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 5
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN 14
BAB 4. JADWAL PENELITIAN..... 18
BAB 5. RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)..... 19
DAFTAR PUSTAKA 20
LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN 24
LAMPIRAN 2. SURAT KESEDIAAN BERKOMITMEN 26

RINGKASAN PROPOSAL

Pekerja Prasarana dan Sarana Umum (PPSU) merupakan kelompok pekerja sektor publik yang memegang peranan penting dalam pemeliharaan kebersihan dan infrastruktur lingkungan kota. Deteksi dini risiko kebugaran dan metabolik pada pekerja umumnya terkendala oleh tingginya biaya pengujian laboratorium konvensional. Oleh karena itu, diperlukan sebuah prediktor non-invasif, objektif, fungsional, dan praktis yang dapat dilakukan di lapangan. Tujuannya untuk menilai hubungan kekuatan otot ekstremitas bawah sebagai prediktor kapasitas kardiorespirasi dan risiko kardiometabolik. Penelitian ini menggunakan data kuantitatif dari 100 responden pekerja pasukan pelangi dengan desain cross-sectional. Pengukuran variabel independen yaitu kekuatan otot kuadrisep dan hamstring menggunakan *handheld dynamometer*. Pengukuran variabel dependen kapasitas kardiorespirasi dengan pendekatan *Queen's College Step Test* (QCST) untuk dikonversi menjadi VO_2 max (L/kg/min). Pengukuran variabel dependen risiko kardiometabolik adalah indeks massa tubuh (IMT), lingkar pinggang, tekanan darah, dan profil lipid. Pada data dilakukan analisis univariat untuk melihat distribusi frekuensi, rata-rata, dan standar deviasi dari setiap variabel. Analisis bivariat dengan uji korelasi (Pearson atau Spearman) untuk melihat hubungan antar variabel. Analisis multivariat dengan regresi linear berganda atau regresi logistik untuk melihat seberapa besar kekuatan otot kaki mampu memprediksi variasi nilai VO_2 max dan risiko kardiometabolik. Topik roadmap penelitian ketua dan anggota peneliti sesuai dengan topik kardiovaskular, juga terkait dengan roadmap penelitian fakultas yaitu perilaku kesehatan untuk mendapatkan *healthy life*. Mitra dengan Kecamatan Cengkareng. Luaran yang direncanakan adalah HKI dan publikasi di jurnal nasional terakreditasi.

Kata Kunci :
Pekerja pasukan pelangi, kekuatan otot ekstremitas bawah, kapasitas kardiorespirasi, risiko kardiometabolik.

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pekerja lapangan dalam hal ini adalah Pekerja Prasarana dan Sarana Umum (PPSU) merupakan kelompok pekerja sektor publik yang memegang peranan krusial dalam pemeliharaan kebersihan dan infrastruktur lingkungan kota. Tuntutan pekerjaan lapangan didominasi oleh aktivitas fisik dengan intensitas sedang hingga berat secara monoton, seperti menyapu jalan, mengangkut sampah, membabat rumput, hingga membersihkan saluran air (Dinas Lingkungan Hidup, 2024). Pola kerja ini membutuhkan keterlibatan aktif dari sistem muskuloskeletal, terutama kapasitas fungsional ekstremitas bawah. Otot-otot ekstremitas bawah, seperti kuadrisep femoris dan hamstring, menjadi motor utama dalam mendukung biomekanika berjalan jauh, menanjak, berjongkok, serta mengangkat beban berat fungsional setiap harinya (Neumann, 2016).

Secara teoritis, tuntutan aktivitas fisik yang tinggi di tempat kerja diasumsikan dapat meningkatkan kebugaran jasmani pekerja. Namun, literatur terkini menunjukkan fenomena sebaliknya yang dikenal sebagai *physical activity paradox*. Fenomena ini menjelaskan bahwa aktivitas fisik di tempat kerja (*occupational physical activity*) tidak memberikan efek proteksi kardiovaskular yang sama dengan aktivitas fisik waktu luang (leisure-time physical activity) (Holtermann et al., 2018) (Coenen, 2020). Pekerja lapangan dengan beban kerja fisik berat kerap mengalami kelelahan kronis dan inflamasi sistemik tingkat rendah akibat waktu pemulihan yang tidak adekuat. Kondisi ini menempatkan mereka pada risiko penurunan kapasitas kardiorespirasi (VO_2 max) dan peningkatan kerentanan terhadap gangguan kardiometabolik (Coenen et al., 2020).

Kapasitas kardiorespirasi yang direpresentasikan oleh VO_2 max merupakan indikator emas kesehatan jantung dan paru-paru. Penurunan VO_2 max tidak hanya menurunkan produktivitas dan mempercepat kelelahan kerja (occupational fatigue), tetapi juga berkaitan erat dengan akumulasi faktor risiko kardiometabolik (Ross et al., 2016). Risiko kardiometabolik merupakan manifestasi awal dari penyakit tidak menular (PTM) seperti penyakit jantung koroner, stroke, dan diabetes melitus tipe 2, yang ditandai oleh peningkatan Indeks Massa Tubuh (IMT), obesitas sentral (lingkar pinggang), dan tekanan darah tinggi (sistolik/diastolik) (World Health Organization (WHO, 2020). Pada pekerja PPSU, kombinasi antara pola makan yang kurang terkontrol, kebiasaan merokok untuk mengusir penat, dan kelelahan kronis menjadi katalisator meningkatnya prevalensi sindrom kardiometabolik.

Deteksi dini risiko kebugaran dan metabolik pada pekerja lapangan umumnya terkendala oleh tingginya biaya pengujian laboratorium konvensional. Oleh karena itu, diperlukan sebuah prediktor non-invasif, objektif, fungsional, dan praktis yang dapat dilakukan di lapangan. Penelitian dalam bidang kedokteran olahraga dan kesehatan kerja mulai mengarah pada kekuatan otot skeletal sebagai penanda kesehatan sistemik. Otot ekstremitas bawah, sebagai kelompok otot terbesar di tubuh manusia, memegang peranan penting dalam metabolisme glukosa dan regulasi hemodinamik tubuh. Penurunan kekuatan otot kaki mencerminkan penurunan massa otot fungsional yang berkorelasi langsung dengan penurunan kapasitas oksidatif mitokondria, yang pada akhirnya memicu penurunan VO_2 max serta peningkatan resistensi insulin dan tekanan darah (sindrom kardiometabolik). (ShangGuan Y, 2025)

Meskipun hubungan antara kekuatan otot dan risiko kesehatan telah banyak diteliti pada populasi lansia (sarcopenia) atau pasien klinis, investigasi mengenai kapasitas prediktif kekuatan otot ekstremitas bawah yang diukur secara objektif menggunakan *Handheld Dynamometry* (HHD) terhadap kapasitas kardiorespirasi mengunakan *step test*. (Lipovsek T, 2022) dan risiko kardiometabolik non-invasif pada populasi pekerja lapangan aktif seperti PPSU masih sangat terbatas. Penelitian yang ada lebih banyak berfokus pada aspek ergonomi dan cedera akibat kerja (K3).

Mengingat pentingnya menjaga kesehatan dan produktivitas pekerja PPSU sebagai aset pelayanan publik, penelitian ini krusial untuk dilakukan. Melalui pendekatan prediktif ini, kekuatan

otot ekstremitas bawah diharapkan dapat divalidasi sebagai instrumen skrining awal yang efisien. Berdasarkan pro dan kontra penelitian tersebut, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul "Kekuatan Otot Ekstremitas Bawah sebagai Prediktor Kapasitas Kardiorespirasi dan Risiko Kardiometabolik pada Pekerja Lapangan".

1.2. Perumusan Masalah

1. Apakah kekuatan otot ekstremitas bawah dapat menjadi prediktor kapasitas kardiorespirasi pada pekerja lapangan?
2. Apakah kekuatan otot ekstremitas bawah dapat menjadi prediktor risiko kardiometabolik pada pekerja lapangan?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan umum:
Menganalisis kekuatan otot ekstremitas bawah sebagai prediktor kapasitas kardiorespirasi dan risiko kardiometabolik pada pekerja lapangan.

Tujuan khusus:

1. Menganalisis hubungan kekuatan isometrik otot kuadrisep dan hamstring dengan kapasitas kardiorespirasi.
2. Menganalisis hubungan kekuatan otot ekstremitas bawah dengan indeks massa tubuh.
3. Menganalisis hubungan kekuatan otot ekstremitas bawah dengan lingkar pinggang.
4. Menganalisis hubungan kekuatan otot ekstremitas bawah dengan tekanan darah.
5. Menganalisis hubungan kekuatan otot ekstremitas bawah dengan profil lipid.

1.4. Batasan Penelitian

Penelitian ini dibatasi pada pekerja lapangan aktif di wilayah Kecamatan Cengkareng dengan masa kerja 1 tahun. Kapasitas kardiorespirasi tidak diukur secara laboratorium melainkan diestimasi melalui nilai VO_2 max hasil *Queen's College Step Test* (QCST) 3 menit, sedangkan risiko kardiometabolik dibatasi pada indikator fisik fungsional non-invasif berupa Indeks Massa Tubuh (IMT), lingkar pinggang, tekanan darah, dan pemeriksaan laboratorium profil lipid. Faktor pengganggu sesaat seperti konsumsi kafein, rokok, dan kelelahan akut dikendalikan melalui prosedur istirahat terstandardisasi pra-tes, meskipun faktor genetik, pola tidur, dan asupan nutrisi harian subjek berada di luar kendali peneliti.

