Indeks Beban Ergonomi Kumulatif sebagai Prediktor Keluhan Muskuloskeletal pada Pasukan Pelangi Kecamatan Cengkareng DKI Jakarta

dr. Ade Dwi Lestari, M.Kes.; Sp.Ok; dr. Nany Hairunisa; M.C.H.Sc; dr. Alvin Mohamad Ridwan, Sp.Ok; dr. Dewi Hastuty, Sp.N; Dr. Dian Mardi Safitri, S.T., M.T.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Gangguan muskuloskeletal atau *musculoskeletal disorders* (MSDs) merupakan salah satu masalah kesehatan kerja yang penting karena dapat menimbulkan nyeri, keterbatasan gerak, penurunan produktivitas, absensi kerja, hingga gangguan kualitas hidup. WHO menyebutkan bahwa sekitar 1,71 miliar orang di dunia hidup dengan kondisi muskuloskeletal, dan kondisi ini merupakan kontributor utama disabilitas global. Nyeri punggung bawah menjadi penyebab tunggal terbesar disabilitas di banyak negara. [1]

Nyeri punggung bawah merupakan salah satu bentuk keluhan muskuloskeletal yang paling sering dijumpai pada populasi pekerja. Pada tahun 2020, WHO memperkirakan 619 juta orang mengalami nyeri punggung bawah secara global dan jumlah ini diproyeksikan meningkat menjadi 843 juta kasus pada tahun 2050. Nyeri punggung bawah juga berkaitan dengan keterbatasan aktivitas, penurunan produktivitas kerja, beban ekonomi, gangguan tidur, serta penurunan kualitas hidup.[2]

Pasukan Pelangi terdiri atas Pasukan Biru, yaitu petugas penanganan saluran dan air limbah; Pasukan Kuning, yaitu petugas pemeliharaan jalan dan prasarana umum; Pasukan Hijau, yaitu petugas kehutanan dan pertamanan; serta Pasukan Oranye-Hijau, yaitu petugas lingkungan hidup dan persampahan. Keempat kelompok tersebut termasuk pekerja sektor pelayanan publik yang berpotensi mengalami paparan ergonomi cukup tinggi. Setiap kelompok memiliki aktivitas kerja yang berbeda, antara lain menangani saluran dan air limbah, memelihara jalan dan prasarana umum, merawat taman dan pepohonan, serta membersihkan lingkungan dan mengangkut sampah.

Aktivitas tersebut diatas melibatkan berjalan dalam waktu lama, mengangkat dan membawa beban, menarik, mendorong, membungkuk, memutar badan, bekerja dengan posisi tidak alamiah, serta melakukan gerakan berulang yang dapat menimbulkan beban mekanik pada punggung, leher, bahu, lutut, dan ekstremitas atas. Studi pada pekerja pengumpul sampah kota di Mesir menunjukkan bahwa keluhan muskuloskeletal dalam 12 bulan terakhir lebih tinggi pada pekerja pengumpul sampah dibanding kelompok pembanding, dengan punggung bawah sebagai lokasi keluhan tersering. Faktor penyebab adalah mengangkat, menarik, mendorong, membawa beban lebih dari 20 kg, dan berjalan lama berhubungan dengan keluhan muskuloskeletal.[3]

Penelitian pada petugas penyapu jalan dan pengelola sampah di Ethiopia juga menemukan prevalensi MSDs yang tinggi, yaitu sekitar 73%, dengan nyeri punggung bawah sebagai keluhan paling sering. Faktor yang berhubungan antara lain usia, status gizi lebih, ketidakpuasan kerja, dan jarak menyapu yang lebih panjang.[4]

Penelitian di Indonesia turut menunjukkan pola serupa. Kusumaningtiar dkk. pada pekerja cleaning service di Integrated Facility Services, Tangerang Selatan, menemukan bahwa pekerjaan kebersihan manual memiliki risiko ergonomi dan keluhan MSDs. Penelitian tersebut menggunakan Nordic Body Map dan Rapid Entire Body Assessment (REBA), dengan hasil 55,3% pekerja mengalami keluhan MSDs tingkat rendah, 40,4% tingkat sedang, dan 4,3% tingkat tinggi. Penilaian REBA menunjukkan bahwa aktivitas dusting memiliki skor REBA 8 atau kategori risiko tinggi.[5] Temuan ini menunjukkan bahwa keluhan muskuloskeletal pada pekerja persampahan tidak hanya dipengaruhi oleh postur kerja saat ini, tetapi juga oleh durasi kerja, karakteristik individu, serta akumulasi paparan selama bekerja.

Dalam ergonomi kerja, penilaian risiko postur dapat dilakukan menggunakan REBA yang dikembangkan sebagai metode observasional cepat untuk menilai postur kerja seluruh tubuh, khususnya pada pekerjaan dengan postur yang tidak selalu dapat diprediksi seperti sektor pelayanan dan pekerjaan lapangan.[6] Sementara itu, keluhan muskuloskeletal dapat dinilai menggunakan Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ), yaitu kuesioner standar yang digunakan untuk menganalisis gejala muskuloskeletal dalam konteks ergonomi dan kesehatan kerja.[7]

Namun, sebagian besar penelitian ergonomi masih menilai hubungan antara skor risiko ergonomi sesaat, seperti REBA dengan keluhan muskuloskeletal. Pendekatan ini belum sepenuhnya menggambarkan paparan kumulatif yang dialami pekerja selama bertahun-tahun.

Hagberg menyatakan bahwa variabel paparan dalam epidemiologi ergonomi meliputi postur, gerakan atau repetisi, material handling, organisasi kerja, dan faktor eksternal. Ia juga menekankan bahwa belum terdapat konsensus mengenai bagaimana berbagai variabel paparan ergonomi tersebut digabungkan menjadi satu estimasi paparan kumulatif.[8]

Beberapa penelitian terbaru mulai menekankan pentingnya paparan kerja fisik kumulatif. Wiben dkk. menunjukkan bahwa cumulative physical job exposure berhubungan dengan peningkatan risiko gangguan punggung yang terdiagnosis di rumah sakit.[9] Cherry dkk. juga menggunakan konsep *cumulative hours exposed* untuk menilai hubungan antara tuntutan ergonomi, seperti manipulasi benda berat, bekerja di atas tinggi bahu, jongkok atau berlutut, serta paparan getaran, dengan keluhan punggung bawah dan bahu pada pekerja.[10]

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini mengusulkan penggunaan Indeks Beban Ergonomi Kumulatif sebagai pendekatan sederhana untuk menggambarkan akumulasi paparan ergonomi. Indeks ini dihitung berdasarkan kombinasi skor REBA, jam kerja per hari, dan masa kerja. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menilai risiko ergonomi pada satu waktu pengamatan, tetapi juga mencoba menggambarkan beban ergonomi kumulatif yang dialami pekerja selama masa kerjanya.

1.2.Rumusan Masalah

Pasukan Pelangi memiliki beragam aktivitas kerja manual sesuai dengan bidang tugasnya. Pasukan Biru melakukan penanganan saluran dan air limbah; Pasukan Kuning memelihara jalan dan prasarana umum; Pasukan Hijau merawat taman dan pepohonan; sedangkan Pasukan Oranye-Hijau membersihkan lingkungan dan menangani persampahan. Aktivitas tersebut melibatkan berjalan dalam waktu lama, mengangkat, menarik, mendorong, membungkuk, memutar badan, serta bekerja dengan postur tidak alamiah dan gerakan berulang sehingga berpotensi menimbulkan keluhan muskuloskeletal.

Penelitian sebelumnya lebih banyak menilai risiko ergonomi berdasarkan postur kerja sesaat, sedangkan akumulasi paparan ergonomi selama masa kerja belum banyak dinilai. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan Indeks Beban Ergonomi Kumulatif yang menggabungkan skor REBA, jam kerja per hari, dan masa kerja.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan Indeks Beban Ergonomi Kumulatif sebagai indikator untuk menggambarkan akumulasi paparan ergonomi pada pekerja lapangan.

