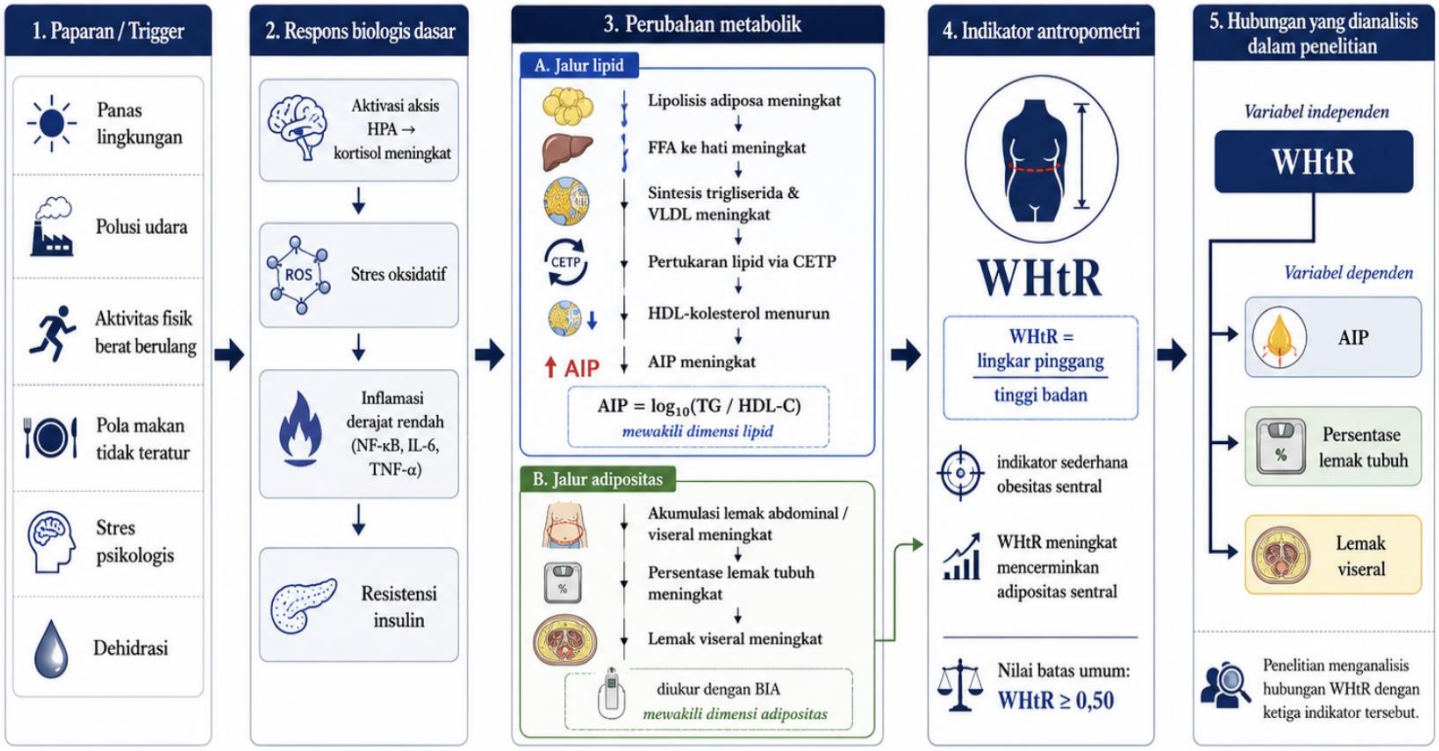
lebih baik dalam mengidentifikasi resistensi insulin dibandingkan lingkar pinggang dan IMT. Temuan tersebut menunjukkan bahwa indikator antropometri sederhana belum sepenuhnya menggambarkan variasi komposisi dan distribusi lemak tubuh. Dengan demikian, BIA memberikan nilai tambah karena dapat memperkirakan beban adipositas total maupun viseral yang tidak dapat dinilai secara langsung hanya melalui WHtR (Kurniawan *et al*., 2018).

Hubungan antara WHtR dan hasil BIA dalam penelitian ini juga memiliki dasar anatomi dan fisiologi. Peningkatan lingkar pinggang dapat terjadi akibat bertambahnya jaringan lemak subkutan abdominal, lemak viseral, atau kombinasi keduanya. Akan tetapi, jaringan lemak viseral memiliki aktivitas metabolik yang lebih tinggi karena lokasinya berdekatan dengan sirkulasi portal dan hati. Peningkatan lemak viseral dapat meningkatkan paparan hati terhadap asam lemak bebas, memperburuk resistensi insulin hepatik, serta mendorong produksi trigliserida dan VLDL. Oleh karena itu, hubungan WHtR dengan tingkat lemak viseral BIA diperkirakan lebih erat secara biologis dibandingkan hubungannya dengan massa tubuh secara umum. Secara populasi, distribusi jaringan lemak, khususnya akumulasi lemak viseral, terbukti lebih menentukan risiko metabolik dibandingkan berat badan total. Studi yang membandingkan populasi dewasa Indonesia dan Belanda menunjukkan adanya perbedaan distribusi lemak serta risiko sindrom metabolik yang tidak sepenuhnya dapat dijelaskan oleh IMT. Temuan tersebut menegaskan bahwa individu dengan berat badan atau IMT yang sama dapat memiliki risiko metabolik yang berbeda apabila distribusi lemak abdominalnya berbeda. Oleh karena itu, penilaian profil *metabolic stress* perlu mempertimbangkan lokasi dan distribusi lemak, bukan hanya besarnya massa tubuh secara keseluruhan (Sigit *et al*., 2020).

Dari sisi biomarker lipid, bukti meta-analisis menunjukkan bahwa AIP yang tinggi secara konsisten berkaitan dengan peningkatan risiko penyakit jantung koroner. Hubungan tersebut memperkuat penggunaan AIP sebagai indikator dimensi lipid karena AIP mengintegrasikan dua perubahan metabolik yang umum ditemukan pada resistensi insulin dan adipositas viseral, yaitu peningkatan trigliserida dan penurunan HDL-kolesterol. Meskipun penelitian ini tidak menilai kejadian klinis penyakit jantung koroner, AIP dapat digunakan untuk menggambarkan kecenderungan dislipidemia aterogenik pada pekerja sapu lapangan (Assempoor *et al*., 2025). Berdasarkan keseluruhan bukti tersebut, WHtR, AIP, dan komposisi lemak tubuh memiliki fungsi yang berbeda tetapi saling melengkapi. WHtR menggambarkan adipositas sentral secara antropometrik, AIP merepresentasikan perubahan metabolisme lipid, sedangkan persentase lemak tubuh dan tingkat lemak viseral berdasarkan BIA menggambarkan dimensi adipositas secara lebih terperinci. Penggunaan ketiganya secara bersamaan memungkinkan penelitian menilai apakah peningkatan adipositas abdominal yang sederhana dan mudah diukur juga disertai perubahan profil lipid aterogenik serta peningkatan beban lemak tubuh.