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

Penelitian ini sesuai dengan *Road Map* penelitian pribadi peneliti. Penelitian ini juga berkaitan erat dengan *Road Map* Penelitian Fakultas dimana salah satu *concern*nya adalah memperbaiki perilaku kesehatan untuk mendapatkan *Healthy Life*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 **Karakteristik Pekerjaan pada Pekerja Lapangan (PPSU)**

Pekerja Prasarana dan Sarana Umum (PPSU) merupakan tenaga operasional yang bertugas menjaga kebersihan, memelihara fasilitas umum, merawat ruang terbuka hijau, serta melaksanakan berbagai pekerjaan lapangan lainnya untuk mendukung pelayanan publik. Aktivitas kerja mereka didominasi oleh pekerjaan fisik seperti berjalan dalam jarak yang cukup jauh, berdiri dalam waktu lama, mengangkat dan memindahkan beban, mendorong atau menarik peralatan, serta membungkuk dan jongkok secara berulang. Pekerjaan umumnya dilakukan di luar ruangan sehingga pekerja terpapar berbagai faktor lingkungan seperti suhu tinggi, kelembapan, radiasi sinar matahari, dan polusi udara, yang dapat meningkatkan beban fisiologis selama bekerja.

Karakteristik pekerjaan tersebut menuntut kondisi fisik yang baik, terutama kekuatan otot ekstremitas bawah dan kapasitas kardiorespirasi yang memadai. Otot kuadrisep dan hamstring berperan penting dalam menopang berat badan, mempertahankan stabilitas sendi lutut, serta menghasilkan gaya selama aktivitas kerja. Sistem kardiorespirasi berfungsi memenuhi kebutuhan oksigen jaringan selama aktivitas fisik yang berlangsung terus-menerus, di sini juga berperan fungsi metabolik. Apabila kapasitas fisik pekerja tidak memadai, kondisi tersebut dapat menyebabkan kelelahan yang lebih cepat, penurunan produktivitas, peningkatan risiko cedera muskuloskeletal, serta berkontribusi terhadap meningkatnya faktor risiko kardiovaskular. Oleh karena itu, penilaian kekuatan otot ekstremitas bawah dan kapasitas kardiorespirasi serta kondisi metabolic menjadi penting sebagai bagian dari evaluasi kesehatan fisik pada pekerja.

2.1 **Kekuatan Otot Ekstremitas Bawah**

2.1.1 Definisi dan Peran Kekuatan Otot

Kekuatan otot merupakan kemampuan otot atau kelompok otot untuk menghasilkan gaya atau tegangan maksimal terhadap suatu tahanan dalam satu kali kontraksi (Riebe et al., 2018). Kekuatan otot merupakan salah satu komponen utama kebugaran jasmani yang berperan penting dalam mempertahankan kemampuan fungsional, mobilitas, keseimbangan, serta performa aktivitas sehari-hari (Riebe et al., 2018). Pada populasi dewasa, kekuatan otot tidak lagi dipandang hanya sebagai indikator fungsi sistem muskuloskeletal, tetapi juga sebagai biomarker kesehatan secara keseluruhan karena berhubungan erat dengan kapasitas kardiorespirasi, status metabolik, kualitas hidup, serta risiko morbiditas dan mortalitas akibat penyakit kronis (Garcia-Hermoso et al., 2018).

Ekstremitas bawah merupakan bagian tubuh yang berfungsi menopang berat badan dan menghasilkan gaya mekanik selama aktivitas seperti berdiri, berjalan, berlari, menaiki tangga, mengangkat beban, maupun mempertahankan keseimbangan tubuh (Neumann, 2016). Fungsi tersebut terutama didukung oleh kelompok otot besar, yaitu otot kuadrisep, hamstring, gluteal, gastroknemius, dan soleus (Standring, 2020). Di antara kelompok otot tersebut, kuadrisep dan hamstring memiliki kontribusi terbesar terhadap stabilitas sendi lutut dan kemampuan menghasilkan gaya selama aktivitas fungsional (Neumann, 2016). Oleh karena itu, kekuatan otot ekstremitas bawah sering digunakan sebagai indikator kemampuan fungsional seseorang pada populasi dewasa (Beaudart et al., 2019).

Secara fisiologis, kekuatan otot dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain luas penampang melintang otot (*physiological cross-sectional area*), jumlah dan tipe serabut otot, aktivasi neuromuskular, koordinasi motorik, usia, jenis kelamin, status hormonal, status gizi, serta tingkat aktivitas fisik (Maffiuletti et al., 2016). Individu yang aktif secara fisik cenderung memiliki kekuatan otot yang lebih tinggi dibandingkan individu yang sedentari (Bull et al., 2020). Sebaliknya, proses penuaan, inaktivitas, malnutrisi, dan penyakit kronis dapat menyebabkan penurunan massa dan fungsi otot yang berdampak pada menurunnya kapasitas fungsional dan meningkatnya risiko gangguan

kesehatan (Cruz-Jentoft et al., 2019). Penurunan kekuatan otot bahkan dapat terjadi lebih cepat dibandingkan penurunan massa otot, sehingga evaluasi kekuatan otot dianggap lebih sensitif dalam menggambarkan fungsi neuromuskular dibandingkan pengukuran massa otot semata (Wilkinson et al., 2018).

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian menunjukkan bahwa kekuatan otot ekstremitas bawah memiliki hubungan erat dengan kebugaran fisik dan kesehatan metabolik. Individu dengan kekuatan otot tungkai yang rendah cenderung memiliki kapasitas kardiorespirasi yang lebih rendah, toleransi aktivitas yang buruk, serta risiko lebih tinggi mengalami sindrom metabolik, hipertensi, diabetes melitus tipe 2, dan penyakit kardiovaskular (Lopez-Jaramillo et al., 2023). Hal ini dapat dijelaskan melalui peran otot rangka sebagai organ metabolik terbesar dalam tubuh, yang berfungsi sebagai tempat utama pengambilan glukosa yang dimediasi insulin, oksidasi asam lemak, penyimpanan glikogen, serta produksi berbagai myokines yang berperan dalam regulasi inflamasi dan fungsi vaskular (Severinsen & Pedersen, 2020). Dengan demikian, penurunan kekuatan otot tidak hanya mencerminkan gangguan fungsi muskuloskeletal, tetapi juga menggambarkan perubahan fisiologis yang berkaitan dengan kesehatan kardiometabolik (Lopez-Jaramillo et al., 2023).

Pada populasi pekerja, khususnya PPSU, kekuatan otot ekstremitas bawah memiliki peranan yang sangat penting dalam menunjang kemampuan kerja. Aktivitas seperti berjalan jarak jauh, mengangkat dan memindahkan beban, mendorong atau menarik peralatan, serta bekerja dalam posisi berdiri lama memerlukan fungsi optimal otot-otot ekstremitas bawah. Penurunan kekuatan otot dapat menyebabkan berkurangnya kapasitas kerja, meningkatnya kelelahan, menurunnya produktivitas, dan meningkatnya risiko cedera akibat kerja (Bentley et al., 2023). Oleh karena itu, penilaian kekuatan otot ekstremitas bawah dapat menjadi salah satu metode sederhana untuk mengevaluasi kesiapan fisik maupun kondisi kesehatan pekerja (Buckner et al., 2020).

Selain berkaitan dengan performa kerja, kekuatan otot ekstremitas bawah juga mulai dipandang sebagai indikator kesehatan kardiovaskular. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa individu dengan kekuatan otot yang lebih tinggi memiliki kapasitas kardiorespirasi yang lebih baik dan profil faktor risiko kardiovaskular yang lebih menguntungkan dibandingkan individu dengan kekuatan otot rendah (Lopez-Jaramillo et al., 2023). Kombinasi antara kapasitas kardiorespirasi yang baik dan kekuatan otot tungkai yang tinggi diketahui berhubungan dengan prevalensi sindrom metabolik yang lebih rendah, profil tekanan darah yang lebih baik, serta penurunan risiko penyakit kardiovaskular (Fraser et al., 2022). Temuan ini menunjukkan bahwa evaluasi kekuatan otot ekstremitas bawah dapat digunakan sebagai bagian dari skrining kesehatan yang non-invasif dan mudah diterapkan di lapangan (Lopez-Jaramillo et al., 2023).

2.2 Kekuatan Isometrik Otot Kuadrisep dan Otot Hamstring

2.2.1 Anatomi dan Fungsi Otot

Otot kuadrisep femoris merupakan kelompok otot terbesar pada kompartemen anterior paha yang terdiri atas rectus femoris, vastus lateralis, vastus medialis, dan vastus intermedius (Standring, 2020). Keempat otot tersebut berinsersi pada patela melalui tendon kuadrisep dan berlanjut sebagai ligamentum patellae menuju tuberositas tibiae (Neumann, 2016). Fungsi utama otot kuadrisep adalah melakukan ekstensi sendi lutut, sedangkan rectus femoris juga berperan dalam fleksi sendi panggul karena melintasi dua sendi. Sebagai kelompok otot utama penopang tubuh, kuadrisep berperan penting dalam mempertahankan postur, menyerap beban saat berdiri dan berjalan, serta menghasilkan gaya selama aktivitas seperti menaiki tangga, berlari, melompat, dan mengangkat beban (Neumann, 2016).