Pendekatan ini berbeda dari penilaian ergonomi konvensional yang umumnya hanya menggunakan skor postur kerja pada satu waktu pengamatan. Dengan mengintegrasikan intensitas postur kerja, durasi paparan harian, dan masa kerja, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih menyeluruh mengenai beban ergonomi jangka panjang pada Pasukan Pelangi.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana gambaran keluhan muskuloskeletal pada Pasukan Pelangi Kecamatan Cengkareng?
2. Bagaimana gambaran risiko ergonomi berdasarkan skor REBA pada Pasukan Pelangi Kecamatan Cengkareng ?
3. Bagaimana gambaran Indeks Beban Ergonomi Kumulatif pada Pasukan Pelangi Kecamatan Cengkareng?
4. Apakah Indeks Beban Ergonomi Kumulatif berhubungan dengan keluhan muskuloskeletal pada Pasukan Pelangi Kecamatan Cengkareng?
5. Apakah Indeks Beban Ergonomi Kumulatif dapat menjadi prediktor keluhan muskuloskeletal setelah dikontrol oleh usia, jenis kelamin, indeks massa tubuh, aktivitas fisik, kualitas tidur?

1.3.Tujuan Penelitian

Tujuan Umum

Menurunkan angka kejadian musculoskeletal diseases dengan mengetahui Indeks Beban Ergonomi Kumulatif pada Pasukan Pelangi.

Tujuan Khusus

1. Mengetahui gambaran keluhan muskuloskeletal pada Pasukan Pelangi Kecamatan Cengkareng.
2. Mengetahui gambaran risiko ergonomi berdasarkan skor REBA pada Pasukan Pelangi Kecamatan Cengkareng.

3. Menghitung Indeks Beban Ergonomi Kumulatif berdasarkan skor REBA, jam kerja per hari, dan masa kerja.
4. Menganalisis hubungan antara Indeks Beban Ergonomi Kumulatif dengan keluhan muskuloskeletal.
5. Menganalisis Indeks Beban Ergonomi Kumulatif sebagai prediktor keluhan muskuloskeletal setelah dikontrol oleh usia, jenis kelamin, indeks massa tubuh, aktivitas fisik, dan kualitas tidur.

1.4.Manfaat Penelitian

1. Bagi Pasukan Pelangi Kecamatan Cengkareng.
   Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran pekerja mengenai risiko ergonomi, keluhan muskuloskeletal, serta pentingnya postur kerja yang aman, peregangan, dan pengaturan aktivitas kerja.
2. Bagi Pemerintah Kota Kecamatan Cengkareng
   Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam menyusun program pencegahan keluhan muskuloskeletal, seperti edukasi ergonomi, rotasi tugas, pengaturan waktu istirahat, penggunaan alat bantu kerja, dan perbaikan metode kerja.
3. Bagi Institusi Pendidikan dan Penelitian
   Penelitian ini diharapkan berkontribusi dalam bidang kedokteran okupasi dan ergonomi kerja melalui penggunaan Indeks Beban Ergonomi Kumulatif sebagai pendekatan sederhana untuk menilai paparan ergonomi pada pekerja lapangan.
4. Bagi Pengembangan Kebijakan Kesehatan Kerja

   Hasil penelitian ini dapat menjadi data awal untuk pengembangan program surveilans keluhan muskuloskeletal dan intervensi ergonomi pada petugas Pasukan Pelangi Kecamatan Cengkareng.

1.5.Keterbatasan Penelitian

Keluhan muskuloskeletal dinilai menggunakan kuesioner, sehingga masih mungkin terjadi bias ingatan dan perbedaan persepsi nyeri antarresponden.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Keluhan Muskuloskeletal (*Musculoskeletal Disorders*)

2.1.1. Definisi keluhan muskuloskeletal

Keluhan muskuloskeletal atau *Musculoskeletal Disorders* (MSDs) merupakan suatu gangguan, cedera, atau penyakit yang mengenai sistem lokomotor tubuh manusia, mencakup otot, tendon, ligamen, sendi, saraf, pembuluh darah, dan struktur penunjang tulang belakang. Kondisi ini timbul akibat adanya pembebanan mekanis yang berulang, statis, atau melebihi kapasitas adaptasi jaringan biologis dalam jangka waktu tertentu. Klasifikasi MSDs umumnya dibagi berdasarkan onset dan tingkat keparahannya, mulai dari keluhan subklinis berupa rasa pegal, tidak nyaman, atau nyeri sesaat yang hilang setelah istirahat, hingga tingkat klinis berupa inflamasi kronis, degenerasi struktur, cedera jaringan ikat, sampai terjadinya disabilitas fungsional menetap yang mengganggu aktivitas sehari-hari dan menurunkan produktivitas kerja secara signifikan.[1]

2.1.2. Epidemiologi keluhan muskuloskeletal

Secara global, beban penyakit akibat gangguan muskuloskeletal sangat masif. Berdasarkan data *Global Burden of Disease* (GBD) 2021 yang diulas dalam Lancet Rheumatology dan dikonfirmasi oleh lembar fakta resmi World Health Organization (WHO), diperkirakan sekitar 1,71 miliar orang di dunia hidup dengan kondisi muskuloskeletal, menjadikannya kontributor

utama disabilitas di seluruh dunia.[1,11] Di antara berbagai manifestasi MSDs, nyeri punggung bawah (*low back pain*/LBP) menjadi penyebab tunggal terbesar disabilitas global.[2] Pada tahun 2020, terdapat sekitar 619 juta orang mengalami nyeri punggung bawah secara global, dan angka ini diproyeksikan melonjak sebesar 36,4% menjadi 843 juta kasus pada tahun 2050, dengan laju pertumbuhan tercepat diprediksi terjadi di wilayah Asia dan Afrika.[2,11]

Tingginya risiko ergonomi pada petugas kebersihan tercermin secara konsisten dalam berbagai studi global. Sebuah studi tinjauan sistematis dan meta-analisis berskala global oleh Tolera dkk. (2024) menemukan bahwa prevalensi MSDs pada pekerja sanitasi secara umum mencapai 40,52%, dengan subkelompok pekerja pengumpul sampah padat (solid waste collectors) menunjukkan angka prevalensi tertinggi sebesar 45,12%.[12]

Di Ethiopia, studi oleh Alie dkk. (2023) melaporkan prevalensi MSDs yang sangat tinggi mencapai 73% pada petugas penyapu jalan dan pengelolaan sampah di Kota Gondar, dengan nyeri punggung bawah sebagai keluhan yang paling sering dijumpai.[4]

Di Nepal, studi teranyar oleh Khatri dkk. (2025) menegaskan beban MSDs yang masif sebagai bagian dari luaran kesehatan kerja buruk pada komunitas petugas sanitasi.[13] Di Indonesia, penelitian Kusumaningtiar dkk. (2025) menunjukkan pola keparahan keluhan MSDs pada pekerja kebersihan dengan proporsi 55,3% tingkat rendah, 40,4% tingkat sedang, dan 4,3% tingkat tinggi.[5]

2.1.3 Mekanisme keluhan muskuloskeletal

Mekanisme terjadinya MSDs akibat kerja dijelaskan secara ilmiah melalui teori microtrauma kumulatif (*cumulative microtrauma*). Ketika seorang pekerja melakukan aktivitas fisik yang melibatkan postur janggal, pengerahan tenaga berlebih, atau gerakan berulang, jaringan lunak seperti serat otot, tendon, dan ligamen mengalami stres mekanis yang menyebabkan kerusakan mikroskopis (*microtrauma*).

Dalam kondisi fisiologis normal, tubuh memiliki kemampuan untuk melakukan perbaikan jaringan mandiri selama waktu istirahat yang cukup. Namun, apabila paparan stres mekanis tersebut terjadi terus-menerus dengan durasi harian yang panjang dan masa kerja bertahun-tahun tanpa diimbangi oleh fase pemulihan (*recovery*) yang adekuat, maka kerusakan mikroskopis tersebut akan berakumulasi. Akumulasi microtrauma ini memicu reaksi inflamasi kronis, pembentukan jaringan parut *(fibrosis*), penurunan elastisitas otot, jepitan saraf, dan

iskemia lokal, yang pada akhirnya bermanifestasi secara klinis sebagai rasa nyeri, kekakuan, keluhan muskuloskeletal yang nyata, hingga keterbatasan fungsi gerak.