Dengan demikian, hubungan utama yang dianalisis dalam penelitian ini terdiri atas tiga jalur, yaitu hubungan WHtR dengan AIP sebagai dimensi lipid, hubungan WHtR dengan persentase lemak tubuh sebagai dimensi adipositas total, serta hubungan WHtR dengan tingkat lemak viseral sebagai dimensi adipositas sentral. Ketiga hubungan tersebut dianalisis secara terpisah menggunakan uji korelasi, sehingga hasil penelitian dapat menunjukkan arah dan kekuatan hubungan WHtR dengan masing-

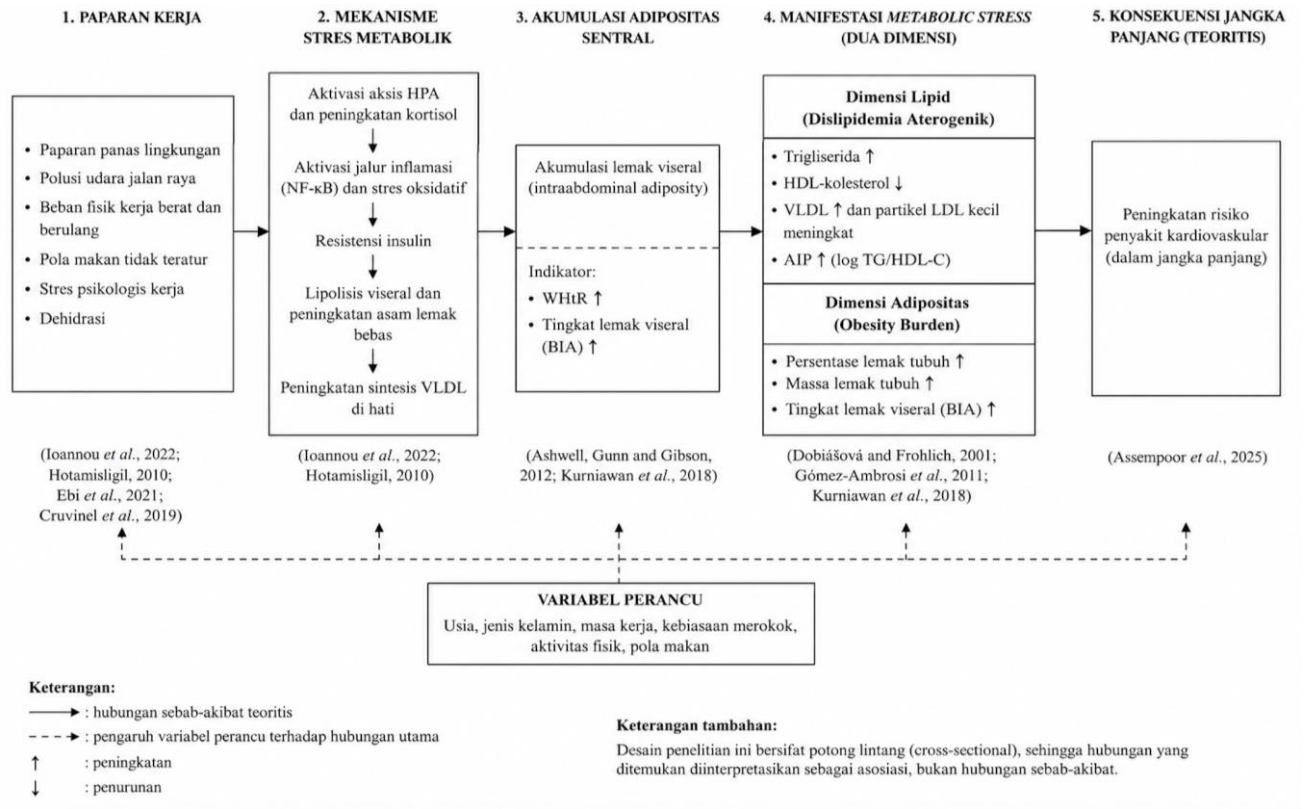
masing indikator *metabolic stress*. Karena desain penelitian bersifat *cross-sectional*, hubungan tersebut diinterpretasikan sebagai asosiasi dan tidak digunakan untuk menyimpulkan bahwa peningkatan WHtR secara langsung menyebabkan peningkatan AIP atau komposisi lemak tubuh.



Gambar 3. Hubungan waist to height ratio dengan profil *metabolic stress*

Meskipun bukti mengenai hubungan WHtR dengan AIP dan hubungan WHtR dengan komposisi tubuh telah didokumentasikan secara terpisah pada berbagai populasi, penelitian yang secara khusus menguji hubungan WHtR dengan kedua dimensi tersebut secara bersamaan sebagai satu profil metabolic stress terintegrasi terlebih pada populasi pekerja sektor informal seperti pekerja sapu lapangan belum pernah dilakukan di Indonesia (Desye et al., 2025; Khatri et al., 2025). Kesenjangan inilah yang secara spesifik dijawab oleh penelitian ini, dengan menempatkan WHtR sebagai indikator antropometri tunggal yang diuji hubungannya secara simultan terhadap AIP (dimensi lipid) serta persentase lemak tubuh dan tingkat lemak viseral (dimensi adipositas), sehingga menghasilkan gambaran profil metabolic stress yang lebih menyeluruh dibandingkan pendekatan satu-dimensi pada penelitian-penelitian sebelumnya (Wang et al., 2025; Feng et al., 2024).

2.7 Kerangka Teori



Gambar 3. Kerangka Teori

Kerangka teori penelitian ini menjelaskan bahwa pekerja sapu lapangan menghadapi berbagai paparan kerja yang berpotensi meningkatkan beban fisiologis dan metabolik. Paparan tersebut meliputi panas lingkungan, polusi udara jalan raya, dan aktivitas fisik kerja yang berat serta berulang. Dalam jangka panjang, kombinasi paparan tersebut dapat memicu respons stres tubuh melalui aktivasi aksis hipotalamus–pituitari–adrenal (HPA), peningkatan stres oksidatif, dan aktivasi jalur inflamasi, termasuk NF-κB. Proses tersebut selanjutnya dapat berkontribusi terhadap peningkatan kortisol, inflamasi kronik derajat rendah, dan gangguan sensitivitas insulin. Dalam penelitian ini, paparan kerja dan jalur molekuler tersebut berfungsi sebagai landasan teoritis dan tidak diukur secara langsung sebagai variabel penelitian (Hotamisligil, 2010; Ioannou *et al*., 2022).

Aktivasi respons stres metabolik yang berlangsung terus-menerus dapat meningkatkan lipolisis jaringan adiposa dan pelepasan asam lemak bebas ke dalam sirkulasi. Peningkatan aliran asam lemak bebas menuju hati dapat memperbesar produksi trigliserida dan *very-low-density lipoprotein* (VLDL), sementara resistensi insulin dan inflamasi kronik dapat memperburuk penyimpanan serta distribusi lemak tubuh. Kondisi tersebut mendorong terjadinya akumulasi lemak di daerah abdominal, khususnya lemak viseral yang memiliki aktivitas metabolik lebih tinggi dibandingkan lemak subkutan (Hotamisligil, 2010).

Berdasarkan alur tersebut, WHtR ditempatkan sebagai variabel bebas yang dianalisis hubungannya dengan tiga indikator profil *metabolic stress*, yaitu AIP, persentase lemak tubuh, dan tingkat lemak

viseral. AIP mewakili dimensi lipid, sedangkan persentase lemak tubuh dan tingkat lemak viseral mewakili dimensi adipositas. Usia, jenis kelamin, masa kerja, kebiasaan merokok, aktivitas fisik, dan pola makan dipertimbangkan sebagai variabel perancu karena dapat memengaruhi distribusi lemak tubuh maupun metabolisme lipid. Secara teoritis, peningkatan AIP dan akumulasi lemak viseral dalam jangka panjang dapat meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular. Namun, penelitian ini tidak mengukur kejadian penyakit kardiovaskular sebagai luaran akhir. Oleh karena itu, risiko kardiovaskular dalam kerangka teori hanya digunakan untuk menunjukkan konsekuensi biologis jangka panjang dari gangguan metabolik, sedangkan analisis penelitian dibatasi pada hubungan WHtR dengan AIP, persentase lemak tubuh, dan tingkat lemak viseral. Karena desain penelitian bersifat *cross-sectional*, hubungan yang ditemukan akan diinterpretasikan sebagai asosiasi dan tidak digunakan untuk menyimpulkan hubungan sebab-akibat.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di wilayah Kota Administrasi Jakarta Barat dengan fokus pada lima kecamatan yang memiliki kepadatan penyapu jalan tertinggi, yaitu Tambora, Grogol Petamburan, Kalideres, Cengkareng, dan Palmerah, bekerja sama dengan Suku Dinas Lingkungan Hidup Kota Administrasi Jakarta Barat beserta satuan pelaksana kebersihan kecamatan terkait. Penelitian direncanakan berlangsung selama enam bulan (Agustus 2026 – Januari 2027), meliputi persiapan administrasi dan persetujuan etik, pelatihan enumerator dan studi pendahuluan, pengumpulan data antropometri/BIA dan laboratorium, entri dan pembersihan data, analisis statistik, serta penulisan laporan, artikel, dan diseminasi.