Kelompok otot hamstring terletak pada kompartemen posterior paha dan terdiri atas biceps femoris, semitendinosus, dan semimembranosus (Standring, 2020). Otot-otot tersebut berasal dari tuber ischiadicum dan berinsersi pada tibia maupun fibula (Neumann, 2016). Hamstring berfungsi sebagai fleksor utama sendi lutut dan ekstensor sendi panggul, serta berperan dalam mengontrol perlambatan

gerakan tungkai selama berjalan dan berlari. Bersama kuadrisep, hamstring bekerja secara sinergis dan antagonis untuk menjaga stabilitas sendi lutut, mendistribusikan beban mekanik, serta menghasilkan pola gerakan yang efisien (Standring, 2020). Keseimbangan kekuatan antara kedua kelompok otot ini penting dalam mempertahankan fungsi ekstremitas bawah dan mencegah cedera muskuloskeletal (Standring, 2020).

2.2.2 Definisi dan Mekanisme Kontraksi Isometrik

Kontraksi isometrik merupakan jenis kontraksi otot yang menghasilkan tegangan tanpa disertai perubahan panjang serabut otot maupun pergerakan sendi yang bermakna (Maffiuletti et al, 2016)[14]. Pada kontraksi ini, gaya yang dihasilkan otot sama besar dengan tahanan yang diberikan sehingga posisi sendi tetap dipertahankan. Meskipun tidak terjadi gerakan, kontraksi isometrik tetap melibatkan aktivasi unit motorik dan pembentukan jembatan silang (*cross-bridge cycling*) antara filamen aktin dan miosin yang menghasilkan gaya kontraksi (Allen et al, 2024)[29].

Kemampuan menghasilkan gaya selama kontraksi isometrik dipengaruhi oleh rekrutmen unit motorik, frekuensi impuls saraf, sinkronisasi aktivasi serabut otot, serta luas penampang fisiologis otot. Semakin banyak unit motorik dan semakin baik koordinasi neuromuskular, semakin besar gaya isometrik yang dapat dihasilkan. Karena tidak dipengaruhi oleh kecepatan gerakan, pengukuran isometrik dianggap lebih stabil dan memiliki reliabilitas yang tinggi dibandingkan beberapa metode pengukuran dinamis (Maffiuletti et al, 2016)[14]. Oleh karena itu, kontraksi isometrik banyak digunakan dalam penelitian untuk mengevaluasi kekuatan maksimal otot secara objektif (Buckner et al., 2019)[23].

2.2.3 Faktor-Faktor yang Memengaruhi Kekuatan Otot

Kekuatan otot merupakan hasil interaksi berbagai faktor anatomi, fisiologi, dan lingkungan (Maffiuletti et al., 2016). Faktor anatomis yang paling berpengaruh adalah luas penampang fisiologis otot, panjang serabut otot, dan kualitas jaringan otot (Ruas et al., 2024). Individu dengan massa otot yang lebih besar umumnya mampu menghasilkan gaya yang lebih tinggi (Wilkinson et al., 2018). Selain itu, komposisi serabut otot turut memengaruhi kemampuan menghasilkan gaya, di mana serabut tipe II (*fast-twitch fibers*) memiliki kemampuan menghasilkan gaya yang lebih besar dibandingkan serabut tipe I (*slow-twitch fibers*).

Faktor neuromuskular juga berperan penting dalam menentukan kekuatan otot, termasuk jumlah unit motorik yang direkrut, sinkronisasi aktivasi unit motorik, serta efisiensi transmisi impuls saraf (Ruas et al., 2024). Faktor individu seperti usia, jenis kelamin, status hormonal, status gizi, tingkat aktivitas fisik, dan kebiasaan olahraga turut memengaruhi kekuatan otot (Bull et al., 2020). Penuaan menyebabkan penurunan massa otot (sarkopenia), berkurangnya jumlah unit motorik, serta menurunnya fungsi neuromuskular sehingga kekuatan otot menurun secara progresif (Cruz-Jentoft et al., 2019). Sebaliknya, latihan resistensi yang dilakukan secara teratur dapat meningkatkan hipertrofi otot, memperbaiki koordinasi neuromuskular, dan meningkatkan kekuatan isometrik (Hughes et al., 2018).

Selain faktor intrinsik, penyakit kronis seperti obesitas, diabetes melitus, penyakit kardiovaskular, dan gangguan muskuloskeletal dapat memengaruhi kekuatan otot melalui mekanisme inflamasi kronis, resistensi insulin, penurunan aktivitas fisik, dan gangguan metabolisme energi. Oleh karena itu, kekuatan otot tidak hanya mencerminkan fungsi sistem muskuloskeletal, tetapi juga dapat menjadi indikator status kesehatan secara umum (Severinsen & Pedersen, 2020; Aminuddin et al., 2021).

2.2.4 Pengukuran Kekuatan Otot Menggunakan Handheld Dynamometer

Pengukuran kekuatan otot dapat dilakukan menggunakan beberapa metode, antara lain *manual muscle testing*, *one repetition maximum* (1RM), *isokinetic dynamometer*, dan *handheld dynamometer* (HHD)

(Stark et al., 2011; Chamorro et al., 2017). Di antara berbagai metode tersebut, HHD banyak digunakan dalam penelitian maupun praktik klinis karena bersifat portabel, mudah dioperasikan, relatif ekonomis, serta memiliki validitas dan reliabilitas yang baik untuk mengukur kekuatan isometrik otot ekstremitas bawah (Jackson et al., 2017).

Pada pengukuran kekuatan isometrik otot kuadrisep, responden berada dalam posisi duduk dengan fleksi lutut sekitar 90°, sedangkan alat ditempatkan pada bagian anterior distal tungkai, tepat di atas maleolus (Lipovsek et al., 2022). Responden kemudian diminta melakukan ekstensi lutut maksimal selama 3–5 detik melawan tahanan yang diberikan oleh alat. Untuk pengukuran hamstring, responden berada dalam posisi duduk atau tengkurap dengan lutut dalam posisi fleksi sekitar 30–90°, kemudian diminta melakukan fleksi lutut maksimal melawan tahanan alat yang ditempatkan pada bagian posterior distal tungkai (Ruas et al., 2024). Setiap pengukuran umumnya dilakukan sebanyak tiga kali dengan interval istirahat 30–60 detik untuk mengurangi efek kelelahan, kemudian digunakan nilai rata-rata atau nilai tertinggi sebagai hasil pengukuran (Lipovsek et al., 2022).

HHD menggunakan prinsip pengukuran gaya sehingga hasil dinyatakan dalam satuan Newton (N), kilogram-force (kgf), atau pound-force (lbf), tergantung spesifikasi alat (Bohannon, 2012). Agar hasil pengukuran dapat dibandingkan antarindividu, beberapa penelitian juga menormalkan nilai kekuatan terhadap berat badan (N/kg atau kgf/kg) (Buckner et al., 2019). Dibandingkan dengan isokinetic dynamometer, HHD memiliki keunggulan berupa kemudahan penggunaan di lapangan, waktu pemeriksaan yang singkat, serta biaya yang lebih rendah, sehingga sangat sesuai untuk penelitian epidemiologi dan kesehatan kerja dengan jumlah responden yang relatif besar.

Pada penelitian ini, kekuatan isometrik otot kuadrisep dan hamstring dipilih sebagai variabel independen karena kedua kelompok otot tersebut merupakan penggerak utama ekstremitas bawah yang paling banyak digunakan selama aktivitas kerja pekerja PPSU. Pengukuran kedua kelompok otot secara bersamaan diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai fungsi neuromuskular ekstremitas bawah dibandingkan hanya mengukur satu kelompok otot saja (Lipovsek et al., 2022).

2.3 Kapasitas Kardiorespirasi

2.3.1 Definisi Kapasitas Kardiorespirasi

Kapasitas kardiorespirasi (*cardiorespiratory fitness*, CRF) merupakan kemampuan sistem kardiovaskular, respirasi, dan muskuloskeletal untuk mengangkut, mendistribusikan, serta memanfaatkan oksigen secara efisien selama aktivitas fisik yang melibatkan kelompok otot besar dalam waktu yang relatif lama. Kapasitas kardiorespirasi mencerminkan integrasi fungsi jantung, paru-paru, pembuluh darah, darah, dan otot rangka dalam memenuhi kebutuhan metabolik tubuh selama aktivitas aerobik. Oleh karena itu, CRF dianggap sebagai salah satu komponen utama kebugaran jasmani yang berhubungan erat dengan kemampuan fungsional, produktivitas kerja, kualitas hidup, dan status kesehatan seseorang.

Dalam beberapa dekade terakhir, kapasitas kardiorespirasi tidak hanya dipandang sebagai indikator kebugaran, tetapi juga sebagai prediktor independen terhadap morbiditas dan mortalitas akibat penyakit kardiovaskular maupun penyebab lainnya. Individu dengan kapasitas kardiorespirasi yang rendah memiliki risiko lebih tinggi mengalami hipertensi, diabetes melitus tipe 2, obesitas, sindrom metabolik, penyakit jantung koroner, dan kematian dini dibandingkan individu dengan kapasitas kardiorespirasi yang baik. Karena hubungannya yang konsisten dengan berbagai luaran kesehatan, kapasitas kardiorespirasi kini direkomendasikan sebagai salah satu indikator penting dalam penilaian kesehatan pada populasi dewasa.