2.1.4 Faktor risiko keluhan muskuloskeletal

Faktor risiko yang memengaruhi timbulnya keluhan muskuloskeletal bersifat multifaktorial dan dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori utama:

1. Faktor Individu

   Karakteristik internal dan gaya hidup pekerja yang memengaruhi kapasitas fisik tubuh. Faktor ini meliputi usia (penurunan fungsi degeneratif jaringan), jenis kelamin (perbedaan kekuatan otot dan antropometri), status gizi atau Indeks Massa Tubuh (IMT) di mana berat badan berlebih meningkatkan beban mekanis sendi, tingkat aktivitas fisik, serta kualitas tidur yang memengaruhi proses pemulihan biologis jaringan.[4]

2. Faktor Pekerjaan

   Aspek mekanis dari tugas-tugas kerja yang dihadapi sehari-hari. Meliputi postur kerja janggal (awkward posture) seperti membungkuk dan memutar batang tubuh, penanganan material secara manual (manual material handling) seperti mengangkat beban berat (>20 kg), menarik, dan mendorong gerobak, frekuensi gerakan atau repetisi tinggi, serta dimensi waktu berupa durasi jam kerja per hari dan akumulasi masa kerja.[3,4]

3. Faktor Psikososial

   Kondisi psikologis dan organisasi lingkungan kerja yang memengaruhi persepsi nyeri melalui mekanisme neuroendokrin. Faktor ini mencakup stres kerja, beban kerja mental yang tinggi, kurangnya dukungan sosial dari rekan kerja atau atasan, serta ketidakpuasan kerja (work dissatisfaction).[4]

Faktor individu yang berhubungan dengan keluhan muskuloskeletal adalah sebagai berikut:

1. Usia

   Usia berhubungan erat dengan kapasitas fungsional sistem muskuloskeletal. Seiring bertambahnya usia, terjadi proses degenerasi fisiologis alami berupa penurunan massa otot (sarkopenia), penurunan elastisitas jaringan ikat (tendon dan ligamen), serta

penurunan densitas tulang dan kandungan air pada diskus intervertebralis. Akibatnya, toleransi tubuh terhadap beban mekanis menurun drastis. Studi Alie dkk. (2023) menunjukkan secara empiris bahwa pekerja berusia ≥35 tahun memiliki risiko yang jauh lebih tinggi untuk mengalami keluhan MSDs yang signifikan dibandingkan kelompok usia muda.[4]

2. Jenis kelamin

   Jenis kelamin memengaruhi kerentanan terhadap MSDs melalui perbedaan kapasitas fisik biologis, kekuatan otot, dan profil hormonal. Secara anatomi dan fisiologi, perempuan rata-rata memiliki massa dan kekuatan otot sekitar dua pertiga dari kapasitas laki-laki, serta memiliki struktur antropometri yang berbeda. Pada beban tugas fisik manual yang sama di lapangan, pekerja perempuan akan mengerahkan persentase kapasitas otot yang lebih besar, sehingga lebih cepat mengalami kelelahan otot statis. Selain itu, faktor fluktuasi hormon estrogen pada perempuan juga memengaruhi ambang batas toleransi persepsi nyeri dan kerentanan inflamasi jaringan ikat. .[4]

3. Indeks Massa Tubuh

   Indeks Massa Tubuh (IMT) merupakan indikator proporsionalitas berat badan terhadap tinggi badan. Status gizi berlebih (overweight) hingga obesitas memberikan kontribusi langsung terhadap peningkatan beban mekanis statis pada sendi-sendi penopang berat badan tubuh (weight-bearing joints), seperti area tulang belakang lumbal, sendi panggul, lutut, dan pergelangan kaki. Ketika seorang pekerja dengan IMT tinggi melakukan aktivitas membungkuk atau mengangkat sampah, momentum gaya biomekanik yang bekerja pada diskus punggung bawah meningkat berkali-kali lipat, yang mempercepat robekan mikro jaringan. Studi di lapangan membuktikan status gizi lebih menjadi salah satu prediktor individu yang berhubungan signifikan dengan tingginya prevalensi keluhan MSDs pekerja sampah.[14]

4. Aktivitas fisik (IPAQ)

   Aktivitas fisik di luar jam kerja dapat bertindak sebagai faktor protektif maupun faktor risiko tambahan bagi sistem muskuloskeletal. Aktivitas fisik yang terukur dan teratur berperan penting dalam menjaga kebugaran kardiorespirasi, memperkuat daya tahan otot skeletal, serta mempertahankan fleksibilitas sendi sehingga meningkatkan ambang toleransi tubuh terhadap kelelahan kerja. Aktivitas fisik diukur menggunakan International *Physical Activity Questionnaire* (IPAQ) yang menilai total pengeluaran energi individu (dalam satuan MET-minutes/week) berdasarkan aktivitas intensitas ringan, sedang, berat, dan berjalan dalam 7 hari terakhir.[15] Adaptasi dan uji psikometri

instrumen IPAQ ke dalam versi Bahasa Indonesia telah dilakukan oleh Dharmansyah dan Budiana (2021) dengan hasil validitas internal yang sangat baik.[16]

5. Kualitas tidur (PSQI)

   Tidur merupakan fase biologis krusial yang dibutuhkan tubuh untuk menjalankan proses pemulihan (*recovery*) setelah mengalami kelelahan fisik akibat kerja. Selama fase tidur dalam (*deep sleep*), tubuh melepaskan hormon pertumbuhan (*growth hormone*) secara optimal yang berfungsi memicu sintesis protein, perbaikan selular, serta pemulihan robekan mikro (microtrauma) pada jaringan otot dan sendi. Kualitas tidur dinilai secara komprehensif menggunakan instrumen *Pittsburgh Sleep Quality Index* (PSQI) yang mencakup tujuh komponen penilaian tidur dalam 1 bulan terakhir.[17] Kualitas tidur yang buruk atau durasi tidur yang tidak adekuat akan menghambat proses pemulihan biologis tersebut, sehingga menyebabkan akumulasi kelelahan otot dari hari ke hari dan meningkatkan sensitivitas sistem saraf pusat terhadap sinyal nyeri (hiperalgesia), yang pada akhirnya memperburuk manifestasi keluhan MSDs. Instrumen PSQI versi Bahasa Indonesia telah divalidasi pada populasi remaja oleh Setyowati dan Chung (2021) dengan nilai cut-off skor 6,5.[18]

2.1.5 Pengukuran keluhan muskuloskeletal

Dalam bidang ergonomi dan kesehatan kerja, kuesioner subjektif standar yang paling banyak digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis gejala muskuloskeletal adalah Nordic Musculoskeletal Questionnaire (NMQ), yang dikembangkan oleh Kuorinka dkk. pada tahun 1987.[7] Di Indonesia, instrumen ini dimodifikasi dan dikenal luas sebagai Nordic Body Map (NBM).

NBM merupakan instrumen skrining keluhan muskuloskeletal dalam 12 bulan terakhiryang digunakan untuk mengidentifikasi lokasi dan tingkat keparahan keluhan pada beberapa bagian tubuh. Responden diminta menilai adanya rasa nyeri atau ketidaknyamanan pada 28 bagian tubuh dengan kategori penilaian seperti tidak sakit, agak sakit, sakit, dan sangat sakit. Skor dari setiap bagian tubuh kemudian dijumlahkan menjadi skor total individu.

Skor total ini dapat digunakan untuk menggambarkan tingkat keluhan muskuloskeletal dan menentukan prioritas tindak lanjut ergonomi. Dalam beberapa pedoman penggunaan NBM, skor total keluhan individu diklasifikasikan menjadi risiko rendah, sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Skor 0–20 dikategorikan rendah, 21–41 sedang, 42–62 tinggi, dan 63–84 sangat tinggi.