3.2. Metode Penelitian

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain observasional analitik dengan pendekatan *cross-sectional*. Pengukuran variabel bebas, yaitu *Waist-to-Height Ratio* (WHtR), dan variabel terikat, yaitu *Atherogenic Index of Plasma* (AIP), persentase lemak tubuh, serta tingkat lemak viseral berdasarkan *Bioelectrical Impedance Analysis* (BIA), dilakukan pada satu periode pengambilan data yang sama. Desain ini sesuai untuk menggambarkan distribusi karakteristik responden dan menganalisis hubungan antara WHtR dengan profil *metabolic stress* tanpa memberikan intervensi kepada subjek penelitian (Barros and Hirakata, 2003). Desain *cross-sectional* dipilih karena relatif efisien dari segi waktu, biaya, dan pelaksanaan, terutama untuk penelitian lapangan pada kelompok pekerja. Namun, karena variabel bebas dan variabel terikat diukur secara bersamaan, urutan temporal antarvariabel tidak dapat ditentukan. Oleh karena itu, hasil penelitian diinterpretasikan sebagai hubungan atau asosiasi dan tidak digunakan untuk menyimpulkan hubungan sebab-akibat. Temuan penelitian diharapkan dapat menjadi dasar bagi penelitian longitudinal atau kohort pada pekerja lapangan di masa mendatang.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada pekerja sapu lapangan yang terdaftar dan aktif bekerja di wilayah Kota Administrasi Jakarta Barat. Lokasi pemeriksaan akan ditentukan berdasarkan koordinasi dan perizinan dari Suku Dinas Lingkungan Hidup Kota Administrasi Jakarta Barat serta unit kerja terkait. Pengambilan data direncanakan dilakukan pada tahun 2026.

Seluruh pemeriksaan antropometri, BIA, pengisian kuesioner, dan pengambilan sampel darah dilakukan pada hari yang sama atau dalam rangkaian pemeriksaan yang telah dijadwalkan. Pemeriksaan laboratorium dilakukan oleh laboratorium klinik yang memenuhi standar pemeriksaan trigliserida dan HDL-kolesterol.

Populasi Penelitian

Populasi target

Populasi target penelitian adalah seluruh pekerja sapu lapangan yang bekerja di wilayah Kota Administrasi Jakarta Barat.

Populasi terjangkau

Populasi terjangkau adalah pekerja sapu lapangan aktif yang terdaftar pada Suku Dinas Lingkungan Hidup Kota Administrasi Jakarta Barat atau unit kerja kebersihan terkait, hadir pada saat pelaksanaan penelitian, dan memenuhi kriteria pemilihan subjek.

Jumlah pasti pekerja sapu lapangan akan diperoleh dan diverifikasi melalui data resmi Suku Dinas Lingkungan Hidup Kota Administrasi Jakarta Barat pada tahap perizinan penelitian. Dengan demikian, perkiraan jumlah populasi tidak digunakan sebagai dasar utama perhitungan besar sampel karena besar sampel penelitian dihitung berdasarkan uji hipotesis korelasi.

Sampel Penelitian

Sampel penelitian adalah bagian dari populasi terjangkau yang memenuhi kriteria inklusi, tidak memenuhi kriteria eksklusi, bersedia mengikuti seluruh rangkaian pemeriksaan, dan menandatangani lembar persetujuan setelah penjelasan atau *informed consent*.

Besar sampel

Besar sampel dihitung menggunakan rumus uji hipotesis koefisien korelasi dengan transformasi Fisher:

$$n = \left[\frac{Z_{\alpha/2} + Z_{\beta}}{0,5 \ln\left(\frac{1+r}{1-r}\right)} \right]^2 + 3$$

Keterangan:

- nnn = besar sampel minimum;
- Zα/2Z_{\alpha/2}Zα/2 = nilai Z untuk tingkat kemaknaan 5%, yaitu 1,96;
- ZβZ_{\beta}Zβ = nilai Z untuk kekuatan uji 80%, yaitu 0,84;
- rrr = koefisien korelasi minimal yang diharapkan, yaitu 0,35.

Dengan menggunakan α = 0,05, kekuatan uji 80%, dan koefisien korelasi yang diharapkan sebesar 0,35, diperoleh:

$$n = \left[\frac{1,96 + 0,84}{0,5 \ln\left(\frac{1+0,35}{1-0,35}\right)} \right]^2 + 3$$

$$n \approx 61,8$$

Besar sampel minimum dibulatkan menjadi 62 responden. Untuk mengantisipasi ketidaklengkapan data, kegagalan pengambilan darah, hasil pemeriksaan yang tidak dapat dianalisis, atau responden yang tidak menyelesaikan seluruh prosedur, jumlah sampel ditambah sekitar 5%, sehingga target akhir penelitian ditetapkan sebanyak 65 responden. Istilah *drop-out* tidak digunakan sebagai dasar penambahan sampel karena penelitian ini bersifat *cross-sectional* dan tidak memiliki masa tindak

lanjut. Penambahan sampel lebih tepat ditujukan untuk mengantisipasi *non-response* dan data yang tidak lengkap atau tidak valid.

Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel dilakukan menggunakan teknik consecutive sampling**.** Seluruh pekerja sapu lapangan yang hadir pada waktu pelaksanaan penelitian akan diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Responden yang memenuhi persyaratan dan bersedia mengikuti penelitian direkrut secara berurutan sampai jumlah sampel sebanyak 65 orang terpenuhi.

Teknik ini dipilih karena pelaksanaan penelitian dilakukan melalui kegiatan pemeriksaan terjadwal terhadap pekerja yang telah didata dan dikoordinasikan oleh mitra. Peneliti tidak melakukan pemilihan secara acak dari seluruh daftar pekerja, melainkan memeriksa setiap calon responden yang tersedia dan memenuhi kriteria selama periode pengumpulan data.

Apabila pengambilan data dilakukan pada beberapa unit kerja atau wilayah, jumlah responden dapat diupayakan tersebar secara proporsional sesuai jumlah pekerja yang hadir pada masing-masing lokasi. Namun, penyebaran tersebut tidak mengubah teknik utama pengambilan sampel, yaitu *consecutive sampling*.

Kriteria Pemilihan Subjek

Kriteria inklusi

Subjek dapat diikutsertakan dalam penelitian apabila memenuhi seluruh kriteria berikut:

1. Pekerja sapu lapangan aktif yang terdaftar pada Suku Dinas Lingkungan Hidup Kota Administrasi Jakarta Barat atau unit kerja kebersihan terkait.
2. Memiliki masa kerja sebagai pekerja sapu lapangan minimal enam bulan.
3. Berusia 20–60 tahun.
4. Bersedia mengikuti penelitian dan menandatangani *informed consent* tertulis.
5. Bersedia menjalani puasa selama 10–12 jam sebelum pengambilan sampel darah.
6. Bersedia mengikuti pengukuran antropometri, pemeriksaan BIA, pengambilan darah, dan pengisian kuesioner.
7. Mampu berkomunikasi dalam Bahasa Indonesia.