2.3.2 Fisiologi Sistem Kardiorespirasi

Kapasitas kardiorespirasi merupakan hasil interaksi berbagai sistem fisiologis yang bekerja secara terpadu selama aktivitas fisik. Saat aktivitas meningkat, kebutuhan energi otot rangka meningkat sehingga konsumsi oksigen turut bertambah. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut, sistem respirasi meningkatkan ventilasi paru melalui peningkatan frekuensi dan volume napas sehingga lebih banyak oksigen mencapai alveolus. Oksigen kemudian berdifusi ke dalam kapiler paru, berikatan dengan hemoglobin, dan diangkut menuju jaringan melalui sistem sirkulasi.

Sistem kardiovaskular berperan meningkatkan curah jantung (*cardiac output*) melalui peningkatan frekuensi denyut jantung dan volume sekuncup (*stroke volume*). Curah jantung yang meningkat memungkinkan distribusi oksigen ke jaringan otot berlangsung lebih efektif. Di tingkat perifer, otot rangka menggunakan oksigen di dalam mitokondria untuk menghasilkan adenosin trifosfat (ATP) melalui fosforilasi oksidatif. Adaptasi terhadap latihan aerobik meningkatkan densitas kapiler, jumlah mitokondria, aktivitas enzim oksidatif, dan efisiensi ekstraksi oksigen oleh jaringan sehingga kapasitas kardiorespirasi meningkat.

2.3.3 VO2max sebagai Baku Emas Penilaian Kapasitas Kardiorespirasi

Kapasitas kardiorespirasi paling sering dinyatakan sebagai konsumsi oksigen maksimal (VO2max), yaitu jumlah oksigen maksimum yang dapat digunakan tubuh selama aktivitas fisik maksimal. VO2max umumnya dinyatakan dalam mL/kgBB/menit dan dianggap sebagai baku emas (gold standard) untuk menilai kebugaran kardiorespirasi. Pengukuran VO2max secara langsung dilakukan menggunakan *cardiopulmonary exercise testing* (CPET) dengan analisis gas respirasi selama latihan maksimal di atas treadmill atau cycle ergometer. Pemeriksaan ini memberikan hasil yang sangat akurat, namun memerlukan peralatan khusus, biaya tinggi, tenaga terlatih, serta laboratorium yang memadai, sehingga penggunaannya lebih banyak terbatas pada rumah sakit, pusat kebugaran olahraga, dan penelitian eksperimental.

Karena keterbatasan tersebut, berbagai metode estimasi VO2max dikembangkan untuk penelitian lapangan. Meskipun hasilnya tidak seakurat pengukuran langsung, metode estimasi memiliki validitas yang baik untuk skrining populasi dan penelitian epidemiologi apabila dilakukan sesuai prosedur yang terstandar. *Queen's College Step Test* (QCST) merupakan salah satu tes kebugaran submaksimal yang dikembangkan untuk memperkirakan kapasitas kardiorespirasi berdasarkan respons denyut jantung setelah aktivitas naik-turun bangku selama tiga menit. Tes dilakukan menggunakan bangku setinggi 16,25 inci (41,3 cm); irama langkah ditentukan menggunakan metronom, yaitu 24 siklus/menit (96 ketukan/menit) pada laki-laki dan 22 siklus/menit (88 ketukan/menit) pada perempuan. Setelah tes selesai, denyut nadi pemulihan dihitung selama 15 detik mulai detik ke-5 hingga ke-20 pascalatihan, kemudian dikonversi menjadi denyut jantung per menit dan dimasukkan ke dalam persamaan prediksi untuk memperoleh estimasi VO2max.

Untuk laki-laki: VO2max (mL/kgBB/menit) = 111,33 – (0,42 × denyut jantung pemulihan)

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa QCST memiliki validitas dan reliabilitas yang baik pada populasi dewasa sehat, dengan korelasi sedang hingga kuat terhadap VO2max yang diukur secara langsung menggunakan analisis gas respirasi. Selain mudah dilakukan, QCST memerlukan peralatan sederhana, waktu pemeriksaan singkat, dan sesuai untuk penelitian epidemiologi maupun kesehatan kerja.

Tabel 1. Klasifikasi Kapasitas Kardiorespirasi Berdasarkan Nilai VO_2max pada Dewasa Laki-laki (ACSM)

Kategori	**Usia 20–29 th**	**30–39 th**	**40–49 th**	**50–59 th**	**≥60 th**
Sangat Baik	≥52.4	≥49.4	≥46.8	≥43.0	≥39.2
Baik	46.5–52.3	44.7–49.3	42.4–46.7	39.2–42.9	35.5–39.1
Di atas rata-rata	42.5–46.4	41.1–44.6	39.2–42.3	36.5–39.1	32.3–35.4
Rata-rata	38.4–42.4	36.5–41.0	35.0–39.1	32.3–36.4	29.5–32.2
Di bawah rata-rata	33.0–38.3	31.5–36.4	30.9–34.9	26.6–32.2	22.1–29.4
Buruk	25.0–32.9	22.8–31.4	21.1–30.8	20.9–26.5	17.5–22.0
Sangat Buruk	<25.0	<22.8	<21.1	<20.9	<17.5

Sumber: American College of Sports Medicine (ACSM)
American College of Sports Medicine. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 11th ed. 2021.

2.3.4 **Faktor yang Memengaruhi Kapasitas Kardiorespirasi**

Kapasitas kardiorespirasi dipengaruhi oleh berbagai faktor fisiologis, demografis, dan gaya hidup. Usia merupakan salah satu faktor utama karena VO_2max cenderung menurun sekitar 5–10% setiap dekade setelah usia 30 tahun akibat penurunan denyut jantung maksimal, massa otot, dan fungsi mitokondria. Jenis kelamin juga memengaruhi kapasitas kardiorespirasi; laki-laki umumnya memiliki VO_2max lebih tinggi dibandingkan perempuan karena memiliki massa otot lebih besar, kadar hemoglobin lebih tinggi, dan curah jantung yang lebih besar.

Komposisi tubuh turut memengaruhi kapasitas kardiorespirasi. Individu dengan obesitas, terutama obesitas sentral, umumnya memiliki nilai VO_2max relatif lebih rendah karena meningkatnya beban mekanik saat bergerak dan menurunnya efisiensi metabolik. Aktivitas fisik teratur dan latihan aerobik merupakan faktor yang paling efektif meningkatkan kapasitas kardiorespirasi melalui peningkatan volume sekuncup, densitas kapiler, jumlah mitokondria, dan kapasitas oksidatif otot.

Selain itu, kebiasaan merokok, hipertensi, diabetes melitus, dislipidemia, penyakit paru kronis, anemia, kualitas tidur, status gizi, serta paparan polusi udara juga dapat menurunkan kapasitas kardiorespirasi. Oleh karena itu, dalam penelitian yang mengevaluasi VO_2max perlu dipertimbangkan faktor-faktor tersebut sebagai variabel perancu (*confounding variables*).

2.4 Risiko Kardiometabolik

Risiko kardiometabolik menggambarkan akumulasi faktor risiko fisiologis yang meningkatkan kemungkinan terjadinya penyakit kardiovaskular dan diabetes melitus tipe 2, meliputi obesitas (terutama obesitas sentral), hipertensi, dislipidemia, dan resistensi insulin (World Health Organization, 2020). Komponen-komponen ini saling berkaitan melalui mekanisme inflamasi kronis derajat rendah, disfungsi endotel, dan gangguan metabolisme glukosa serta lipid. Pada penelitian ini, risiko kardiometabolik dinilai melalui empat indikator non-invasif dan semi-invasif, yaitu indeks massa tubuh (IMT), lingkar pinggang, tekanan darah, dan profil lipid dan glukosa darah puasa, yang selanjutnya dapat digabungkan menjadi skor risiko kardiometabolik komposit.

Indeks massa tubuh dan lingkar pinggang merupakan indikator antropometri yang umum digunakan untuk menilai status gizi dan obesitas sentral. Berdasarkan data nasional terkini, batas ambang lingkar pinggang berisiko pada populasi Indonesia adalah lebih dari 90 cm untuk laki-laki dan lebih dari 80 cm untuk perempuan (Kementerian Kesehatan RI, 2023). Obesitas, terutama akumulasi lemak viseral, berhubungan dengan peningkatan produksi sitokin proinflamasi, resistensi insulin, dan gangguan metabolisme lipid yang meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular (Kirk et al., 2020).

2.5 Hubungan Kekuatan Otot Ekstremitas Bawah dengan Kesehatan Kardiovaskular dan Kardiometabolik

Dalam beberapa dekade terakhir, otot rangka tidak lagi dipandang hanya sebagai organ penghasil gerakan, tetapi juga sebagai organ endokrin yang berperan penting dalam menjaga homeostasis metabolik dan kesehatan kardiovaskular (Severinsen & Pedersen, 2020). Otot rangka merupakan jaringan terbesar dalam tubuh yang menyumbang sekitar 40% massa tubuh dan menjadi lokasi utama pengambilan glukosa yang dimediasi oleh insulin (Merz & Thurmond, 2020). Kontraksi otot selama aktivitas fisik juga merangsang pelepasan berbagai myokines, yaitu sitokin dan peptida bioaktif yang memiliki efek lokal maupun sistemik terhadap metabolisme, inflamasi, dan fungsi vaskular (Laurens et al., 2020).