Semakin tinggi skor total, semakin besar tingkat keluhan muskuloskeletal dan semakin tinggi kebutuhan untuk dilakukan evaluasi atau perbaikan ergonomi karena disajikan dalam bentuk peta tubuh, NBM relatif mudah dipahami oleh pekerja lapangan dan sesuai digunakan sebagai alat skrining awal keluhan muskuloskeletal.

2.2 Ergonomi Kerja

2.2.1 Definisi dan ruang lingkup ergonomi

Ergonomi secara etimologis berasal dari bahasa Yunani, yaitu *ergon* (kerja) dan *nomos* (aturan atau hukum alam). Secara istilah, ergonomi didefinisikan sebagai disiplin ilmu ilmiah yang mempelajari interaksi antara manusia dengan elemen-elemen lain dalam suatu sistem kerja, serta profesi yang menerapkan teori, prinsip, data, dan metode perancangan guna mengoptimalkan keserasian antara sistem kerja dengan kapasitas, keterbatasan, dan kebutuhan manusia. Ruang lingkup ergonomi sangat luas dan dibagi menjadi tiga domain utama: ergonomi fisik (berkaitan dengan anatomi, antropometri, fisiologi, dan biomekanik terhadap aktivitas fisik), ergonomi kognitif (berkaitan dengan proses mental, memori, penalaran, dan beban kerja kognitif), serta ergonomi organisasi (berkaitan dengan optimasi sistem sosioteknis, struktur organisasi, kebijakan, dan alur proses kerja).

2.2.2 Postur kerja dan beban biomekanik

Postur kerja adalah posisi relatif dari segmen-segmen tubuh pekerja saat melakukan suatu aktivitas atau tugas di tempat kerja. Postur kerja dikategorikan menjadi postur alamiah *(neutral posture*) di mana posisi sendi berada pada keselarasan optimal yang meminimalkan ketegangan otot, dan postur janggal (*awkward posture*) di mana posisi sendi menjauh dari posisi netral secara ekstrem (misalnya fleksi punggung berlebih, rotasi leher, menjangkau di atas bahu). Postur janggal menimbulkan beban biomekanik yang besar karena memaksa otot bekerja secara statis dan asimetris untuk mempertahankan posisi tersebut. Hal ini meningkatkan gaya kompresi dan gaya geser (s*hear force*) pada persendian, terutama pada area diskus

intervertebralis di region lumbal (punggung bawah), sehingga mempercepat kelelahan otot dan meningkatkan risiko cedera struktural akut maupun kronis.

2.2.3 Metode penilaian risiko postur

Terdapat beberapa metode observasional cepat (*ergonomic screening tools*) yang dikembangkan untuk menilai tingkat risiko postur kerja:

- **REBA (Rapid Entire Body Assessment):** Dikembangkan oleh Hignett dan McAtamney pada tahun 2000 untuk memberikan metode penilaian postur seluruh tubuh yang dinamis. REBA sangat unggul untuk menilai pekerjaan di sektor pelayanan publik, kesehatan, dan operasional lapangan di mana postur kerja bersifat tidak menentu, berubah-ubah secara cepat, tidak dapat diprediksi, dan melibatkan penanganan material secara manul. REBA juga mengintegrasikan penilaian terhadap gaya/beban yang diangkat, kualitas genggaman (coupling), serta keaktifan pergerakan fisik pekerja.[6]

Rapid Entire Body Assessment (REBA)

Metode REBA melakukan penilaian postur dengan membagi segmen tubuh menjadi dua grup utama:

Grup A: Terdiri atas batang tubuh/punggung (*trunk*), leher (*neck*), dan kaki (*legs*).

Grup B: Terdiri atas lengan atas (*upper arms*), lengan bawah (*lower arms*), dan pergelangan tangan (*wrists*).

Setiap posisi segmen tubuh diberikan skor berdasarkan sudut deviasi dari posisi netral. Skor Grup A kemudian dikombinasikan dengan Skor Beban/Gaya (*Load/Force Score*) untuk menghasilkan Skor C. Skor Grup B dikombinasikan dengan Skor Kualitas Genggaman (*Coupling Score)* untuk menghasilkan Skor D. Selanjutnya, Skor C dan Skor D digabungkan menggunakan matriks REBA dan ditambah dengan Skor Aktivitas (*Activity Score)* yang menilai apakah postur bersifat statis, repetitif, atau menyebabkan ketidakstabilan hingga menghasilkan Skor Akhir REBA dengan rentang nilai 1 sampai 15. Tingkat risiko dan tindakan korektif dikelompokkan sebagai berikut:

Skor REBA	Tingkat Risiko	Tindakan Korektif (Action)
1	Abaikan (Negligible)	Tidak diperlukan tindakan
2 - 3	Rendah (Low)	Tindakan perbaikan mungkin diperlukan
4 - 7	Sedang (Medium)	Tindakan perbaikan diperlukan segera
8 - 10	Tinggi (High)	Tindakan perbaikan diperlukan segera/cepat
11 - 15	Sangat Tinggi (Very High)	Tindakan perbaikan harus dilakukan saat ini juga

2.3 Paparan Ergonomi Kumulatif

Hagberg dalam karya klasiknya mengenai epidemiologi ergonomi menguraikan bahwa variabel paparan fisik di tempat kerja memiliki dimensi yang sangat kompleks, yang meliputi postur tubuh, pergerakan atau repetisi gaya, penanganan material secara manual, organisasi kerja, serta faktor lingkungan eksternal. Hingga saat ini belum terdapat konsensus universal yang baku mengenai bagaimana berbagai dimensi variabel paparan ergonomi tersebut digabungkan secara matematis menjadi satu nilai estimasi tunggal paparan kumulatif jangka panjang.[8] Keterbatasan ini menyebabkan sebagian besar penelitian ergonomi konvensional cenderung hanya menganalisis hubungan antara tingkat risiko postur sesaat (cross-sectional snapshot) dengan kejadian MSDs, tanpa mempertimbangkan faktor durasi harian dan akumulasi longitudinal masa kerja.

Perkembangan literatur epidemiologi ergonomi terkini (periode 2021-2025) mulai menaruh perhatian besar pada pentingnya mengukur paparan fisik secara kumulatif. Studi kohort nasional longitudinal berskala besar di Denmark oleh Wiben dkk. (2024) memberikan bukti empiris kuat bahwa *cumulative physical job exposure* (paparan kerja fisik kumulatif) berhubungan signifikan dengan peningkatan risiko terjadinya gangguan tulang belakang dan punggung yang terdiagnosis secara klinis di rumah sakit.[9]

Studi prospektif di Kanada oleh Cherry dkk. (2025) menggunakan konsep akumulasi jam paparan (*cumulative hours exposed*) untuk membuktikan hubungan linear antara akumulasi waktu kerja yang melibatkan manipulasi benda berat, bekerja di atas tinggi bahu, serta posisi berlutut/jongkok dengan peningkatan keluhan punggung bawah dan bahu pada pekerja

industri.[10] Lebih lanjut, studi oleh Andersen dkk. (2021) dan Benneth (2026) menegaskan bahwa paparan kombinasi (*combined ergonomic exposures*) dari beberapa faktor risiko fisik sekaligus memberikan dampak multiplikatif yang jauh lebih merusak bagi sistem muskuloskeletal dibandingkan paparan faktor risiko tunggal.[14,19]

Untuk menjembatani celah penelitian yang diidentifikasi oleh Hagberg serta mengakomodasi bukti empiris pentingnya paparan kumulatif, penelitian ini mengusulkan sebuah formula matematis sederhana yang dinamakan Indeks Beban Ergonomi Kumulatif (IBEK). Secara definisi operasional, IBEK adalah nilai numerik gabungan yang menggambarkan total akumulasi beban ergonomi fisik yang dialami oleh seorang pekerja lapangan selama masa pengabdian kerjanya. Indeks ini dihitung berdasarkan perkalian tiga komponen utama dasar:

IBEK = Skor REBA Akhir x Jam Kerja Per Hari x Masa Kerja (Tahun)

Rasional penggabungan variabel ini didasarkan pada prinsip fisika dan biomekanik kerja, di mana besarnya stres mekanis pada postur kerja (skor REBA) dikalikan dengan kuantitas paparan harian (jam kerja perhari) untuk menggambarkan beban harian, kemudian dikalikan secara longitudinal dengan durasi tahunan (masa kerja) untuk menangkap efek paparan kronis jangka panjang. Pendekatan IBEK ini memposisikan penilaian ergonomi dari sekadar penilaian statis satu waktu menjadi penilaian dinamis berdimensi waktu kronis.