Kriteria eksklusi

Subjek tidak diikutsertakan dalam penelitian apabila memenuhi salah satu kondisi berikut:

1. Sedang hamil atau menyusui.
2. Mengonsumsi obat penurun lipid, seperti statin, fibrat, atau niasin, dalam tiga bulan terakhir.
3. Memiliki riwayat penyakit hati berat, seperti hepatitis akut atau sirosis, berdasarkan keterangan responden atau data kesehatan yang tersedia.
4. Memiliki penyakit tiroid yang belum terkontrol.
5. Menderita diabetes melitus..
6. Sedang mengalami infeksi akut, demam, atau kondisi inflamasi akut pada waktu pemeriksaan.

7. Memiliki implan elektronik aktif, seperti alat pacu jantung, atau kondisi lain yang menjadi kontraindikasi pemeriksaan BIA sesuai petunjuk perangkat.
8. Memiliki kondisi fisik yang menyebabkan pengukuran tinggi badan, lingkar pinggang, atau BIA tidak dapat dilakukan secara akurat.
9. Tidak menyelesaikan salah satu pemeriksaan utama, yaitu WHtR, BIA, trigliserida, atau HDL-kolesterol.
10. Tidak memenuhi ketentuan puasa sebelum pengambilan darah.

Penghentian Keikutsertaan dan Data Tidak Lengkap

Responden dapat menghentikan keikutsertaan kapan saja tanpa konsekuensi terhadap pekerjaan maupun pelayanan kesehatan yang diterimanya. Data responden tidak dimasukkan dalam analisis utama apabila tidak tersedia hasil pengukuran WHtR, trigliserida, HDL-kolesterol, persentase lemak tubuh, atau tingkat lemak viseral.

Responden yang diketahui tidak berpuasa sesuai ketentuan, mengalami kegagalan pengambilan darah, atau memperoleh hasil laboratorium yang tidak dapat divalidasi akan dicatat sebagai data tidak lengkap. Perekrutan dilanjutkan sampai jumlah responden dengan data utama yang lengkap mencapai 65 orang.

Variabel dan Definisi Operasional

Variabel	**Definisi Operasional**	**Skala**	**Alat / Cara Ukur**
WHtR (bebas)	Rasio lingkar pinggang (cm) terhadap tinggi badan (cm); berisiko >=0,50, tidak berisiko <0,50	Rasio & ordinal	Pita meteran non-elastis + stadiometer; diukur dua kali, diambil rata-rata
AIP (terikat)	log10(TG mmol/L / HDL-C mmol/L); rendah <0,11, sedang 0,11-0,21, tinggi >0,21	Rasio & ordinal	Darah vena puasa; TG (GPO-PAP), HDL-C (direct assay); auto-analyzer
% Lemak tubuh (terikat)	Persentase massa lemak terhadap berat badan; berisiko >=25,9% (L) / >=37,1% (P)	Rasio & ordinal	BIA segmental multifrekuensi
Lemak viseral (terikat)	Tingkat lemak viseral skala 1-30; kelebihan bila >10	Rasio & ordinal	BIA segmental multifrekuensi
Usia (perancu)	Usia dalam tahun penuh saat penelitian	Rasio	Kuesioner terstruktur
Jenis kelamin (perancu)	Laki-laki / perempuan sesuai KTP	Nominal	Kuesioner terstruktur
Masa kerja (perancu)	Lama bekerja sebagai penyapu lapangan (tahun)	Rasio	Kuesioner terstruktur
Merokok (perancu)	Merokok aktif saat ini (ya/tidak)	Nominal	Kuesioner + verifikasi observasi

Aktivitas fisik (perancu)	Skor total MET-menit/minggu	Ordinal	Kuesioner IPAQ-Short Form

Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi empat kategori, yaitu instrumen wawancara (kuesioner terstruktur), instrumen antropometri, instrumen analisis komposisi tubuh, dan instrumen laboratorium. Seluruh instrumen pengukuran dikalibrasi sebelum dan selama pengumpulan data, sedangkan kuesioner telah diuji validitas dan reliabilitasnya pada 20 responden pada studi pendahuluan dengan nilai Cronbach's alpha >=0,70.

Tabel 3.2 Spesifikasi Instrumen Penelitian

Instrumen	Spesifikasi / Merek	Fungsi & Ketelitian
Kuesioner terstruktur	Lembar wawancara 38 butir (Bagian A-E); adaptasi IPAQ-SF & NHANES Tobacco	Mengumpulkan data demografi, merokok, aktivitas fisik, pola makan, riwayat penyakit
Stadiometer	Seca 213 portable	Tinggi badan; ketelitian 0,1 cm; rentang 20-205 cm
Pita meteran non-elastis	Seca 201 / Gulick	Lingkar pinggang; ketelitian 0,1 cm; dilengkapi tension handle
Timbangan digital	Terintegrasi pada alat BIA	Berat badan; ketelitian 0,1 kg
Analyzer komposisi tubuh (BIA)	Tanita MC-780MA	Persentase lemak tubuh & tingkat lemak viseral

Alur Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilaksanakan dalam tujuh tahap berurutan untuk menjamin standardisasi dan kualitas. (1) Perizinan dan koordinasi dengan Suku Dinas Lingkungan Hidup Jakarta Barat serta satuan pelaksana kebersihan kecamatan untuk memperoleh kerangka sampel. (2) Pelatihan dan standardisasi enumerator selama dua hari hingga lulus uji reliabilitas antar-pengukur. (3) Sosialisasi dan pengisian informed consent oleh calon responden yang memenuhi kriteria. (4) Penjadwalan dan instruksi puasa 10-12 jam sebelum pengambilan darah, dengan pengingat oleh koordinator lapangan pada malam sebelumnya. (5) Pada hari pengukuran, dilakukan wawancara kuesioner, dilanjutkan pengukuran antropometri, kemudian analisis komposisi tubuh BIA, dan terakhir pengambilan darah vena. (6) Penanganan dan pengiriman spesimen dalam cold chain ke Laboratorium Kalgen untuk analisis TG dan HDL-C. (7) Verifikasi kelengkapan data, pengembalian hasil pemeriksaan kepada responden, dan rujukan bila ditemukan nilai abnormal.

Tabel 3.3 Alur Stasiun Pengukuran pada Hari Pengumpulan Data

Sesi	Kegiatan	Catatan Standardisasi
1	Registrasi & verifikasi kriteria	Cek kode responden, status puasa, kriteria inklusi/eksklusi
2	Wawancara kuesioner	15 menit; oleh enumerator terlatih; satu bahasa (Indonesia)
3	Antropometri (TB, LP)	Dua kali pengukuran, diambil rata-rata; alat dikalibrasi harian
4	Komposisi tubuh (BIA)	Kondisi standar; kandung kemih kosong; tanpa logam & alas kaki
5	Flebotomi	Oleh ATLM; 5 mL darah vena puasa; teknik aseptik
6	Penanganan spesimen	Sentrifugasi <=30 menit; serum disimpan 2-8 C; cold chain