2.5.1 Mekanisme Metabolik: Sensitivitas Insulin dan Myokines

Salah satu mekanisme utama yang menghubungkan kekuatan otot dengan kesehatan kardiovaskular adalah peningkatan sensitivitas insulin. Otot rangka bertanggung jawab terhadap sebagian besar pengambilan glukosa setelah makan melalui translokasi glucose transporter type 4 (GLUT-4) ke membran sel (Sylow et al., 2017). Individu dengan massa dan kekuatan otot yang baik umumnya memiliki kapasitas pengambilan glukosa yang lebih tinggi sehingga membantu mempertahankan homeostasis glukosa dan mencegah resistensi insulin (Yarnall et al., 2020). Sebaliknya, penurunan kekuatan otot dapat mengurangi kemampuan otot memanfaatkan glukosa, meningkatkan resistensi insulin, dan pada akhirnya meningkatkan risiko diabetes melitus tipe 2 (Hong et al., 2017).

Kontraksi otot juga merangsang sekresi berbagai myokines, seperti interleukin-6 (IL-6), irisin, interleukin-15 (IL-15), brain-derived neurotrophic factor (BDNF), dan fibroblast growth factor-21 (FGF-21) (Görgens et al., 2015; Huh, 2018). Berbeda dengan IL-6 yang diproduksi pada proses inflamasi kronis, IL-6 yang dilepaskan selama kontraksi otot memiliki efek antiinflamasi melalui stimulasi produksi interleukin-10 (IL-10) dan penghambatan tumor necrosis factor-alpha (TNF-α) (Severinsen & Pedersen, 2020). Irisin diketahui meningkatkan oksidasi asam lemak, memperbaiki sensitivitas insulin, dan mendorong proses browning jaringan adiposa putih sehingga meningkatkan pengeluaran energi (Ma et al., 2021). Efek gabungan berbagai myokines tersebut berkontribusi menurunkan inflamasi sistemik, memperbaiki metabolisme lipid, serta mengurangi risiko aterosklerosis (Kirk et al., 2020).

2.5.2 Mekanisme Vaskular: Fungsi Endotel

Mekanisme lain yang berperan adalah peningkatan fungsi endotel vaskular. Aktivitas otot selama kontraksi menyebabkan peningkatan aliran darah (shear stress) pada dinding pembuluh darah yang merangsang aktivasi enzim endothelial nitric oxide synthase (eNOS) (Green & Smith, 2018). Aktivasi eNOS meningkatkan produksi nitric oxide (NO), suatu vasodilator endogen yang berfungsi mempertahankan elastisitas pembuluh darah, menghambat agregasi trombosit, serta mengurangi adhesi leukosit pada endotel (Giles et al., 2018). Individu dengan kekuatan otot yang baik cenderung memiliki fungsi endotel yang lebih optimal sehingga risiko terjadinya disfungsi vaskular dan hipertensi menjadi lebih rendah (Heffernan et al., 2019).

Kekuatan otot juga berhubungan dengan regulasi komposisi tubuh dan metabolisme lipid, mengingat otot rangka merupakan jaringan utama yang menggunakan asam lemak sebagai sumber energi selama aktivitas fisik. Individu dengan kekuatan otot yang lebih tinggi umumnya memiliki kapasitas oksidasi lemak yang lebih baik, kadar trigliserida yang lebih rendah, kadar kolesterol HDL yang lebih tinggi, serta kecenderungan obesitas sentral yang lebih rendah (Fraser et al., 2022). Sebaliknya, kelemahan otot sering dikaitkan dengan peningkatan risiko penyakit kardiovaskular (Ji et al., 2024).

2.5.3 Hubungan dengan Kapasitas Kardiorespirasi

Individu dengan otot ekstremitas bawah yang lebih kuat umumnya memiliki kemampuan melakukan aktivitas fisik dengan intensitas lebih tinggi, efisiensi penggunaan oksigen yang lebih baik, dan kapasitas aerobik yang lebih tinggi (Poole et al., 2021). Adaptasi fisiologis tersebut meliputi peningkatan densitas kapiler otot, jumlah mitokondria, aktivitas enzim oksidatif, serta efisiensi transpor oksigen ke jaringan (Hellsten & Nyberg, 2015; Hughes et al., 2018), sehingga kekuatan otot dan kapasitas kardiorespirasi saling berinteraksi dalam mempertahankan fungsi sistem kardiovaskular. Berbagai penelitian epidemiologi menunjukkan bahwa individu dengan kekuatan otot rendah memiliki prevalensi hipertensi, obesitas sentral, dislipidemia, diabetes melitus tipe 2, dan penyakit kardiovaskular yang lebih tinggi dibandingkan individu dengan kekuatan otot baik (Celis-Morales et al., 2018). Bahkan setelah dikontrol terhadap tingkat aktivitas fisik dan kapasitas kardiorespirasi, kekuatan otot tetap menjadi prediktor independen terhadap kejadian penyakit kardiovaskular dan mortalitas akibat berbagai penyebab (Garcia-Hermoso et al., 2018).

2.5.4 Hubungan dengan Indeks Massa Tubuh dan Lingkar Pinggang

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa kekuatan otot ekstremitas bawah cenderung memiliki hubungan negatif dengan IMT dan lingkar pinggang. Individu dengan kekuatan kuadrisep dan hamstring yang lebih baik cenderung memiliki komposisi tubuh yang lebih sehat dan akumulasi lemak abdominal yang lebih rendah. Individu dengan kekuatan otot yang rendah umumnya memiliki proporsi massa otot yang lebih kecil dan persentase lemak tubuh yang lebih tinggi sehingga lebih rentan mengalami obesitas sentral (Cruz-Jentoft et al., 2019).

2.5.5 Hubungan dengan Tekanan Darah

Hipertensi merupakan salah satu faktor risiko utama penyakit kardiovaskular. Hubungan antara kekuatan otot dan tekanan darah dipengaruhi oleh fungsi endotel, aktivitas sistem saraf otonom, kekakuan arteri, serta kondisi metabolik (Heffernan et al., 2019). Individu dengan kekuatan otot yang lebih baik umumnya memiliki fungsi vaskular yang lebih baik, elastisitas arteri yang lebih tinggi, dan aktivitas simpatis yang lebih rendah, sehingga tekanan darah cenderung lebih terkontrol (Green & Smith, 2018). Sebaliknya, rendahnya kekuatan otot sering dikaitkan dengan disfungsi endotel, peningkatan kekakuan pembuluh darah, dan inflamasi kronis yang berkontribusi terhadap peningkatan tekanan darah (Aminuddin et al., 2021). Sejumlah studi kohort menunjukkan bahwa rendahnya kekuatan otot berhubungan dengan peningkatan risiko hipertensi pada populasi dewasa, bahkan setelah memperhitungkan faktor usia dan aktivitas fisik (Garcia-Hermoso et al., 2018). Pada populasi laki-laki dengan hipertensi secara spesifik, kekuatan otot yang tinggi terbukti memberikan efek protektif terhadap mortalitas akibat segala sebab, dan efek ini bersifat aditif terhadap manfaat yang diberikan oleh kapasitas kardiorespirasi (Artero et al., 2011).

2.5.6 Hubungan dengan Profil Lipid

Profil lipid merupakan indikator penting dalam penilaian risiko kardiometabolik yang meliputi kadar kolesterol total, low-density lipoprotein (LDL), high-density lipoprotein (HDL), dan trigliserida. Aktivitas otot yang baik meningkatkan aktivitas enzim seperti lipoprotein lipase dan memperbaiki oksidasi asam lemak sehingga membantu menurunkan kadar trigliserida dan LDL serta meningkatkan kadar HDL. Sebaliknya, rendahnya massa dan kekuatan otot berhubungan dengan penurunan kapasitas oksidatif, peningkatan akumulasi lemak intramuskular, dan gangguan metabolisme lipid (Wilkinson et al., 2018). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa individu dengan kekuatan otot rendah cenderung memiliki kadar trigliserida dan LDL yang lebih tinggi serta kadar HDL yang lebih rendah (Fraser et

al., 2022), yang menunjukkan bahwa kekuatan otot tidak hanya mencerminkan kemampuan fisik, tetapi juga berkaitan dengan status metabolik dan risiko aterosklerosis (Lin et al., 2026).

Kerangka Teori

Variabel Perancu
(Usia, Aktivitas Fisik, Masa Kerja, Merokok, Status Gizi)

Kekuatan Otot Ekstremitas Bawah
- Kuadrisep Strength
- Hamstring Strength

Kapasitas Kardiorespirasi:
Queen's College Step Test/VO_2max

Risiko
Kardiometabolik
- IMT
- Lingkar Pinggang
- Tekanan Darah
- Profil Lipid

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian pada bulan Agustus – September 2026. Responden diperiksa di lokasi yang mudah dijangkau oleh pekerja PPSU wilayah Kecamatan Cengkareng, yaitu di Fakultas Kedokteran Universitas Trisakti.

3.2. Metode Penelitian

3.2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan data kuantitatif dengan desain *cross-sectional*. Pengukuran variabel independen yaitu kekuatan otot kuadrisep dan hamstring, dan variabel dependen adalah kapasitas kardiorespirasi dan risiko kardiometabolik.

3.2.2 Populasi dan Sampel

Populasi Target

Pekerja pasukan pelangi.

Populasi Terjangkau

Pekerja pasukan pelangi di Kecamatan Cengkareng.