2.4 Pasukan Pelangi

2.4.1 Karakteristik dan jenis aktivitas kerja

Pasukan Pelangi Kecamatan Cengkareng merupakan kelompok pekerja pelayanan publik daerah yang terdiri atas Pasukan Biru, Pasukan Kuning, Pasukan Hijau, dan Pasukan Oranye-Hijau. Karakteristik pekerjaan keempat kelompok tersebut didominasi oleh aktivitas fisik manual di lapangan. Pasukan Biru bertugas menangani saluran dan air limbah, seperti membersihkan saluran, mengangkat endapan atau material, serta menarik dan memindahkan peralatan.

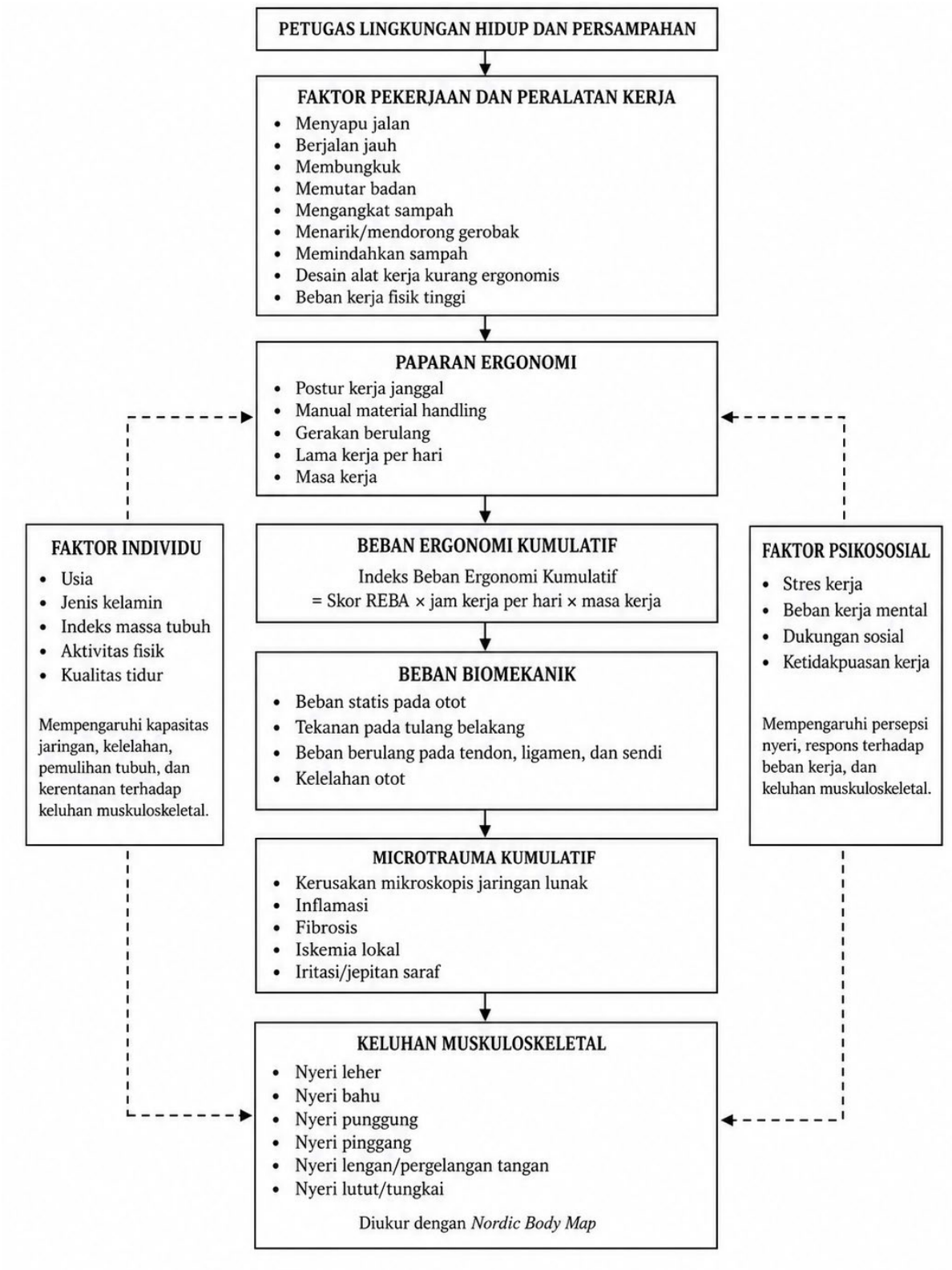
Pasukan Kuning bertugas memelihara jalan dan prasarana umum melalui aktivitas seperti memperbaiki jalan, mengangkat dan membawa material, serta menggunakan peralatan kerja manual. Pasukan Hijau bertugas merawat taman dan pepohonan, termasuk memangkas tanaman, mencabut rumput, menggali tanah, serta mengangkat dan memindahkan tanaman atau hasil pemangkasan. Sementara itu, Pasukan Oranye-Hijau bertugas membersihkan lingkungan dan menangani persampahan melalui aktivitas menyapu jalan, berjalan sepanjang

rute kerja, memungut dan mengangkat sampah, menarik atau mendorong gerobak, serta memindahkan sampah ke tempat penampungan atau kendaraan pengangkut.

2.4.2 Risiko ergonomi pada pekerjaan persampahan dan kebersihan jalan

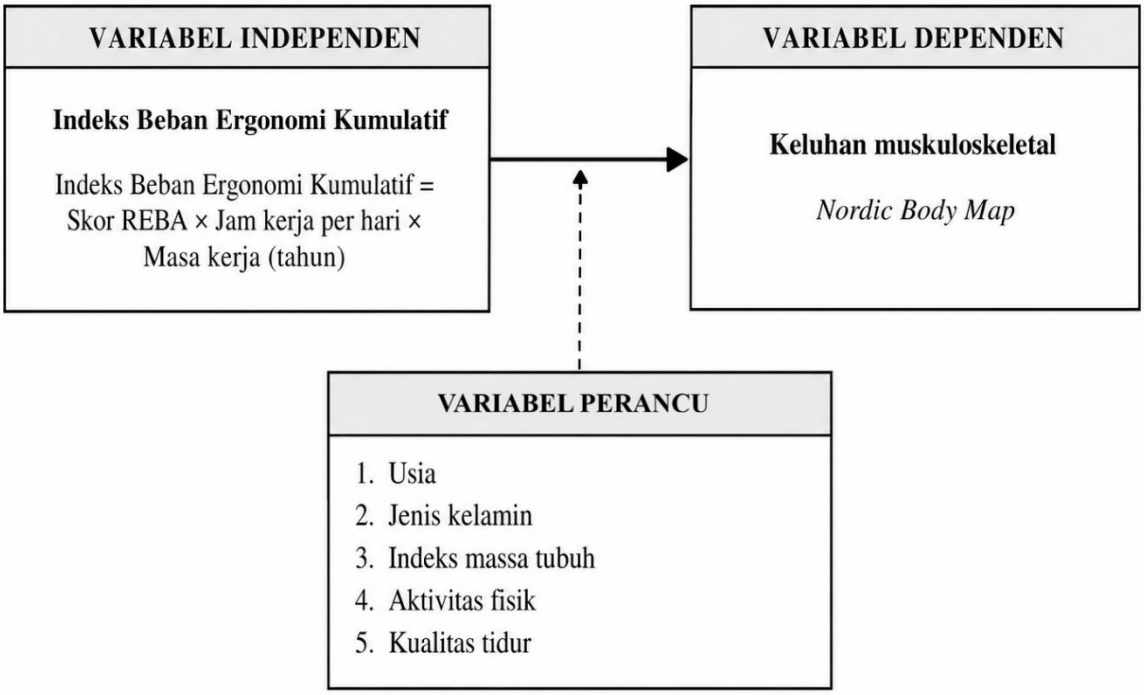
Pekerjaan pengelolaan sampah manual melibatkan kombinasi ekstrem dari seluruh faktor risiko ergonomi fisik. Aktivitas menyapu jalan dalam durasi berjam-jam menyebabkan pekerja berada dalam postur statis fleksi tulang belakang (membungkuk) disertai gerakan repetitif berfrekuensi tinggi pada sendi bahu, siku, dan pergelangan tangan. Aktivitas mengangkat wadah sampah yang sering kali melebihi beban aman (>20 kg) memicu tekanan kompresi akut pada area diskus intervertebralis lumbal.[3] Kondisi ini diperparah oleh desain alat kerja yang tidak ergonomis seperti panjang gagang sapu yang pendek serta kontur jalanan yang tidak rata saat mereka harus mendorong gerobak sampah dengan pengerahan tenaga maksimal. Penelitian domestik oleh Kusumaningtiar dkk. (2025) pada pekerja kebersihan manual mengonfirmasi bahwa aktivitas fisik seperti dusting dan pembersihan manual memiliki skor risiko REBA bernilai 8, yang dikategorikan sebagai risiko tinggi dan membutuhkan tindakan perbaikan segera.[5]