Prosedur Pemeriksaan Detail per Variabel

1. Tinggi badan diukur menggunakan stadiometer Seca 213 dengan responden berdiri tegak tanpa alas kaki, tumit rapat menempel dinding, dan kepala pada posisi bidang Frankfort horizontal; pembacaan dilakukan pada akhir inspirasi dengan ketelitian 0,1 cm (Ashwell, Gunn and Gibson, 2012). Lingkar pinggang diukur menggunakan pita non-elastis pada titik tengah antara tepi bawah arkus kosta terakhir dan tepi atas krista iliaka, dengan pita horizontal mengelilingi tubuh tanpa menekan kulit, dibaca pada akhir ekspirasi normal (Ashwell, Gunn and Gibson, 2012). Kedua pengukuran dilakukan dua kali; bila selisih >1 cm dilakukan pengukuran ketiga dan diambil rata-rata dua nilai terdekat. Nilai WHtR dihitung sebagai lingkar pinggang dibagi tinggi badan dalam satuan yang sama, lalu dikategorikan berisiko bila >=0,50 dan tidak berisiko bila <0,50 (Ashwell, Gunn and Gibson, 2012).
2. Komposisi tubuh diukur menggunakan analyzer BIA segmental multifrekuensi yang mengalirkan arus listrik lemah dan aman melalui elektroda tangan dan kaki, kemudian mengestimasi persentase lemak tubuh dan tingkat lemak viseral dari nilai impedansi, tinggi badan, berat badan, usia, dan jenis kelamin (Kurniawan et al., 2018). Untuk menjamin akurasi, pengukuran dilakukan dalam kondisi terstandar: responden telah berpuasa, mengosongkan kandung kemih, tidak berolahraga berat atau mengonsumsi kafein/alkohol dalam 12 jam terakhir, melepas seluruh benda logam dan alas kaki, serta berdiri diam dengan lengan sedikit terangkat selama pengukuran (Kurniawan et al., 2018). Persentase lemak tubuh dikategorikan berisiko bila >=25,9% pada laki-laki dan >=37,1% pada perempuan, sedangkan tingkat lemak viseral dikategorikan kelebihan bila >10 (Kurniawan et al., 2018). Pengukuran BIA tidak dilakukan pada responden hamil atau yang memiliki implan elektronik aktif sesuai kriteria eksklusi.
3. Pengambilan darah dilakukan oleh analis bersertifikat ATLM setelah responden berpuasa 10-12 jam, untuk menjamin keakuratan pengukuran trigliserida yang sangat dipengaruhi asupan makanan (Dobiasova and Frohlich, 2001). Sebanyak +-5 mL darah vena diambil dari vena median kubiti dengan teknik aseptik menggunakan tabung serum berisi clot activator. Spesimen dibiarkan menggumpal pada suhu ruang selama 20-30 menit, lalu disentrifugasi pada 3.000-4.000 rpm selama 10 menit untuk memisahkan serum. Serum kemudian disimpan pada suhu 2-8 C dan dikirim ke Laboratorium Klinik Prodia menggunakan cold chain dalam waktu maksimal empat jam; spesimen yang hemolisis atau lipemik berat ditolak dan pengambilan diulang.
4. Kadar trigliserida serum diukur dengan metode enzimatik GPO-PAP (glycerol-3-phosphate oxidase - phenol aminophenazone) pada auto-analyzer kimia klinik (Dobiasova and Frohlich, 2001). Hasil dilaporkan dalam mg/dL dan dikonversi ke mmol/L (dibagi 88,57) untuk perhitungan AIP. Kadar HDL-kolesterol diukur menggunakan metode direct homogeneous assay tanpa presipitasi, dilaporkan dalam mg/dL dan dikonversi ke mmol/L (dibagi 38,67) untuk perhitungan AIP (Dobiasova and Frohlich, 2001). AIP kemudian dihitung dengan rumus AIP = log10(TG mmol/L / HDL-C mmol/L), dan dikategorikan menjadi risiko rendah (<0,11), sedang (0,11-0,21), dan tinggi (>0,21) (Dobiasova and Frohlich, 2001; Sadeghi et al., 2021). Karena AIP merupakan variabel turunan, kontrol kualitas pada pengukuran TG dan HDL-C secara langsung menentukan keandalan nilai AIP.

5. Variabel perancu dikumpulkan melalui kuesioner terstruktur. Usia dicatat dalam tahun penuh dan jenis kelamin sesuai dokumen identitas. Masa kerja dihitung sebagai lama bekerja sebagai penyapu lapangan dalam tahun. Kebiasaan merokok diukur dengan pertanyaan adaptasi NHANES yang mencakup status merokok, jumlah batang per hari, dan lama merokok. Aktivitas fisik diukur menggunakan International Physical Activity Questionnaire - Short Form (IPAQ-SF) versi Bahasa Indonesia, kemudian dikonversi menjadi skor total MET-menit/minggu dan dikategorikan rendah, sedang, atau tinggi (Reyes-Ferrada et al., 2020). Pola makan dinilai melalui frekuensi konsumsi makanan tinggi lemak dan minuman manis sebagai data pendukung. Seluruh variabel perancu ini dimasukkan ke dalam model multivariat untuk mengontrol pengaruhnya terhadap hubungan utama (Barros and Hirakata, 2003).

3.3. Metode Analisis

Analisis univariat digunakan untuk mendeskripsikan karakteristik responden, meliputi usia, jenis kelamin, masa kerja, kebiasaan merokok, aktivitas fisik, dan pola makan. Analisis ini juga digunakan untuk menggambarkan distribusi WHtR, AIP, persentase lemak tubuh, dan tingkat lemak viseral. Data kategorik disajikan dalam bentuk frekuensi dan persentase. Data numerik yang berdistribusi normal disajikan dalam bentuk rerata dan simpang baku, sedangkan data yang tidak berdistribusi normal disajikan dalam bentuk median dan rentang interkuartil. Normalitas data numerik diuji menggunakan uji Shapiro–Wilk. Uji ini dilakukan terhadap variabel WHtR, AIP, persentase lemak tubuh, dan tingkat lemak viseral.

Analisis bivariat digunakan untuk menguji:

1. Hubungan WHtR dengan AIP.
2. Hubungan WHtR dengan persentase lemak tubuh.
3. Hubungan WHtR dengan tingkat lemak viseral.

Apabila kedua variabel yang dianalisis berdistribusi normal dan memiliki hubungan linear, digunakan uji korelasi Pearson. Apabila data tidak berdistribusi normal atau tidak memenuhi asumsi korelasi Pearson, digunakan uji korelasi Spearman. Hasil analisis dilaporkan dalam bentuk koefisien korelasi, arah hubungan, kekuatan hubungan, dan nilai *p*.

3.4. Indikator Capaian Penelitian

Indikator keberhasilan penelitian ini meliputi:

1. Terekrutnya 65 pekerja sapu lapangan yang memenuhi kriteria inklusi dan memiliki data penelitian lengkap.
2. Terlaksananya pengukuran WHtR, pemeriksaan trigliserida dan HDL-kolesterol untuk menghitung AIP, serta pengukuran persentase lemak tubuh dan tingkat lemak viseral menggunakan BIA.
3. Tersedianya data karakteristik responden yang meliputi usia, jenis kelamin, masa kerja, kebiasaan merokok, aktivitas fisik, dan pola makan.
4. Diperolehnya gambaran distribusi WHtR dan kategori obesitas abdominal pada pekerja sapu lapangan.
5. Diperolehnya gambaran profil *metabolic stress* berdasarkan AIP, persentase lemak tubuh, dan tingkat lemak viseral.

6. Diperolehnya hasil analisis hubungan WHtR dengan AIP, persentase lemak tubuh, dan tingkat lemak viseral.
7. Tersusunnya satu artikel ilmiah untuk diajukan ke jurnal nasional terakreditasi Sinta 3 atau Sinta 4.
8. Tersusunnya media edukasi mengenai obesitas abdominal dan pencegahan risiko metabolik pada pekerja lapangan.

BAB 4. JADWAL PENELITIAN

Penelitian direncanakan berlangsung selama delapan bulan, mulai Agustus 2026 sampai Maret 2027. Tahap pengusulan proposal dilaksanakan pada Agustus 2026. Selanjutnya, September–November 2026 digunakan untuk persiapan penelitian yang mencakup perizinan, pengajuan persetujuan etik, koordinasi dengan mitra, finalisasi instrumen, pelatihan enumerator, studi pendahuluan, serta persiapan alat dan bahan pemeriksaan.

Pelaksanaan pengumpulan data dijadwalkan pada Desember 2026, meliputi pengisian kuesioner, pengukuran antropometri dan WHtR, pemeriksaan komposisi tubuh menggunakan BIA, serta pengambilan sampel darah untuk pemeriksaan trigliserida dan HDL-kolesterol. Entri, verifikasi, dan pembersihan data dilakukan secara bertahap sejak akhir Desember 2026 hingga Januari 2027.