Besar Sampel

Sampel penelitian adalah pekerja pasukan pelangi yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi. Perhitungan berdasarkan uji korelasi (power analysis)

$$n = [(Z_{1-\alpha/2} + Z_{1-\beta}) / C]^2 + 3, \text{ dengan } C = \tfrac{1}{2} \ln[(1+r)/(1-r)]$$

Keterangan:

n = besar sampel

α = tingkat signifikansi (0,05) → $Z_{1-\alpha/2} = 1,96$

β = probabilitas kesalahan tipe II (Power = 1 − β)

Power 80% → β = 0,20 → $Z_{1-\beta} = 0,84$

r = koefisien korelasi yang diharapkan r = 0,30 (sedang)

ln = logaritma natural

Sehingga kebutuhan sampel adalah 85 responden

Pasukan pelangi ada empat warna, maka diambil biru 22 orang; oranye 22 orang; hijau 22 orang; kuning = 22 orang

Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *stratified random sampling*, dengan strata berdasarkan empat regu kerja. Dari populasi terjangkau pada setiap regu, responden dipilih secara acak sederhana (*simple random sampling*) menggunakan daftar absensi regu sebagai kerangka sampel, hingga jumlah sampel per strata terpenuhi.

3.2.3 Kriteria Inklusi

1. Pekerja PPSU laki-laki dewasa (usia 18–59 tahun) yang bertugas di Kecamatan Cengkareng.
2. Bersedia berpartisipasi dan menandatangani lembar persetujuan setelah penjelasan (informed consent).

3. Sehat secara fisik pada saat pemeriksaan (tidak sedang sakit akut) berdasarkan anamnesis singkat.
4. Memiliki masa kerja sebagai PPSU minimal 1 tahun.

3.2.4 **Kriteria Eksklusi**

1. Memiliki riwayat cedera pada ekstremitas bawah dalam 6 bulan terakhir yang dapat memengaruhi hasil pengukuran kekuatan otot.
2. Mengalami gangguan neurologis yang memengaruhi kekuatan otot (misalnya pascastroke, neuropati perifer).
3. Riwayat penyakit jantung dan atau paru (misalnya gagal jantung, penyakit paru obstruktif kronik) yang menjadi kontraindikasi tes fisik.

3.2.5 **Prosedur Pengumpulan Data**

Prosedur pengumpulan data dilakukan melalui tahapan berikut:

1. Sosialisasi penelitian kepada calon responden, mencakup tujuan, manfaat, prosedur, dan potensi risiko penelitian.
2. Pengisian lembar persetujuan setelah penjelasan (informed consent) oleh responden yang bersedia berpartisipasi.
3. Pengumpulan data karakteristik subjek melalui wawancara terstruktur (usia, riwayat kesehatan, masa kerja, kebiasaan merokok, aktivitas fisik menggunakan kuesioner IPAQ).
4. Pemeriksaan status gizi (berat badan, tinggi badan), lingkar pinggang, dan tanda vital (tekanan darah, denyut nadi istirahat).
5. Pengambilan sampel darah vena puasa untuk pemeriksaan profil lipid (kolesterol total, HDL, LDL, trigliserida) dan glukosa darah.
6. Pemeriksaan kekuatan otot kuadrisep dan hamstring menggunakan HHD.
7. Pelaksanaan Queen's College Step Test untuk estimasi VO2max, dilakukan setelah pemeriksaan darah dan pengukuran antropometri untuk menghindari efek kelelahan terhadap hasil pengambilan darah.
8. Pencatatan seluruh data ke dalam formulir penelitian terstandar dan verifikasi kelengkapan data sebelum responden meninggalkan lokasi pemeriksaan.

3.2.6 Instrumen Penelitian

1. **Pengukuran kekuatan otot ekstremitas bawah**

   Pengukuran kekuatan otot ekstremitas bawah dilakukan menggunakan alat *Handheld Dynamometer* (HHD) digital merek Lafayette. Pengukuran difokuskan pada kekuatan isometrik maksimal dari otot Kuadrisep femoris (ekstensi lutut) pada sisi dominan subjek. Alat HHD akan diletakkan pada aspek anterior distal tibia (sekitar 2-3 cm di atas pergelangan kaki). Subjek diposisikan duduk di atas meja tinggi dengan lutut fleksi 90^{o} dan diminta melakukan kontraksi maksimal (mendorong alat) selama 5 detik dengan instruksi verbal yang terstandardisasi. Pengukuran dilakukan sebanyak 2-3 kali dengan jeda istirahat 30 detik, dan nilai tertinggi (dalam satuan Kilogram atau Newton) akan diambil sebagai data penelitian.
2. **Pengukuran kapasitas kardiorespirasi (VO_2 max)**

   Pada populasi pekerja lapangan kami menggunakan *Queen's College Step Test* (QCST). Namun sebelumnya, dilakukan penapisan keselamatan singkat yang mencakup:

   - riwayat nyeri dada, sesak napas, pusing, atau pingsan;

- pengukuran tekanan darah sebelum tes;
- adanya cedera atau nyeri pada ekstremitas bawah; dan
- kondisi sakit akut, demam, atau kondisi lain yang dapat mengganggu pelaksanaan tes.

Pelaksanaan tes ditunda atau dihentikan apabila responden memiliki tekanan darah yang terlalu tinggi, mengalami nyeri dada, sesak napas, pusing, demam, atau cedera ekstremitas bawah.

Jika tidak terdapat salah satu gejala di atas maka tes dapat dilakukan, menggunakan bangku dengan ketinggian 41,3 cm, metronome, dan stopwatch. Irama metronome diatur 96x/menit (untuk laki-laki) karena 24 langkah per menit, 1 langkah utuh terdiri dari 4 ketukan (24 langkah x 4 ketukan = 96)
Langkah tes:

1. Subjek melakukan pemanasan dan peregangan kaki ringan.
2. Subjek mulai naik-turun bangku mengikuti ketukan metronom secara konstan selama 3 menit.
3. Tepat setelah menit ke-3 selesai, subjek langsung diminta duduk tenang. Peneliti membiarkan subjek diam selama 5 detik, kemudian menghitung denyut nadi pemulihan (*recovery heart rate*) selama 15 detik penuh (dari detik ke-5 hingga detik ke-20 fase pemulihan).
4. Jumlah denyut nadi 15 detik tersebut dikalikan 4 untuk mendapatkan satuan *Beats Per Minute* (BPM).

Nilai nadi pemulihan (BPM) tersebut kemudian dimasukkan ke dalam rumus QCST berikut untuk mendapatkan nilai kapasitas kardiorespirasi:

Laki-laki: VO_2 max (L/kg/min) = 111,33 - (0,42 x Nadi Pemulihan)

3. Indeks Massa Tubuh (IMT)

Pengukuran IMT menggunakan timbangan digital terkalibrasi untuk berat badan dan microtoise untuk tinggi badan.
IMT = Berat Badan (kg) / Tinggi Badan $(m)^2$
Klasifikasi Asia Pasifik:

- Sangat kurus : <17,0
- Kurus : 17,0 - 18,4
- Normal : 18,5 - 25,0
- Overweight : 25,1 - 27,0
- Obesitas : > 27,0

4. Lingkar Pinggang (LP)

Pengukuran lingkar pinggang menggunakan pita ukur non elastis (pita antropometri), pada pertengahan antara batas bawah tulang rusuk terakhir dan krista iliaka saat subjek menghembuskan napas normal. Lingkar pinggang merupakan indikator obesitas sentral.
Lingkar pinggang berisiko menurut Kemenkes RI: laki-laki > 90 cm; dan perempuan > 80 cm.

5. Tekanan Darah (TD)

Subjek dilarang merokok, minum kopi, atau mengonsumsi minuman berenergi 60 menit sebelum pengukuran tekanan darah. Pengukuran tekanan darah menggunakan tensimeter digital merk Omron yang telah terkalibrasi. Subjek beristirahat tenang selama 5 menit sebelum diukur, lengan diletakkan di atas meja setinggi jantung, pengukuran dilakukan 2 kali dengan jeda 1 menit, lalu diambil rata-rata.

Klasifikasi JNC sebagai risiko metabolik adalah sistolik ≥ 130 mmHg atau diastolik ≥ 85 mmHg.

Skor risiko kardiometabolik menggunakan *continuous metabolic syndrome risk score* (Z-score) = $Z_{LP} + Z_{IMT} + Z_{TD}$

6. **Profil Lipid dan Glukosa Darah**

   Pengambilan sampel darah vena dilakukan oleh petugas laboratorium terlatih setelah subjek berpuasa minimal 10 jam. Pemeriksaan kolesterol total, LDL, HDL, dan trigliserida, serta GDP dilakukan di laboratorium klinik Prodia.

3.3. Metode Analisis

1. Analisis Univariat: Untuk melihat distribusi frekuensi, rata-rata, dan standar deviasi dari setiap variabel.
2. Analisis Bivariat: Uji korelasi (Pearson atau Spearman) untuk melihat hubungan antar variabel.
3. Analisis Multivariat: Regresi Linear Berganda atau Regresi Logistik untuk melihat seberapa besar kekuatan otot kaki mampu memprediksi variasi nilai VO_2 max dan risiko kardiometabolik.

3.4. Indikator Capaian Penelitian

Indikator capaian penelitian ini adalah:

1. Laporan kemajuan penelitian terlaksana dalam batas waktu yang telah direncanakan.
2. Laporan akhir hasil penelitian terlaksana dalam batas waktu yang telah direncanakan.
3. Penelitian ini menghasilkan minimal 1 HKI.
4. Penelitian ini menghasilkan minimal 1 publikasi pada jurnal nasional terakreditasi.