2.5. Kerangka Teori



2.6. Kerangka Konsep

KERANGKA KONSEP



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif analitik observasional dengan desain potong lintang (*cross-sectional*). Desain ini digunakan karena pengukuran paparan ergonomi, karakteristik individu, dan keluhan muskuloskeletal dilakukan pada waktu yang sama.

Desain ini dipilih untuk menganalisis hubungan antara Indeks Beban Ergonomi Kumulatif dengan keluhan muskuloskeletal pada Pasukan Pelangi Kecamatan Cengkareng .

3.2 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian akan dilaksanakan di wilayah kerja Kecamatan Cengkareng, Jakarta Barat, pada Pasukan Pelangi Kecamatan Cengkareng. Pengambilan data direncanakan pada 31 Agustus sampai 30 September 2026.

3.3 Populasi dan Sampel Penelitian

3.3.1 Populasi Target

Populasi target dalam penelitian ini adalah seluruh Pasukan Pelangi yang bekerja di wilayah Kecamatan Cengkareng.

3.3.2 Populasi Terjangkau

Populasi terjangkau adalah Pasukan Pelangi Kecamatan Cengkareng yang aktif bekerja dan hadir pada saat pengambilan data.

3.3.3 Besar Sampel

Jumlah sampel minimal dihitung menggunakan rumus populasi terbatas:

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

Parameter	Nilai
Tingkat kemaknaan	5% ($Z\alpha = 1{,}96$)
Kekuatan uji	80% ($Z\beta = 0{,}84$)

Korelasi minimal	r = 0,25
Antisipasi data tidak lengkap	10%

$C = 0{,}5 \ln[(1 + 0{,}25)/(1 - 0{,}25)] = 0{,}2554$

$n = [(1{,}96 + 0{,}84)/0{,}2554]^2 + 3$

$n = 123{,}18 \approx 123$ responden

Penambahan 10% = $123 + (10\% \times 123) = 135{,}3 \approx 135$ responden

Besar sampel dalam penelitian ini adalah seluruh petugas yang memenuhi kriteria inklusi dan tidak termasuk kriteria eksklusi, yaitu sebanyak 135 orang Pasukan Pelangi.

3.3.4 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel menggunakan total sampling, yaitu seluruh petugas yang memenuhi kriteria penelitian diikutsertakan sebagai responden.

3.4 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

3.4.1 Kriteria Inklusi

Responden yang dapat diikutsertakan dalam penelitian ini adalah:

1. Pasukan Pelangi yang masih aktif bekerja.
2. Berusia ≥18 tahun.
3. Memiliki masa kerja minimal 6 bulan.
4. Melakukan aktivitas kerja lapangan.
5. Bersedia mengikuti penelitian dengan menandatangani lembar persetujuan setelah penjelasan.
6. Hadir pada saat pengambilan data.

3.4.2 Kriteria Eksklusi

Responden tidak diikutsertakan dalam penelitian apabila:

1. Mengalami sakit akut berat pada saat pengambilan data.
2. Memiliki riwayat operasi atau cedera berat pada sistem muskuloskeletal dalam 3 bulan terakhir.
3. Memiliki gangguan neurologis berat yang dapat memengaruhi fungsi gerak.
4. Menolak dilakukan observasi postur kerja.

3.5 Variabel

3.5.1 Variabel Independen

Variabel independen utama dalam penelitian ini adalah Indeks Beban Ergonomi Kumulatif.

Indeks ini dihitung dengan rumus:

Indeks Beban Ergonomi Kumulatif = Skor REBA × Jam kerja per hari × Masa kerja dalam tahun

3.5.2 Variabel Dependen

Variabel dependen dalam penelitian ini adalah keluhan muskuloskeletal, yang dinilai menggunakan Nordic Body Map. Variable yang juga dinilai dalam penelitian ini meliputi:

1. Usia.
2. Jenis kelamin.
3. Indeks massa tubuh.
4. Aktivitas fisik
5. Kualitas tidur

Variabel	Definisi Operasional	Alat Ukur	Skala

Indeks Beban Ergonomi Kumulatif	Nilai gabungan skor REBA, jam kerja per hari, dan masa kerja	Skor REBA x Lama kerja x Masa kerja	Numerik
Risiko ergonomi	Tingkat risiko postur kerja saat melakukan aktivitas lapangan	REBA[6]	Ordinal
Lama kerja per hari	Jumlah jam kerja responden dalam satu hari	Kuesioner demografi	Numerik
Masa kerja	Lama responden bekerja sebagai Pasukan Pelangi	Kuesioner demografi	Numerik
Keluhan muskuloskeletal	Keluhan nyeri atau tidak nyaman pada bagian tubuh tertentu	Nordic Body Map[7]	Ordinal
Usia	Lama hidup responden sejak lahir sampai waktu penelitian	Kuesioner demografi	Numerik
Jenis kelamin	Jenis kelamin responden	Kuesioner demografi	Nominal
IMT	Perbandingan berat badan terhadap tinggi badan kuadrat	BB/TB^2	Numerik
Aktivitas fisik	Tingkat aktivitas fisik responden dalam 7 hari terakhir, meliputi aktivitas ringan, sedang, berat, dan berjalan.	*International Physical Activity Questionnaire* / IPAQ[15]	Numerik
Kualitas tidur	Kondisi kualitas tidur responden dalam 1 bulan terakhir, meliputi durasi tidur, gangguan tidur, latensi tidur, efisiensi tidur, penggunaan obat tidur, dan gangguan aktivitas siang hari.	*Pittsburgh Sleep Quality Index* / PSQI[17]	Numerik

3.6 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Lembar identitas dan karakteristik responden, meliputi usia, jenis kelamin, pendidikan, masa kerja, lama kerja per hari, dan jenis aktivitas kerja.
2. Lembar riwayat kesehatan, meliputi riwayat cedera, riwayat penyakit muskuloskeletal, riwayat operasi, dan gangguan neurologis.
3. Pengukuran antropometri, meliputi tinggi badan, berat badan, dan perhitungan indeks massa tubuh.

4. Nordic Body Map, untuk menilai lokasi dan tingkat keluhan muskuloskeletal pada berbagai bagian tubuh.
5. Rapid Entire Body Assessment (REBA), untuk menilai risiko postur kerja seluruh tubuh saat responden melakukan aktivitas kerja lapangan.
6. International Physical Activity Questionnaire (IPAQ), untuk menilai tingkat aktivitas fisik responden dalam 7 hari terakhir, meliputi aktivitas ringan, sedang, berat, dan berjalan.
7. Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI), untuk menilai kualitas tidur responden dalam 1 bulan terakhir, meliputi durasi tidur, latensi tidur, gangguan tidur, efisiensi tidur, penggunaan obat tidur, dan gangguan aktivitas siang hari.