Monitoring dan evaluasi penelitian dilaksanakan pada Januari 2027, bersamaan dengan penyelesaian pembersihan data dan analisis statistik. Penyusunan laporan, artikel ilmiah, *policy brief*, serta media edukasi dilakukan pada Januari–Februari 2027. Luaran penelitian direncanakan dikumpulkan pada Februari 2027, sedangkan laporan akhir diselesaikan dan diserahkan pada Maret 2027.

Tabel 4.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No.	Tahap Penelitian	Bulan Pelaksanaan							
		Ags 2026	Sep 2026	Okt 2026	Nov 2026	Des 2026	Jan 2027	Feb 2027	Mar 2027
1	Pengusulan proposal oleh pelaksana	■							
2	Persiapan pelaksanaan		■	■	■				
3	Pelaksanaan penelitian					■			
4	Monitoring dan evaluasi						■		
5	Pengumpulan luaran							■	
6	Pengumpulan laporan akhir								■

BAB 5. RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

No	Komponen	Total
I.	**Biaya Langsung**	
A	Tenaga Ahli dan Tenaga Penunjang	11.190.000
B.1	Biaya bahan habis, peralatan, sewa peralatan	19.300.000
B.2	Perjalanan dan transport lokal	17.500.000
	Sub Total	47.990.000
II.	**Biaya Tidak Langsung**	
A	Laporan, Seminar, dan Publikasi	2.000.000
B	Forum Group Disscusion	0
	Sub Total	2.000.000
	TOTAL	**49.990.000**

DAFTAR PUSTAKA

Abdi Dezfouli, R., Mohammadian Khonsari, N., Hosseinpour, A., Asadi, S., Ejtahed, H.S. and Qorbani, M. (2023) 'Waist to height ratio as a simple tool for predicting mortality: a systematic review and meta-analysis', International Journal of Obesity, 47, pp. 1286-1301. doi: 10.1038/s41366-023-01388-0

Ashwell, M., Gunn, P. and Gibson, S. (2012) 'Waist-to-height ratio is a better screening tool than waist circumference and BMI for adult cardiometabolic risk factors: systematic review and meta-analysis', Obesity Reviews, 13(3), pp. 275-286. doi: 10.1111/j.1467-789X.2011.00952.x

Assempoor, R., Daneshvar, M.S., Taghvaei, A., Sattari Abroy, A., Azimi, A. and Nelson, J.R. (2025) 'Atherogenic index of plasma and coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis of observational studies', Cardiovascular Diabetology, 24, 35. doi: 10.1186/s12933-025-02582-2

Barros, A.J.D. and Hirakata, V.N. (2003) 'Alternatives for logistic regression in cross-sectional studies: an empirical comparison of models that directly estimate the prevalence ratio', BMC Medical Research Methodology, 3, 21. doi: 10.1186/1471-2288-3-21

Cesaro, A., De Michele, G., Fimiani, F., Acerbo, V., Scherillo, G., Signore, G., et al. (2023) 'Visceral adipose tissue and residual cardiovascular risk: a pathological link and new therapeutic options', Frontiers in Cardiovascular Medicine, 10, 1187735. doi: 10.3389/fcvm.2023.1187735

Coenen, P., Huysmans, M.A., Holtermann, A., Troiano, R.P., Mork, P.J., Krokstad, S., et al. (2024) 'Associations of occupational and leisure-time physical activity with all-cause mortality: an individual participant data meta-analysis', British Journal of Sports Medicine, 58(24), pp. 1527-1538. doi: 10.1136/bjsports-2024-108117

Cruvinel, V.R.N., Marques, C.P., Cardoso, V., Novaes, C.G., Araujo, W.N., Angulo-Tuesta, A., Escalda, P.M.F., Galvao, D.M.P.G. and Silva, E.N. (2019) 'Health conditions and occupational risks in a novel group: waste pickers in the largest open garbage dump in Latin America', BMC Public Health, 19, 581. doi: 10.1186/s12889-019-6879-x

Desye, B., Geto, A.K., Berhanu, L., Daba, C. and Berihun, G. (2025) 'Occupational respiratory symptoms and associated factors among street sweepers in low- and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis', PLoS ONE, 20(4), e0320237. doi: 10.1371/journal.pone.0320237

Dobiasova, M. and Frohlich, J. (2001) 'The plasma parameter log (TG/HDL-C) as an atherogenic index: correlation with lipoprotein particle size and esterification rate in apoB-lipoprotein-depleted plasma (FER_HDL)', Clinical Biochemistry, 34(7), pp. 583-588. doi: 10.1016/s0009-9120(01)00263-6

Ebi, K.L., Capon, A., Berry, P., Broderick, C., de Dear, R., Havenith, G., Honda, Y., Kovats, R.S., Ma, W., Malik, A., Morris, N.B., Nybo, L., Seneviratne, S.I., Vanos, J. and Jay, O. (2021) 'Hot weather and heat extremes: health risks', The Lancet, 398(10301), pp. 698-708. doi: 10.1016/S0140-6736(21)01208-3

Eker, H.H., Bilgili, M.S., Sekman, E., Top, S., Demir, S. and Yazici, V. (2012) 'Metabolic syndrome in collection and disposal of solid waste sector', International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health, 25(1), pp. 14-21. doi: 10.2478/s13382-012-0004-z

Fan, Y. and Pedersen, O. (2021) 'Gut microbiota in human metabolic health and disease', Nature Reviews Microbiology, 19(1), pp. 55-71. doi: 10.1038/s41579-020-0433-9

Feng, Q., Besevic, J., Conroy, M., Omiyale, W., Woodward, M., Lacey, B. and Allen, N. (2024) 'Waist-to-height ratio and body fat percentage as risk factors for ischemic cardiovascular disease: a prospective cohort study from UK Biobank', American Journal of Clinical Nutrition, 119(6), pp. 1386-1396. doi: 10.1016/j.ajcnut.2024.03.018

Hotamisligil, G.S. (2010) 'Endoplasmic reticulum stress and the inflammatory basis of metabolic disease', Cell, 140(6), pp. 900-917. doi: 10.1016/j.cell.2010.02.034

International Labour Organization (2024) Ensuring Safety and Health at Work in a Changing Climate. Geneva: International Labour Office.

Ioannou, L.G., Foster, J., Morris, N.B., Piil, J.F., Havenith, G., Mekjavic, I.B., Kenny, G.P., Nybo, L. and Flouris, A.D. (2022) 'Occupational heat strain in outdoor workers: a comprehensive review and meta-analysis', Temperature, 9(1), pp. 67-102. doi: 10.1080/23328940.2022.2030634

Ireland, A., Johnston, D. and Knott, R. (2023) 'Heat and worker health', Journal of Health Economics, 91, 102800. doi: 10.1016/j.jhealeco.2023.102800

Kementerian Kesehatan RI (2024) Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023 dalam Angka. Jakarta: Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan, Kemenkes RI.

Khatri, S., Shah, G.K., Bhandari, P., Koirala, S., Neupane, K., Bhattarai, N., Gyawali, S., Tiwari, B.B., Magar, S., Kapar, A., Chaudhary, M., Wagle, S., Shah, S.K., Kragh, S.H., Rasmussen, K., Jors, E. and Neupane, D. (2025) 'Musculoskeletal disorders and other occupational health outcomes among sanitation workers in Nepal: a community-based cross-sectional survey exploring the risk factors, knowledge, and practices', BMC Public Health, 25, 1273. doi: 10.1186/s12889-025-22282-6

Kivimäki, M. and Steptoe, A. (2018) 'Effects of stress on the development and progression of cardiovascular disease', Nature Reviews Cardiology, 15(4), pp. 215-229. doi: 10.1038/nrcardio.2017.189

Kurniawan, L.B., Bahrun, U., Hatta, M. and Arif, M. (2018) 'Body mass, total body fat percentage, and visceral fat level predict insulin resistance better than waist circumference and body mass index in healthy young male adults in Indonesia', Journal of Clinical Medicine, 7(5), 96. doi: 10.3390/jcm7050096

Kyle, U.G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A.D., Deurenberg, P., Elia, M., Gomez, J.M., et al. (2004) 'Bioelectrical impedance analysis - part I: review of principles and methods', Clinical Nutrition, 23(5), pp. 1226-1243. doi: 10.1016/j.clnu.2004.06.004

Lemeshow, S., Hosmer, D.W., Klar, J. and Lwanga, S.K. (1990) Adequacy of Sample Size in Health Studies. Chichester: John Wiley & Sons.