BAB 4. JADWAL PENELITIAN

Pembuatan proposal	: 2 Juni – 30 Juni 2026
Rencana persiapan pelaksanaan	: 2 Juli – 31 Agustus 2026
Rencana pelaksanaan	: 2 September – 2 September 2026
Rencana Monev	: 2 November– 30 November 2026
Rencana Pengumpulan Luaran	: 23 November 2026 – 23 Desember 2026
Rencana Pengumpulan Laporan Akhir	: 4 Januari – 20 Januari 2027

BAB 5. RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

REKAPITULASI

No	Komponen	Total
I. Biaya Langsung		
A	Tenaga Ahli dan Tenaga Penunjang	8.800.000
B.1	Biaya bahan habis, peralatan, sewa peralatan	57.840.000
B.2	Perjalanan dan transport lokal	8.100.000
	Sub total	74.740.000
II. Biaya Tidak Langsung		
A	Laporan, Seminar, dan Publikasi	1.500.000
B	Forum Group Disscusion	-
	Sub total	1.500.000
	Total	76.240.000

DAFTAR PUSTAKA

American College of Sports Medicine. (2021). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (11th ed.). Wolters Kluwer. Available at: Clinical Exercise Physiologist | American College of Sports Medicine | Wolters Kluwer

Aminuddin, A., Noor Hashim, M. F., Mohd Zaberi, N. A. S., Zheng Wei, L., Ching Chu, B., Jamaludin, N. A., Salamt, N., Che Roos, N. A., & Ugusman, A. (2021). The association between arterial stiffness and muscle indices among healthy subjects and subjects with cardiovascular risk factors: An evidence-based review. *Frontiers in Physiology, 12*, 742338. https://doi.org/10.3389/fphys.2021.742338

Artero, E. G., Lee, D. C., Ruiz, J. R., Sui, X., Ortega, F. B., Church, T. S., Lavie, C. J., Castillo, M. J., & Blair, S. N. (2011). A prospective study of muscular strength and all-cause mortality in men with hypertension. *Journal of the American College of Cardiology, 57*(18), 1831–1837. https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.12.025

Beaudart, C., Rolland, Y., Cruz-Jentoft, A. J., Bauer, J. M., Sieber, C., Cooper, C., Al-Daghri, N., de Carvalho, I. A., Bautmans, I., Bernabei, R., Bruyère, O., Cesari, M., Cherubini, A., Dawson-Hughes, B., Kanis, J. A., Kaufman, J. M., Landi, F., Maggi, S., McCloskey, E., … Fielding, R. A. (2019). Assessment of muscle function and physical performance in daily clinical practice: A position paper endorsed by ESCEO. *Calcified Tissue International, 105*(1), 1–14. https://doi.org/10.1007/s00223-019-00545-w

Bohannon, R. W. (2012). Hand-held dynamometry: A practicable alternative for obtaining objective measures of muscle strength. *Isokinetics and Exercise Science, 20*(4), 301–315. https://doi.org/10.3233/IES-2012-0476

Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J. P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Katzmarzyk, P. T., … Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine, 54*(24), 1451–1462. https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955

Celis-Morales, C. A., Welsh, P., Lyall, D. M., Steell, L., Petermann, F., Anderson, J., Iliodromiti, S., Sillars, A., Graham, N., Mackay, D. F., Pell, J. P., Gill, J. M. R., Sattar, N., & Gray, S. R. (2018). Associations of grip strength with cardiovascular, respiratory, and cancer outcomes and all-cause mortality: Prospective cohort study of half a million UK Biobank participants. *BMJ, 361*, k1651. https://doi.org/10.1136/bmj.k1651

Chamorro, C., Armijo-Olivo, S., De la Fuente, C., Fuentes, J., & Javier Chirosa, L. (2017). Absolute reliability and concurrent validity of handheld dynamometry and isokinetic dynamometry in the hip, knee and ankle joint: Systematic review and meta-analysis. *Open Medicine, 12*, 359–375. https://doi.org/10.1515/med-2017-0052

Cruz-Jentoft, A. J., Bahat, G., Bauer, J., Boirie, Y., Bruyère, O., Cederholm, T., Cooper, C., Landi, F., Rolland, Y., Sayer, A. A., Schneider, S. M., Sieber, C. C., Topinkova, E., Vandewoude, M., Visser, M., Zamboni, M., & Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2). (2019). Sarcopenia: Revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing, 48*(1), 16–31. https://doi.org/10.1093/ageing/afy169

Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta. (2024). *Laporan kinerja tenaga Prasarana dan Sarana Umum (PPSU)*. Available at: https://lingkunganhidup.jakarta.go.id/

Fraser, B. J., Blizzard, L., Buscot, M. J., Schmidt, M. D., Dwyer, T., Venn, A. J., & Magnussen, C. G. (2022). Muscular strength measured across the life-course and the metabolic syndrome. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases, 32*(5), 1131–1137. https://doi.org/10.1016/j.numecd.2022.01.018

García-Hermoso, A., Cavero-Redondo, I., Ramírez-Vélez, R., Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Lee, D. C., & Martínez-Vizcaíno, V. (2018). Muscular strength as a predictor of all-cause mortality in an apparently healthy population: A systematic review and meta-analysis of data from approximately 2 million men and women. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 99*(10), 2100–2113.e5. https://doi.org/10.1016/j.apmr.2018.01.008

Giles, T. D., Sander, G. E., Nossaman, B. D., & Kadowitz, P. J. (2018). Impaired vasodilation in the pathogenesis of hypertension: Focus on nitric oxide, endothelial-derived hyperpolarizing factors, and prostaglandins. DOI: 10.1111/j.1751-7176.2012.00606.x

Görgens, S. W., Eckardt, K., Jensen, J., Drevon, C. A., & Eckel, J. (2015). Exercise and regulation of adipokine and myokine production. *Progress in Molecular Biology and Translational Science, 135*, 313–336. https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2015.07.002

Green, D. J., & Smith, K. J. (2018). Effects of exercise on vascular function, structure, and health in humans. DOI: 10.1101/cshperspect.a029819

Hellsten, Y., & Nyberg, M. (2015). Cardiovascular adaptations to exercise training. *Comprehensive Physiology, 6*(1), 1–32. https://doi.org/10.1002/cphy.c140080

Holtermann, A., Krause, N., van der Beek, A. J., & Straker, L. (2018). The physical activity paradox: Six reasons why occupational physical activity (OPA) does not confer the cardiovascular health benefits that leisure time physical activity does. *British Journal of Sports Medicine, 52*(3), 149–150. https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097965

Holtermann, A., Schnohr, P., Nordestgaard, B. G., & Marott, J. L. (2021). The physical activity paradox in cardiovascular disease and all-cause mortality: The contemporary Copenhagen General Population Study with 104,046 adults. *European Heart Journal, 42*(15), 1499–1511. https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehab087

Hong, S., Chang, Y., Jung, H. S., Yun, K. E., Shin, H., & Ryu, S. (2017). Relative muscle mass and the risk of incident type 2 diabetes: A cohort study. *PLoS ONE, 12*(11), e0188650. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188650

Hughes, D. C., Ellefsen, S., & Baar, K. (2018). Adaptations to endurance and strength training. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine, 8*(6), a029769. https://doi.org/10.1101/cshperspect.a029769

Huh, J. Y. (2018). The role of exercise-induced myokines in regulating metabolism. *Archives of Pharmacal Research, 41*(1), 14–29. https://doi.org/10.1007/s12272-017-0994-y

Jackson, S. M., Cheng, M. S., Smith Jr, A. R., & Kolber, M. J. (2017). Intrarater reliability of hand held dynamometry in measuring lower extremity isometric strength using a portable stabilization device. *Science Direct,* 27, 137-141. https://doi.org/10.1016/j.math.2016.07.010

Ji, J. J., Zhao, M. J., Xiao, M. L., et al. (2024). Association between relative muscle strength and cardiovascular disease among middle-aged and older adults in China. *BMC Public Health, 24*(1), 1928. https://doi.org/10.1186/s12889-024-19473-y

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2023). *Survei Kesehatan Indonesia (SKI) 2023*. Badan Kebijakan Pembangunan Kesehatan, Kemenkes RI. Available at: https://kemkes.go.id/id/survei-kesehatan-indonesia-ski-2023

Kirk, B., Feehan, J., Lombardi, G., & Duque, G. (2020). Muscle, bone, and fat crosstalk: The biological role of myokines, osteokines, and adipokines in muscle homeostasis. *Current Osteoporosis Reports, 18*(4), 388–400. https://doi.org/10.1007/s11914-020-00599-y

Laurens, C., Bergouignan, A., & Moro, C. (2020). Exercise-released myokines in the control of energy metabolism. *Frontiers in Physiology, 11*, 91. https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00091

Lin D, Zhang L, Huang C, Shao W. Skeletal muscle metabolism in health and disease: Mechanisms, interventions, and clinical perspectives. 2026;29(3):115024. https://doi.org/10.1016/j.isci.2026.115024

Lipovšek, T., Kacin, A., & Puh, U. (2022). Reliability and validity of hand-held dynamometry for assessing lower limb muscle strength. *Isokinetics and Exercise Science* https://doi.org/10.3233/IES-210168

Lopez-Jaramillo, P., Lopez-Lopez, J. P., Tole, M. C., & Cohen, D. D. (2023). Increasing muscular strength to improve cardiometabolic risk factors. *Clínica e Investigación en Arteriosclerosis (English Edition), 35*(3), 144–154. https://doi.org/10.1016/j.artere.2023.06.001

Maffiuletti, N. A., Aagaard, P., Blazevich, A. J., Folland, J., Tillin, N., & Duchateau, J. (2016). Rate of force development: Physiological and methodological considerations. *European Journal of Applied Physiology, 116*(6), 1091–1116. https://doi.org/10.1007/s00421-016-3346-6

Merz, K. E., & Thurmond, D. C. (2020). Role of skeletal muscle in insulin resistance and glucose uptake. *Comprehensive Physiology, 10*(3), 785–809. https://doi.org/10.1002/cphy.c190029

Neumann, D. A. (2016). *Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for rehabilitation* (3rd ed.). Mosby Elsevier.