3.7 Prosedur Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa tahap sebagai berikut:

1. Peneliti melakukan koordinasi dengan pihak Kecamatan Cengkareng dan pengelola Pasukan Pelangi Kecamatan Cengkareng.
2. Responden diberikan penjelasan mengenai tujuan, manfaat, prosedur, serta kerahasiaan data penelitian.
3. Responden yang bersedia mengikuti penelitian diminta menandatangani lembar persetujuan setelah penjelasan.
4. Peneliti melakukan pengisian kuesioner demografi, riwayat kesehatan, riwayat kerja.
5. Peneliti melakukan pengukuran tinggi badan dan berat badan.
6. Responden mengisi kuesioner Nordic Body Map untuk menilai keluhan muskuloskeletal.
7. Peneliti atau enumerator melakukan observasi postur kerja menggunakan REBA pada aktivitas kerja lapangan yang mewakili tugas utama responden.
8. Data skor REBA, jam kerja per hari, dan masa kerja digunakan untuk menghitung Indeks Beban Ergonomi Kumulatif.
9. Seluruh data diperiksa kelengkapannya sebelum dilakukan pengolahan dan analisis.

3.8 Pengolahan Data

Data yang terkumpul akan melalui tahapan:

1. *Editing*, yaitu memeriksa kelengkapan dan konsistensi data.
2. Coding, yaitu memberikan kode pada setiap variabel.
3. Entry data, yaitu memasukkan data ke dalam perangkat lunak statistik.
4. Cleaning, yaitu memeriksa kembali kemungkinan kesalahan input data.
5. Tabulasi, yaitu menyusun data dalam bentuk tabel untuk dianalisis.

3.9 Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan akan diperiksa kelengkapannya melalui proses *editing*, kemudian dilakukan *coding*, *entry data*, *cleaning*, dan tabulasi sebelum dianalisis menggunakan perangkat lunak statistik.

3.9.1 Analisis Univariat

Analisis univariat dilakukan untuk menggambarkan distribusi masing-masing variabel penelitian. Data kategorik disajikan dalam bentuk frekuensi dan persentase, sedangkan data numerik disajikan dalam bentuk rerata dan simpangan baku apabila berdistribusi normal, atau median dan rentang antar kuartil apabila tidak berdistribusi normal.

Variabel yang dianalisis secara univariat meliputi usia, jenis kelamin, indeks massa tubuh, lama kerja per hari, masa kerja, skor REBA, Indeks Beban Ergonomi Kumulatif, aktivitas fisik, kualitas tidur, dan keluhan muskuloskeletal.

3.9.2 Analisis Bivariat

Analisis bivariat dilakukan untuk menilai hubungan antara Indeks Beban Ergonomi Kumulatif dengan keluhan muskuloskeletal. Apabila variabel dianalisis dalam bentuk kategorik,

hubungan antara kategori Indeks Beban Ergonomi Kumulatif dan kategori keluhan muskuloskeletal dianalisis menggunakan uji *Chi-square*. Apabila syarat uji *Chi-square* tidak terpenuhi, maka digunakan uji *Fisher's Exact*.

Selain itu, variabel kovariat seperti usia, jenis kelamin, indeks massa tubuh, aktivitas fisik, dan kualitas tidur juga dianalisis secara bivariat terhadap keluhan muskuloskeletal untuk melihat hubungan awal masing-masing variabel dengan keluhan muskuloskeletal.

3.9.3 Analisis Multivariat

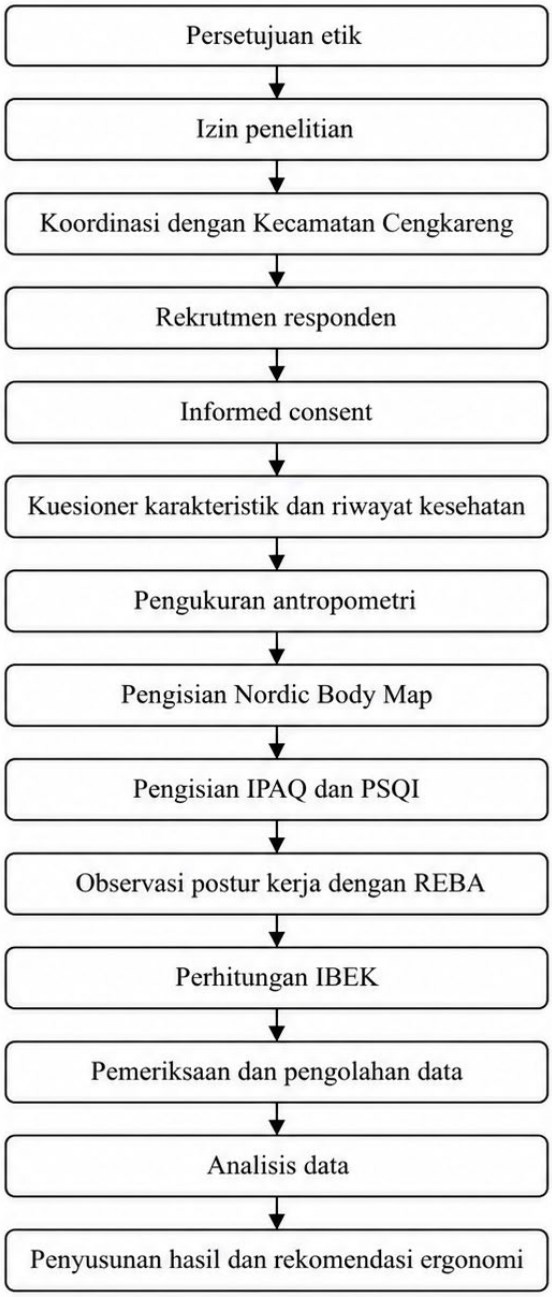
Analisis multivariat dilakukan menggunakan regresi logistik untuk menilai apakah Indeks Beban Ergonomi Kumulatif merupakan prediktor keluhan muskuloskeletal setelah dikontrol oleh variabel perancu meliputi usia, jenis kelamin, indeks massa tubuh, aktivitas fisik, dan kualitas tidur. Hasil analisis multivariat disajikan dalam bentuk odds ratio (OR), interval kepercayaan 95%, dan nilai p. Tingkat kemaknaan statistik ditetapkan pada $p < 0,05$.

3.10 Etik Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan setelah mendapatkan persetujuan etik dari komite etik penelitian kesehatan. Setiap responden akan memperoleh penjelasan mengenai tujuan, manfaat, prosedur, risiko minimal, kerahasiaan data, serta hak untuk menolak atau mengundurkan diri dari penelitian tanpa konsekuensi apa pun.

Seluruh data responden akan dijaga kerahasiaannya dan hanya digunakan untuk kepentingan penelitian.

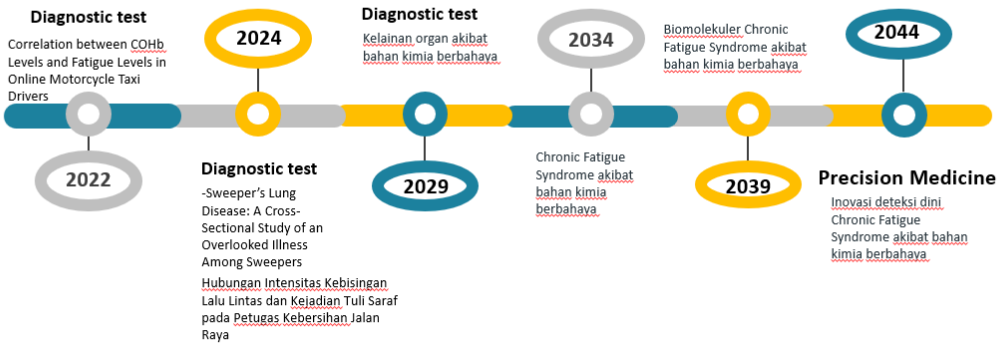
3.11 Alur Penelitian


Persetujuan etik
Izin penelitian
Koordinasi dengan Kecamatan Cengkareng
Rekrutmen responden
Informed consent
Kuesioner karakteristik dan riwayat kesehatan
Pengukuran antropometri
Pengisian Nordic Body Map
Pengisian IPAQ dan PSQI
Observasi postur kerja dengan REBA
Perhitungan IBEK
Pemeriksaan dan pengolahan data
Analisis data
Penyusunan hasil dan rekomendasi ergonomi