Li, Y.W., Kao, T.W., Chang, P.K., Chen, W.L. and Wu, L.W. (2021) 'Atherogenic index of plasma as predictor for metabolic syndrome, hypertension and diabetes mellitus in Taiwan citizens: a 9-year longitudinal study', Scientific Reports, 11, 9900. doi: 10.1038/s41598-021-89307-z

Liang, F., Yang, X., Liu, F., Li, J., Xiao, Q., Chen, J., et al. (2019) 'Long-term exposure to ambient fine particulate matter and incidence of diabetes in China: a cohort study', Environment International, 126, pp. 568-575. doi: 10.1016/j.envint.2019.02.069

Ma, K., Zhang, Y., Zhao, J., Zhou, L. and Li, M. (2024) 'Endoplasmic reticulum stress: bridging inflammation and obesity-associated adipose tissue', Frontiers in Immunology, 15, 1381227. doi: 10.3389/fimmu.2024.1381227

Mandal, S., Madhipatla, K.K., Guttikunda, S., Kloog, I., Prabhakaran, D. and Schwartz, J.D. (2023) 'PM2.5 exposure, glycemic markers and incidence of type 2 diabetes in two large Indian cities', BMJ Open Diabetes Research & Care, 11, e003333. doi: 10.1136/bmjdrc-2023-003333

Mohammadian Khonsari, N., Khashayar, P., Shahrestanaki, E., Kelishadi, R., Mohammadpoor Nami, S., Heidari-Beni, M., Esmaeili Abdar, Z., Tabatabaei-Malazy, O. and Qorbani, M. (2022) 'Normal Weight Obesity and Cardiometabolic Risk Factors: A Systematic Review and Meta-Analysis', Frontiers in Endocrinology, 13, 857930. doi: 10.3389/fendo.2022.857930

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) (2016) Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Heat and Hot Environments. DHHS (NIOSH) Publication No. 2016-106. Cincinnati, OH: NIOSH.

Noubiap, J.J., Nansseu, J.R., Nyaga, U.F., Ndoadoumgue, A.L., Ngouo, A.T., Tounouga, D.N., Tianyi, F.L., Foka, A.J., Lontchi-Yimagou, E., Nkeck, J.R. and Bigna, J.J. (2025) 'Worldwide trends in metabolic syndrome from 2000 to 2023: a systematic review and modelling analysis', Nature Communications. doi: 10.1038/s41467-025-67268-5

Okorodudu, D.O., Jumean, M.F., Montori, V.M., Romero-Corral, A., Somers, V.K., Erwin, P.J. and Lopez-Jimenez, F. (2010) 'Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity: a systematic review and meta-analysis', International Journal of Obesity, 34(5), pp. 791-799. doi: 10.1038/ijo.2010.5

Patel, A.V., Faw, K., Rees-Punia, E., Heltemes, B., Bodelon, C., Peoples, A., McCullough, L.E. and Teras, L.R. (2025) 'Is waist to height ratio better at assessing cause-specific mortality risk than body mass index or waist circumference? A prospective analysis in a large U.S.-based cohort', PLoS ONE, 20(8), e0328760. doi: 10.1371/journal.pone.0328760

Reyes-Ferrada, W., Solis-Urra, P., Plaza-Diaz, J., Sadarangani, K.P., de Moraes Ferrari, G.L., Rodriguez-Rodriguez, F. and Cristi-Montero, C. (2020) 'Cardiorespiratory fitness, physical activity, sedentary time and its association with the atherogenic index of plasma in Chilean adults: influence of the waist-to-height ratio', Nutrients, 12(5), 1250. doi: 10.3390/nu12051250

Sadeghi, M., Heshmat-Ghahdarijani, K., Talaei, M., Safaei, A., Sarrafzadegan, N. and Roohafza, H. (2021) 'The predictive value of atherogenic index of plasma in the prediction of cardiovascular events: a fifteen-year cohort study', Advances in Medical Sciences, 66(2), pp. 418-423. doi: 10.1016/j.advms.2021.09.003

Sigit, F.S., Tahapary, D.L., Trompet, S., Sartono, E., Willems van Dijk, K., Rosendaal, F.R. and de Mutsert, R. (2020) 'The prevalence of metabolic syndrome and its association with body fat distribution in middle-aged individuals from Indonesia and the Netherlands', Diabetology & Metabolic Syndrome, 12, 2. doi: 10.1186/s13098-019-0503-1

Taouk, Y., Spittal, M.J., Milner, A.J. and LaMontagne, A.D. (2020) 'All-cause mortality and the time-varying effects of psychosocial work stressors: A retrospective cohort study using the HILDA survey', Social Science & Medicine, 266, 113452. doi: 10.1016/j.socscimed.2019.113452

Wang, X., Wen, P., Liao, Y., Wu, T., Zeng, L., Huang, Y., Song, X., Xiong, Z., Deng, L., Li, D. and Miao, S. (2025) 'Association of atherogenic index of plasma and its modified indices with stroke risk in individuals with cardiovascular-kidney-metabolic syndrome stages 0-3: a longitudinal analysis based on CHARLS', Cardiovascular Diabetology, 24, 254. doi: 10.1186/s12933-025-02784-8

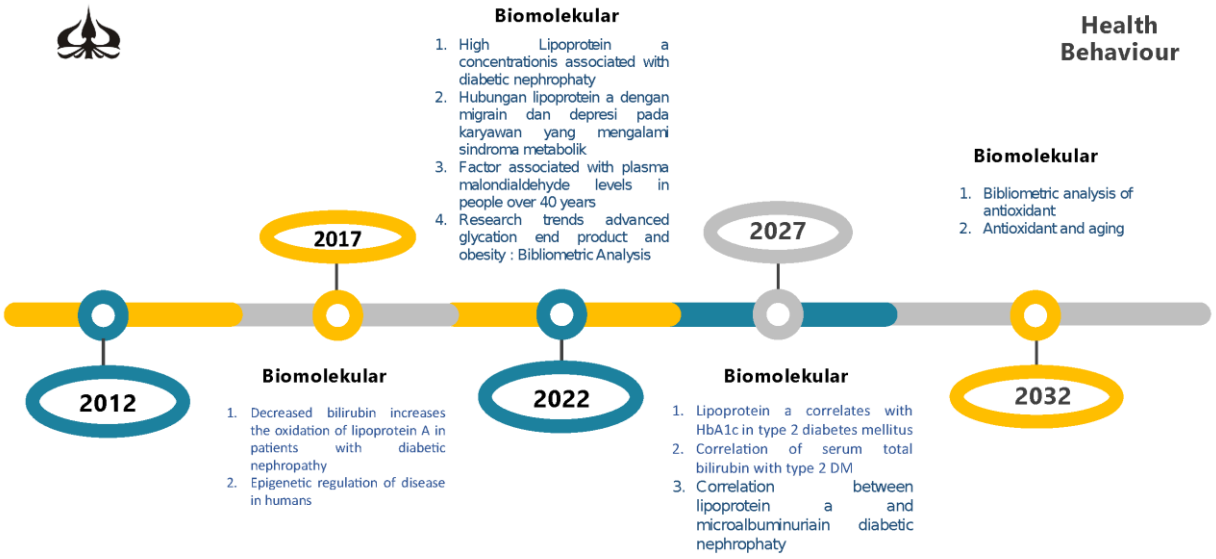
Wang, Z.M., Pierson, R.N. and Heymsfield, S.B. (1992) 'The five-level model: a new approach to organizing body-composition research', American Journal of Clinical Nutrition, 56(1), pp. 19-28. doi: 10.1093/ajcn/56.1.19

World Health Organization (2023) Cardiovascular diseases (CVDs) - fact sheet. Geneva: World Health Organization.