Poole, D. C., Behnke, B. J., & Musch, T. I. (2021). The role of vascular function on exercise capacity in health and disease. *The Journal of Physiology, 599*(3), 889–910. https://doi.org/10.1113/JP278931

Riebe, D., Ehrman, J. K., Liguori, G., & Magal, M. (Eds.). (2018). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription* (10th ed.). Wolters Kluwer.

Ross, R., Blair, S. N., Arena, R., Church, T. S., Després, J. P., Franklin, B. A., Haskell, W. L., Kaminsky, L. A., Levine, B. D., Lavie, C. J., Myers, J., Niebauer, J., Sallis, R., Sawada, S. S., Sui, X., & Wisløff, U. (2016). Importance of assessing cardiorespiratory fitness in clinical practice: A case for fitness as a clinical vital sign. A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation, 134*(24), e653–e699. https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000461

Severinsen, M. C. K., & Pedersen, B. K. (2020). Muscle–organ crosstalk: The emerging roles of myokines. *Endocrine Reviews, 41*(4), 594–609. https://doi.org/10.1210/endrev/bnaa016

Standring, S. (Ed.). (2020). *Gray's anatomy: The anatomical basis of clinical practice* (42nd ed.). Elsevier.

Stark, T., Walker, B., Phillips, J. K., Fejer, R., & Beck, R. (2011). Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: A systematic review. *PM&R, 3*(5), 472–479. https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2010.10.025

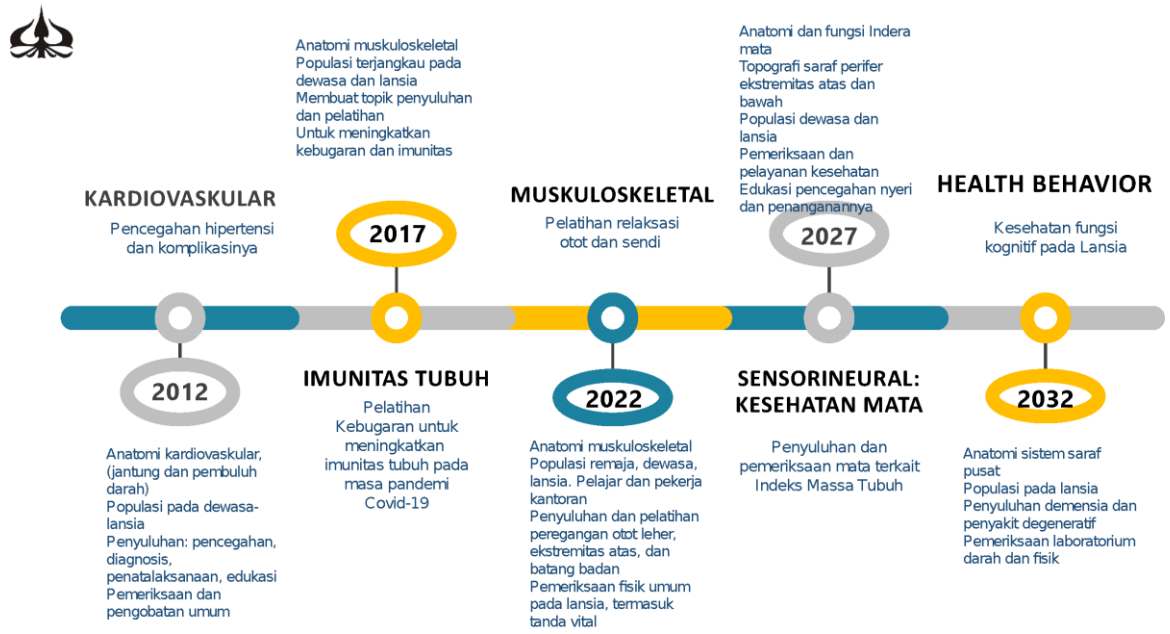
Strasser, B., Volaklis, K., Fuchs, D., & Burtscher, M. (2018). Role of dietary protein and muscular fitness on longevity and aging. *Aging and Disease, 9*(1), 119–132. https://doi.org/10.14336/AD.2017.0202

Sylow, L., Kleinert, M., Richter, E. A., & Jensen, T. E. (2017). Exercise-stimulated glucose uptake – regulation and implications for glycaemic control. *Nature Reviews Endocrinology, 13*(3), 133–148. https://doi.org/10.1038/nrendo.2016.162

Wilkinson, D. J., Piasecki, M., & Atherton, P. J. (2018). The age-related loss of skeletal muscle mass and function: Measurement and physiology of muscle fibre atrophy and muscle fibre loss in humans. *Ageing Research Reviews, 47*, 123–132. https://doi.org/10.1016/j.arr.2018.07.005

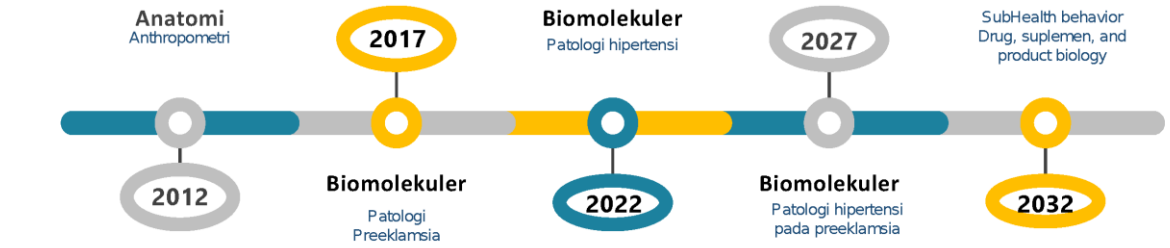
World Health Organization. (2020). *WHO guidelines on physical activity and sedentary behaviour: At a glance*. World Health Organization. https://apps.who.int/iris/handle/10665/337001

LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN



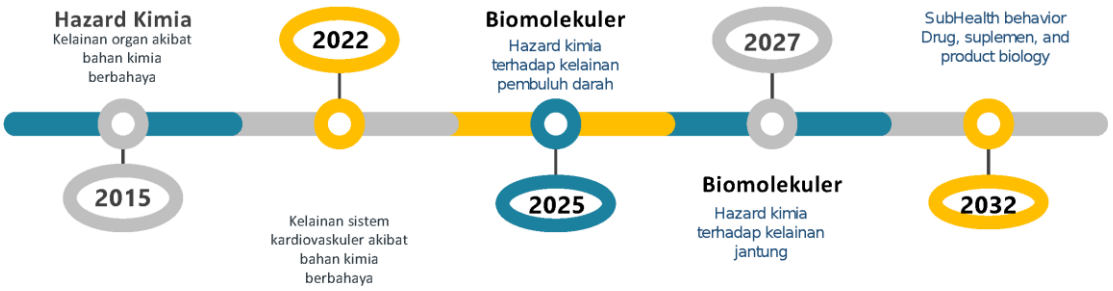
***ROAD MAP* PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**

<*Dian Mediana*>, <*3222*>, <*031303198405*>

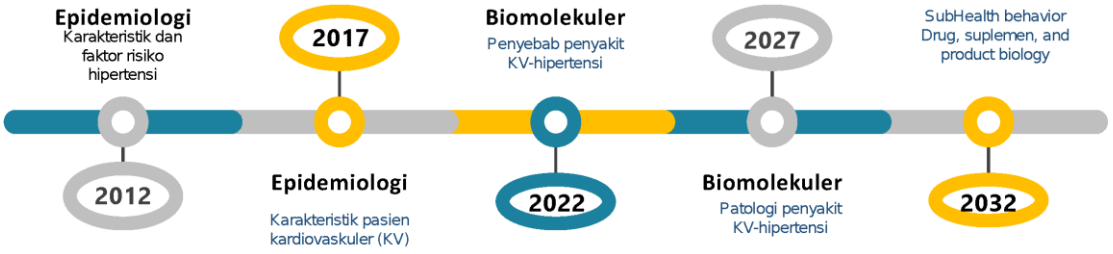


***ROAD MAP* PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**

<*Tjam Diana Samara*>, <*2392*>, <*0324056701*>



***ROAD MAP* PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**
<*Magdalena Wartono*>, <*2600*>, <*0320097501*>



***ROAD MAP* PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**
<Adrianus Kosasih>, <2491>, <0315107402>

LAMPIRAN 2. SURAT KESEDIAAN BERKOMITMEN

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

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama	:	dr. Dian Mediana, M.Biomed.
NIK/NIDN/NIDK	:	3671045303830003 / 0313038405
Judul Penelitian	:	Kekuatan Otot Ekstremitas Bawah sebagai Prediktor Kapasitas Kardiorespirasi dan Risiko Kardiometabolik pada Pekerja Prasarana dan Sarana Umum
No. rekening BNI	:	0203223788

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
3. Bahan Ajar - Materi Paparan Format Powerpoint

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

Jakarta, 04 Juni 2026

Mengetahui
Ketua DRPM Fakultas

(Dr. dr. Meiyanti, Sp.FK)

Yang menyatakan
Ketua Peneliti



(dr. Dian Mediana, M.Biomed.)