DAFTAR PUSTAKA

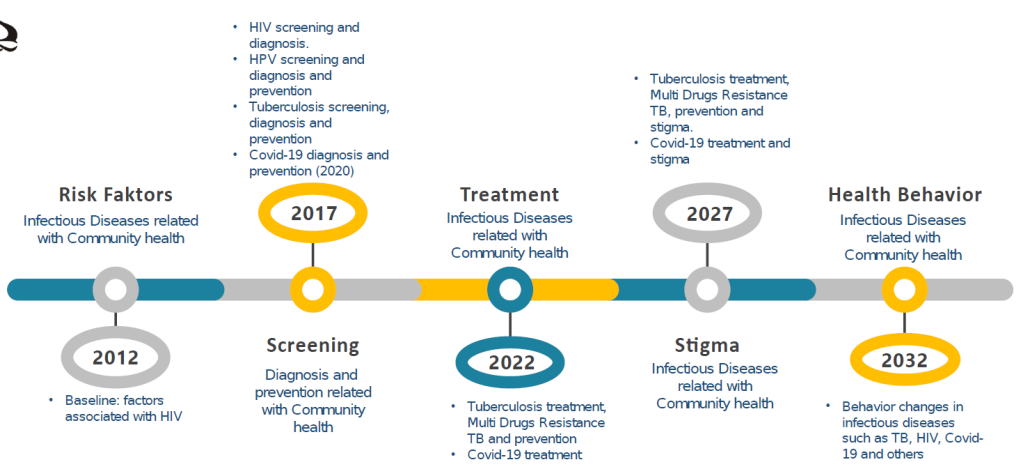
1. World Health Organization. Musculoskeletal health [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2022 [cited 2026 Jul 5]. Available from: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions
2. World Health Organization. Low back pain [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2023 [cited 2026 Jul 5]. Available from: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/low-back-pain
3. Abou-ElWafa HS, El-Bestar SF, El-Gilany AH, Awad EE. Musculoskeletal disorders among municipal solid waste collectors in Mansoura, Egypt: a cross-sectional study. BMJ Open. 2012;2:e001338. DOI: 10.1136/bmjopen-2012-001338
4. Alie M, Abich Y, Demissie SF, Weldetsadik FK, Kassa T, Shiferaw KB, Janakiraman B, Assefa YA. Magnitude and possible risk factors of musculoskeletal disorders among street cleaners and solid waste workers: a cross-sectional study. BMC Musculoskelet Disord. 2023;24(1):493. DOI: 10.1186/s12891-023-06619-z
5. Kusumaningtiar DA, Favianto MR, Millah I, Muda CAK. Musculoskeletal disorders (MSDs) risk level at cleaning service workers in integrated facility services. *Public Health of Indonesia*. 2025;11(3):109-123. DOI:10.36685/phi.v11i3.1006.
6. Hignett S, McAtamney L. Rapid entire body assessment (REBA). Appl Ergon. 2000;31(2):201-5. DOI: 10.1016/S0003-6870(99)00039-3
7. Kuorinka I, Jonsson B, Kilbom A, Vinterberg H, Biering-Sørensen F, Andersson G, et al. Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. Appl Ergon. 1987;18(3):233-7. DOI: 10.1016/0003-6870(87)90010-X
8. Hagberg M. Exposure variables in ergonomic epidemiology. Am J Ind Med. 1992;21(1):91-100. DOI: 10.1002/ajim.4700210110
9. Wiben A, Skovsgaard C, Søgaard K, Schiøttz-Christensen B, Olsen KR. Tip of the iceberg: unveiling the impact on back disorders from cumulative physical job exposure and evaluating bias from the healthy worker effect using a nationwide longitudinal cohort study. Eur Spine J. 2024;33:2395-404. DOI: 10.1007/s00586-024-08212-x
10. Cherry N, Beach J, Galarneau JM. The relation of musculoskeletal disorders to ergonomic work demands in welders and electrical workers: a prospective Canadian cohort study. Ann Work Expo Health. 2025;69(6):626-40. DOI: 10.1093/annweh/wxaf029

11. Ferreira ML, et al. Global, regional, and national burden of low back pain, 1990-2020, its attributable risk factors, and projections to 2050. Lancet Rheumatol. 2023;5(6):e316-e329. DOI: 10.1016/S2152-2650(23)00052-7
12. Tolera ST, Assefa N, Gobena T. Global prevalence of musculoskeletal disorders among sanitary workers: a systematic review and meta-analysis. Int J Occup Saf Ergon. 2024;30(1):238-251. DOI: 10.1080/10803548.2023.2214392
13. Khatri S, Shah GK, Bhandari P, et al. Musculoskeletal disorders and other occupational health outcomes among sanitation workers in Nepal. BMC Public Health. 2025;25(1):1273. DOI: 10.1186/s12889-025-21439-y
14. Andersen LL, Vinstrup J, Sundstrup E, Skovlund SV, Villadsen E, Thorsen SV. Combined ergonomic exposures and development of musculoskeletal pain in the general working population. Scand J Work Environ Health. 2021;47(8):598-606. DOI: 10.5271/sjweh.3984
15. Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, et al. International physical activity questionnaire: 12-country reliability and validity. Med Sci Sports Exerc. 2003;35(8):1381-95. DOI: 10.1249/01.MSS.0000078924.61453.FB
16. Dharmansyah D, Budiana D. Indonesian adaptation of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ): psychometric properties. J Pendidik Keperawatan Indones. 2021;7(2):120-127. DOI: 10.17509/jpki.v7i2.36481
17. Buysse DJ, Reynolds CF, Monk TH, Berman SR, Kupfer DJ. The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research. Psychiatry Res. 1989;28(2):193-213. DOI: 10.1016/0165-1781(89)90047-4
18. Setyowati A, Chung MH. Validity and reliability of the Indonesian version of the Pittsburgh Sleep Quality Index in adolescents. Int J Nurs Pract. 2021;27(5):e12856. DOI: 10.1111/ijn.12856
19. Barrett JM, Callaghan JP. From cumulative exposure to failure: a unifying modelling framework for nonlinear tissue fatigue in ergonomics. *Safety Science*. 2026;196:107099. doi:10.1016/j.ssci.2025.107099.



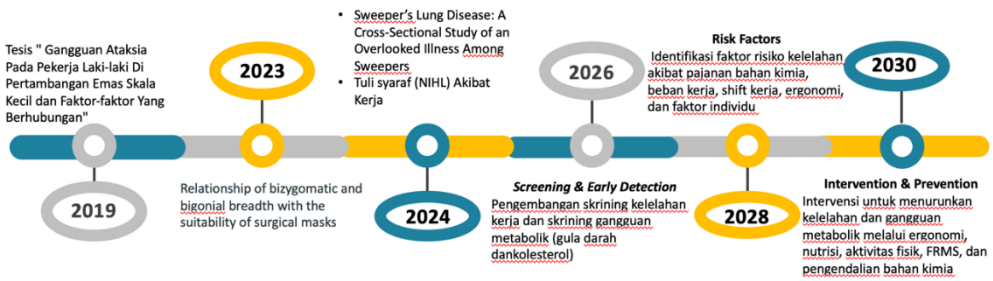
***ROAD MAP* PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**

<*Ade Dwi Lestari*>, <*3827/Usakti*>, <*0312128204*>



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

<*dr. Nanv Hairunisa. MCHSc*>. <*3676*>. <*0314087302*>



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

<*Alvin Mohamad Ridwan*>, <*3709/Usakti*>, <*0320108304*>



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

<*Dewi Hastuty*>, <*3305*>, <0307027705>



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

<*Dian Mardi Safitri*>, <*2593*>, <*0319087902*>