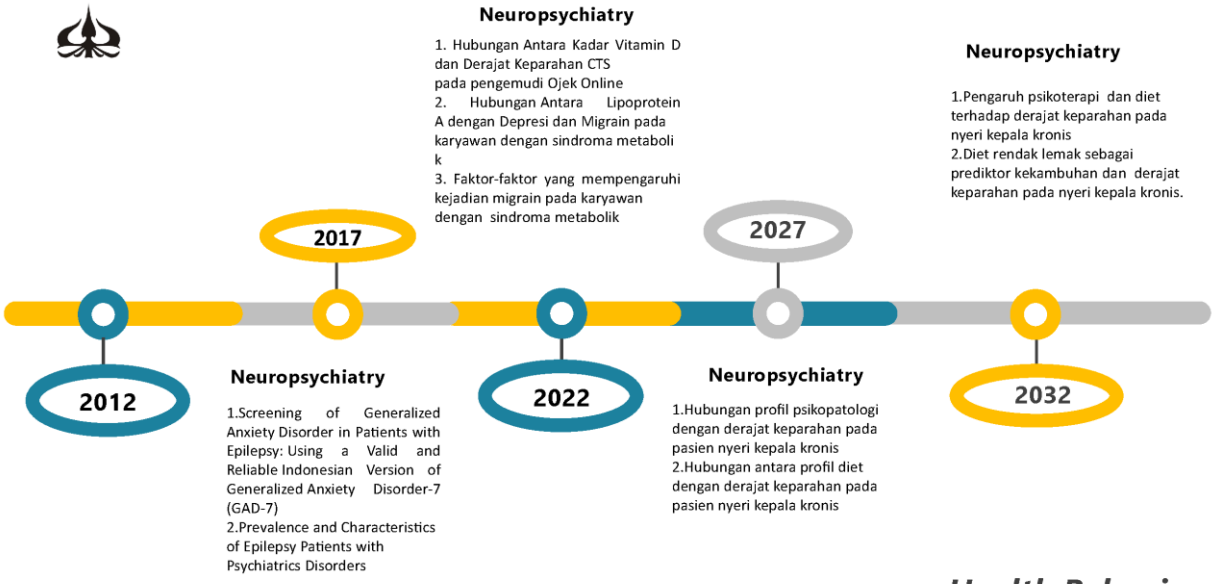
Zheng, G., Jin, J., Wang, F., Zheng, Q., Shao, J. and Yao, J. (2025) 'Association between atherogenic index of plasma and future risk of cardiovascular disease in individuals with cardiovascular-kidney-metabolic syndrome stages 0-3: a nationwide prospective cohort study', Cardiovascular Diabetology, 24, 22. doi: 10.1186/s12933-025-02589-9

LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN



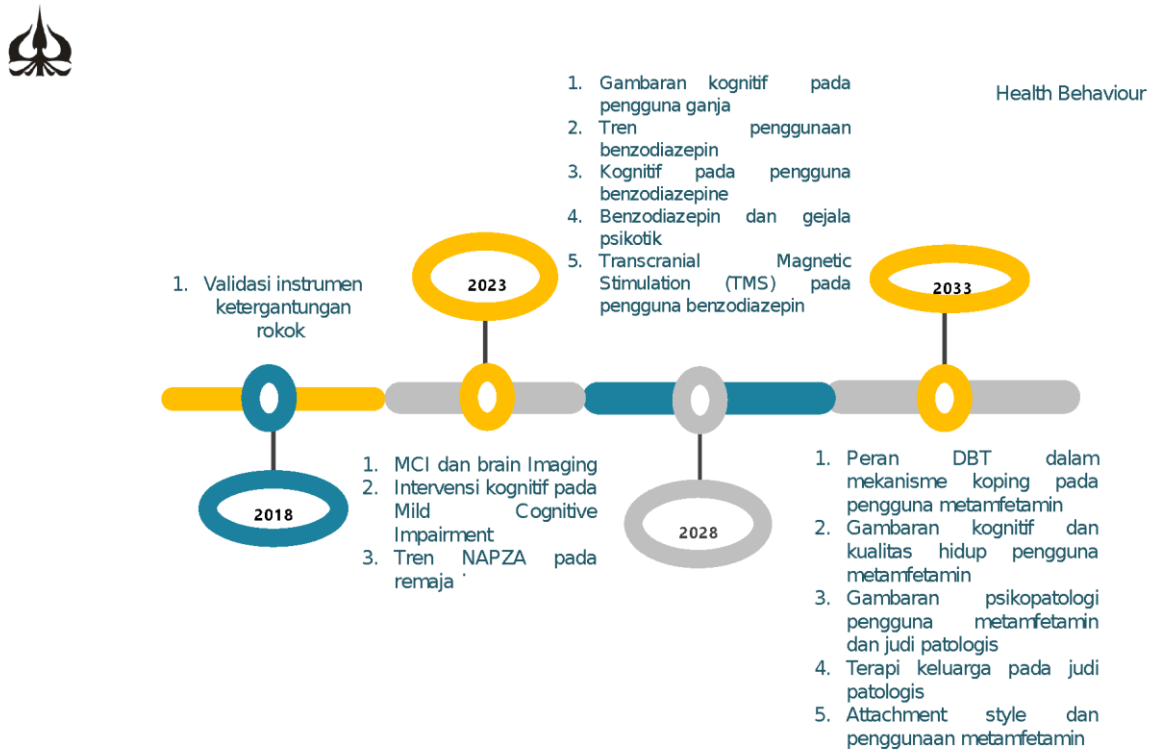


RESEARCH ROAD MAP
Meutia Atika Faradilla, 3843, 0314108607



RESEARCH ROAD MAP

Andira Larasari, 3840, 0303068601



ROAD MAP PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT

<*Daniella Satyasari*>, <*3844*>, <*0305058905*>

LAMPIRAN 2. SURAT KESEDIAAN BERKOMITMEN

SURAT PERNYATAAN BERKOMITMEN
PELAKSANAAN PENELITIAN TH. AKAD. 2025/2026

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama	: dr. Karina Shasri Anastasya, M.Kes, FINEM
NIK/NIDN/NIDK	: 3830 / 0320068803
Judul Penelitian	: HUBUNGAN WAIST-TO-HEIGHT RATIO DENGAN PROFIL METABOLIC STRESS BERDASARKAN ATHEROGENIC INDEX OF PLASMA DAN KOMPOSISI LEMAK TUBUH PADA PEKERJA SAPU LAPANGAN DI JAKARTA BARAT
No. rekening BNI	: 2006888802

Menyatakan

Bersedia/Berkomitmen

untuk menyusun dan menyerahkan Laporan Kegiatan Penelitian dengan Luaran sebagai berikut:

1. Hak Kekayaan Intelektual - Hak Cipta
2. Artikel/Publikasi Ilmiah - Jurnal Nasional Terakreditasi Sinta
3. Bahan Ajar - Materi Paparan Format Powerpoint

Demikian, pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya dengan penuh tanggung jawab.

Jakarta, 11 Juli 2026

Mengetahui
KPH DRPM Fakultas

(Dr.dr.Meiyanti,Sp.F.K.)

Yang menyatakan
Ketua Peneliti

(dr. Karina Shasri Anastasya, M.Kes, FINEM)